

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-21

Première édition
First edition
2000-09

Parafoudres basse tension –

Partie 21:

**Parafoudres connectés aux réseaux de signaux
et de télécommunications –
Prescriptions de fonctionnement
et méthodes d'essais**

Low voltage surge protective devices –

Part 21:

**Surge protective devices connected to
telecommunications and signalling networks –
Performance requirements
and testing methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61643-21:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61643-21

Première édition
First edition
2000-09

Parafoudres basse tension –

Partie 21:

**Parafoudres connectés aux réseaux de signaux
et de télécommunications –
Prescriptions de fonctionnement
et méthodes d'essais**

Low voltage surge protective devices –

Part 21:

**Surge protective devices connected to
telecommunications and signalling networks –
Performance requirements
and testing methods**

© IEC 2000 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	10
Articles	
1 Généralités	12
1.1 Domaine d'application	12
1.2 Configuration des parafoudres	12
1.3 Utilisation de cette norme	16
2 Références normatives	18
3 Définitions	20
4 Conditions d'utilisation et d'essais	28
4.1 Conditions d'utilisation	28
4.1.1 Conditions normales	28
4.1.2 Conditions anormales	28
4.2 Conditions d'essais (température et humidité)	28
4.3 Conditions d'essai des parafoudres	30
4.4 Tolérances des formes d'ondes	30
5 Prescriptions	32
5.1 Prescriptions générales	32
5.1.1 Identification et documentation	32
5.1.2 Marquage	32
5.2 Prescriptions électriques	32
5.2.1 Prescription de limitation de tension	32
5.2.2 Prescriptions de limitation en courant	34
5.2.3 Prescriptions de transmission	38
5.3 Prescriptions mécaniques	38
5.3.1 Bornes et connecteurs	40
5.3.2 Contraintes mécaniques	42
5.3.3 Résistance à l'introduction de corps solides et d'eau	42
5.3.4 Protection contre les contacts directs	42
5.3.5 Résistance au feu	42
5.4 Prescriptions d'environnement	42
5.4.1 Hautes températures et résistance à l'humidité	42
5.4.2 Conditions d'ambiances cyclées avec impulsions	44
5.4.3 Conditions d'ambiance cyclées en courant alternatif	44
6 Essais de type	44
6.1 Essais généraux	44
6.1.1 Renseignements documentaires et identification	44
6.1.2 Marquage	44
6.2 Essais électriques	46
6.2.1 Essais de limitation de tension	46
6.2.2 Essais de limitation en courant	56
6.2.3 Essais de transmission	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	11
Clause	
1 General.....	13
1.1 Scope	13
1.2 SPD configurations	13
1.3 Use of this standard.....	17
2 Normative references.....	19
3 Definitions.....	21
4 Service and test conditions	29
4.1 Service conditions.....	29
4.1.1 Normal service conditions	29
4.1.2 Abnormal service conditions	29
4.2 Test temperature and humidity.....	29
4.3 SPD testing	31
4.4 Waveform tolerances	31
5 Requirements	33
5.1 General requirements	33
5.1.1 Identification and documentation.....	33
5.1.2 Marking.....	33
5.2 Electrical requirements	33
5.2.1 Voltage-limiting requirements.....	33
5.2.2 Current-limiting requirements	35
5.2.3 Transmission requirements	39
5.3 Mechanical requirements	39
5.3.1 Terminals and connectors	41
5.3.2 Mechanical strength (mounting)	43
5.3.3 Resistance to ingress of solid objects and to harmful ingress of water	43
5.3.4 Protection against direct contact	43
5.3.5 Fire resistance	43
5.4 Environmental requirements	43
5.4.1 High temperature and humidity endurance	43
5.4.2 Environmental cycling with impulse surges.....	45
5.4.3 Environmental cycling with a.c. surges.....	45
6 Type test.....	45
6.1 General tests	45
6.1.1 Identification and documentation.....	45
6.1.2 Marking.....	45
6.2 Electrical tests	47
6.2.1 Voltage-limiting tests.....	47
6.2.2 Current-limiting tests.....	57
6.2.3 Transmission tests	63

Articles	Pages
6.3 Essais mécaniques	66
6.3.1 Bornes et connecteurs.....	66
6.3.2 Contrainte mécanique (montage).....	70
6.3.3 Résistance à l'introduction de corps solides et d'eau.....	70
6.3.4 Protection contre les contacts directs	70
6.3.5 Résistance au feu	72
6.4 Essais d'environnement	74
6.4.1 Hautes températures et résistance à l'humidité.....	74
6.4.2 Conditions d'ambiance cyclées avec impulsions transitoires	74
6.4.3 Conditions d'ambiance cyclées avec chocs en courant alternatif	76
6.5 Essais de réception.....	76
Annex A (informative) Appareils n'ayant qu'une fonction de limitation en courant.....	104
Annex B (informative) Choix des essais de transmission applicables.....	106
Annex C (normative) Séquence d'essai.....	108
Bibliographie	110
Figure 1 – Configurations des parafoudres.....	14
Figure 2 – Circuit d'essai pour le temps de réamorçage en impulsion	78
Figure 3 – Circuits d'essais pour l'endurance en courant alternatif et le mode de défaut par surcharge.....	80
Figure 4 – Circuit d'essai pour l'endurance aux impulsions et le mode de défaut par surcharge	82
Figure 5 – Circuit d'essai pour le courant assigné, résistance série, temps de réponse, temps de réamorçage en courant, tension de coupure maximale et essai de fonctionnement.	84
Figure 6 – Circuits d'essai pour l'endurance en courant alternatif	86
Figure 7 –Circuit d'essai pour l'endurance en impulsionnel.....	88
Figure 8 –Circuit d'essai pour la perte d'insertion	90
Figure 9 – Circuit d'essai pour le facteur d'adaptation (en réflexion)	90
Figure 10 – Circuit d'essai pour l'affaiblissement de conversion longitudinal	92
Figure 11 – Circuit d'essai pour le taux d'erreur binaire	94
Figure 12 – Circuit d'essai pour la paradiaphonie	96
Figure 13 – Circuit d'essai pour l'endurance aux hautes températures/humidités et l'ambiance cyclée	98
Figure 14 – Cycles A pour les essais de conditions d'ambiance avec un RH ≥ 90 %	100
Figure 15 – Cycle B pour les essais de conditions d'ambiance	102
Figure A.1 – Configurations des parafoudres n'ayant que des composants de limitation de courant.....	104

Clause	Page
6.3 Mechanical tests	67
6.3.1 Terminals and connectors	67
6.3.2 Mechanical strength (mounting)	71
6.3.3 Resistance to ingress of solid objects and to harmful ingress of water	71
6.3.4 Protection against direct contact	71
6.3.5 Fire resistance	73
6.4 Environmental tests	75
6.4.1 High temperature and humidity endurance	75
6.4.2 Environmental cycling with impulse surges.....	75
6.4.3 Environmental cycling with a.c. surges.....	77
6.5 Acceptance tests	77
Annex A (informative) Devices with current-limiting components only	105
Annex B (informative) Selection of applicable transmission tests.....	107
Annex C (normative) Test sequence.....	109
Bibliography	111
Figure 1 – SPD configurations.....	15
Figure 2 – Test circuits for impulse reset time	79
Figure 3 – Test circuits for a.c. durability and overstressed fault mode.....	81
Figure 4 – Test circuits for impulse durability and overstressed fault mode.....	83
Figure 5 – Test circuits for rated current, series resistance, response time, current reset time, maximum interrupting voltage and operating duty test.....	85
Figure 6 – Test circuits for a.c. durability.....	87
Figure 7 – Test circuits for impulse durability.....	89
Figure 8 – Test circuits for insertion loss	91
Figure 9 – Test circuit for return loss	91
Figure 10 – Test circuits for longitudinal balance	93
Figure 11 – Test circuit for bit error ratio test.....	95
Figure 12 – Test circuit for near-end crosstalk.....	97
Figure 13 – Test circuits for high temperature/humidity endurance and environmental cycling.....	99
Figure 14 – Environmental cycling schedule A with RH ≥ 90 %.....	101
Figure 15 – Environmental cycling B	103
Figure A.1 – Configurations of devices with current-limiting component(s) only	105

	Pages
Tableau 1 – Exigences générales des parafoudres	18
Tableau 2 – Tolérances pour les formes d'ondes A/B	30
Tableau 3 – Formes d'ondes de courant et de tension pour la tension de limitation impulsionnelle.....	48
Tableau 4 – Sources de tensions et de courant, pour les essais de réamorçage sur impulsion.....	50
Tableau 5 – Valeurs préférentielles du courant, pour l'essai d'endurance en courant alternatif.....	52
Tableau 6 – Courants d'essai pour le temps de réponse.....	56
Tableau 7 – Valeurs préférentielles, pour le courant d'essai de fonctionnement.....	60
Tableau 8 – Valeurs préférentielles pour courants alternatifs.....	60
Tableau 9 – Valeurs préférentielles de courants impulsionnels	62
Tableau 10 – Paramètres normalisés pour la figure 8.....	62
Tableau 11 – Valeurs d'impédances pour l'essai d'affaiblissement de conversion longitudinal	64
Tableau 12 – Durée pour l'essai de TEB	66
Tableau 13 – Sections connectables de conducteurs en cuivre pour des bornes à vis ou sans vis.....	68
Tableau 14 – Forces de traction (bornes sans vis)	68
Tableau 15 – Valeurs préférentielles de périodes pour l'essai de hautes températures et de résistance à l'humidité	74
Tableau 16 – Valeurs préférentielles des temps et températures pour les essais de conditions d'ambiance cyclées	76
Tableau B.1 – Essais applicables au parafoudre pour plusieurs systèmes de transmission ..	106
Tableau C.1 – Séquence d'essai du tableau 1.....	108

	Page
Table 1 – General SPD requirements	19
Table 2 – Waveform tolerances	31
Table 3 – Voltage and current waveforms for impulse-limiting voltage	49
Table 4 – Source voltages and currents for impulse reset test.....	51
Table 5 – Preferred values of currents for a.c. durability test	53
Table 6 – Test currents for response time	57
Table 7 – Preferred values of current for operating duty tests.....	61
Table 8 – Preferred values of a.c. test currents	61
Table 9 – Preferred values of impulse current	63
Table 10 – Standard parameters for figure 8	63
Table 11 – Impedance values for longitudinal balance test	65
Table 12 – Test times for BER test	67
Table 13 – Connectable cross-sectional areas of copper conductors for screw-type terminals or screwless-type terminals.....	69
Table 14 – Pulling force (screwless terminals).....	69
Table 15 – Preferred values of test-time duration for high temperature and humidity endurance	75
Table 16 – Preferred values of temperature and duration for environmental cycling tests	77
Table B.1 – Applicable SPD tests for several transmission systems	107
Table C.1 – Testing sequence for table 1	109

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-21:2000

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PARAFOUDRES BASSE TENSION –

Partie 21: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais

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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61643-21 a été établie par le sous-comité 37A: Dispositifs de protection basse tension contre les surtensions, du comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37A/101/FDIS	37A/104/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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

L'annexe C fait partie intégrante de cette norme.

Le contenu du corrigendum de mars 2001 a été pris en considération dans cet exemplaire.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2002-07. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –**Part 21: Surge protective devices connected to
telecommunications and signalling networks –
Performance requirements and testing methods**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61643-21 has been prepared by subcommittee 37A: Low-voltage surge protective devices, of IEC technical committee 37: Surge arresters.

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

FDIS	Report on voting
37A/101/FDIS	37A/104/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A and B are for information only.

Annex C forms an integral part of this standard.

The contents of the corrigendum of March 2001 have been included in this copy.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2002-07. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale se propose de répertorier les exigences relatives aux dispositifs de protection contre les surtensions, appelés parafoudres et utilisés dans la protection des systèmes de télécommunications et de transmission de signaux, par exemple données, voix et circuits d'alarme en basse tension. Tous ces systèmes peuvent être exposés aux effets de la foudre et aux défauts des réseaux de distribution d'énergie électrique, soit par contact direct, soit par induction. Ces effets peuvent soumettre le système à des surtensions et/ou des surintensités, dont les niveaux sont suffisamment hauts pour l'endommager. Les parafoudres sont construits pour procurer une protection contre les surtensions et éventuellement les surintensités dues à la foudre et aux défauts des lignes de distribution d'énergie. Cette norme décrit les essais et les exigences définissant des méthodes pour tester les parafoudres et déterminer leurs performances.

Les parafoudres, concernés par cette norme internationale, peuvent comporter des composants de protection contre les surtensions seulement ou une combinaison de composants de protection contre les surtensions et contre les surintensités. Les protections, contenant seulement des composants contre les surintensités, ne sont pas concernées par la présente norme. Cependant, des dispositifs, n'ayant que des composants de protection contre les surintensités, sont couverts par l'annexe A.

Un parafoudre peut contenir plusieurs composants de protection contre les surtensions et contre les surintensités. Tous les parafoudres sont essayés, comme une «boîte noire», à savoir que c'est le nombre de bornes du parafoudre qui détermine la procédure d'essai et non pas le nombre de composants du parafoudre. Les configurations des parafoudres sont décrites en 1.2. Pour les parafoudres à lignes multiples, chaque ligne peut être essayée indépendamment des autres, mais il peut apparaître aussi le besoin d'essayer toutes les lignes simultanément.

Cette norme concerne une large gamme de conditions d'essais et d'exigences ; l'utilisation de certaines d'entre elles est à la discrétion de l'utilisateur. La façon d'utiliser cette norme en fonction des différents modèles de parafoudres est décrite en 1.3. Bien qu'il s'agisse d'une norme de performances et que certaines qualités soient exigées des parafoudres, les taux d'échec et leur interprétation sont du ressort de l'utilisateur. La sélection et les principes d'application seront traités dans la CEI 61643-22 ¹⁾.

S'il est admis que le parafoudre n'a qu'un seul composant, il faut qu'il respecte les prescriptions de la norme correspondante ainsi que celles de la présente norme.

1) A l'étude.

INTRODUCTION

The purpose of this International Standard is to identify the requirements for Surge Protective Devices (SPDs) used in protecting telecommunication and signalling systems, for example, low-voltage data, voice, and alarm circuits. All of these systems may be exposed to the effects of lightning and power line faults, either through direct contact or induction. These effects may subject the system to overvoltages or overcurrents or both, whose levels are sufficiently high to harm the system. SPDs are intended to provide protection against overvoltages and overcurrents caused by lightning and power line faults. This standard describes tests and requirements which establish methods for testing SPDs and determining their performance.

The SPDs addressed in this International Standard may contain overvoltage protection components only, or a combination of overvoltage and overcurrent protection components. Protection devices containing overcurrent protection components only are not within the coverage of this standard. However, devices with only overcurrent protection components are covered in annex A.

An SPD may comprise several overvoltage and overcurrent protection components. All SPDs are tested on a "black box" basis, i.e., the number of terminals of the SPD determines the testing procedure, not the number of components in the SPD. The SPD configurations are described in 1.2. In the case of multiple line SPDs, each line may be tested independently of the others, but there may also be a need to test all lines simultaneously.

This standard covers a wide range of testing conditions and requirements; the use of some of these is at the discretion of the user. How the requirements of this standard relate to the different types of SPD is described in 1.3. Whilst this is a performance standard and certain capabilities are demanded of the SPDs, failure rates and their interpretation are left to the user. Selection and application principles will be covered in IEC 61643-22 ¹⁾.

If the SPD is known to be a single component device, it has to meet the requirements of the relevant standard as well as those in this standard.

¹⁾ Under consideration.

PARAFOUDRES BASSE TENSION –

Partie 21: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable aux dispositifs de protection (parafoudres) contre les effets directs et indirects de la foudre ou des autres surtensions transitoires, pour les réseaux de télécommunications et de transmission de signaux.

Ces parafoudres sont destinés à protéger les équipements électroniques modernes, connectés aux réseaux de télécommunications et de transmission de signaux, ayant une tension nominale de fonctionnement jusqu'à 1 000 V (efficace) en courant alternatif et 1 500 V en courant continu.

1.2 Configuration des parafoudres

Les configurations des parafoudres décrites dans cette norme sont représentées à la figure 1. Chaque configuration de parafoudre est composée d'un ou de plusieurs composants limiteurs de tension et peut inclure des composants limiteurs de courant.

LOW VOLTAGE SURGE PROTECTIVE DEVICES –

Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods

1 General

1.1 Scope

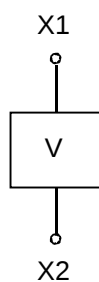
This International Standard is applicable to devices for surge protection of telecommunications and signalling networks against indirect and direct effects of lightning or other transient overvoltages.

The purpose of these SPDs is to protect modern electronic equipment connected to telecommunications and signalling networks with nominal system voltages up to 1 000 V (r.m.s.) a.c. and 1 500 V d.c.

1.2 SPD configurations

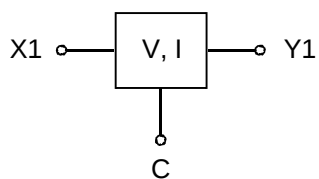
The SPD configurations described in this standard are shown in figure 1. Each SPD configuration is composed of one or more voltage-limiting components and may include current-limiting components.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61643-21:2000



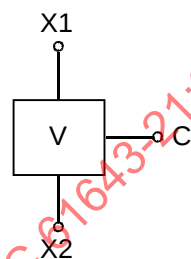
IEC 1297/2000

Figure 1a – Parafoudre à 2 bornes



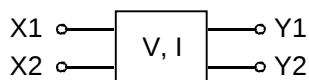
IEC 1298/2000

Figure 1b – Parafoudre à 3 bornes



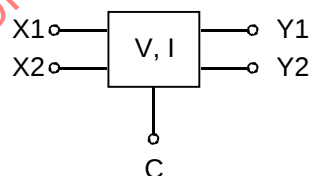
IEC 1299/2000

Figure 1c – Parafoudre à 3 bornes



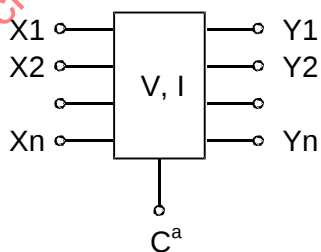
IEC 1300/2000

Figure 1d – Parafoudre à 4 bornes



IEC 1301/2000

Figure 1e – Parafoudre à 5 bornes



IEC 1302/2000

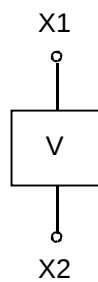
^a La borne commune C peut ne pas exister

Figure 1f – Parafoudre multiborne

Légende

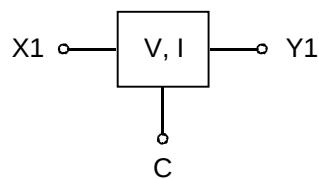
V	composant limiteur de tension
V, I	composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
X1, X2...Xn	bornes de lignes
Y1, Y2...Yn	bornes de lignes protégées
C	borne commune

Figure 1 – Configurations des parafoudres



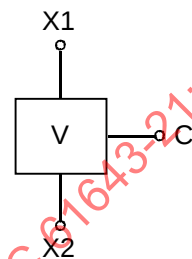
IEC 1297/2000

Figure 1a – Two-terminal SPD



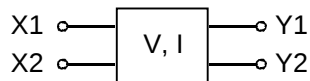
IEC 1298/2000

Figure 1b – Three-terminal SPD



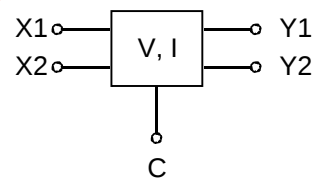
IEC 1299/2000

Figure 1c – Three-terminal SPD



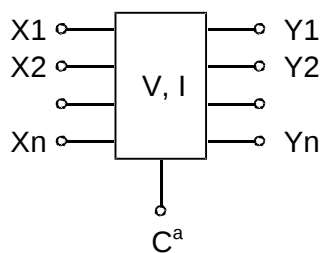
IEC 1300/2000

Figure 1d – Four-terminal SPD



IEC 1301/2000

Figure 1e – Five-terminal SPD



IEC 1302/2000

^a The common terminal C may not be provided

Figure 1f – Multi-terminal SPD

Key

V	voltage-limiting component
V, I	voltage-limiting components or a combination of voltage-limiting and current-limiting components
X1, X2...Xn	line terminals
Y1, Y2...Yn	protected line terminals
C	common terminal

Figure 1 – SPD configurations

1.3 Utilisation de cette norme

Cette norme traite de 2 types fondamentaux de parafoudres.

Le premier type contient au moins un composant limiteur de tension et ne contient aucun composant limiteur de courant à l'intérieur du parafoudre. Toutes les configurations de parafoudres de la figure 1 lui sont applicables. Ce type de parafoudre doit satisfaire aux exigences de 5.1, 5.2.1 et 5.3 (voir tableau 1). Cependant, si un parafoudre contient un composant linéaire entre les bornes de lignes et les bornes de lignes protégées – comme aux figures 1b, 1d, 1e et 1f, il doit aussi satisfaire aux exigences applicables du 5.2.2.

Le deuxième type contient à la fois des composants limiteurs de tension et des composants limiteurs de courant à l'intérieur du parafoudre. Les configurations de parafoudres des figures 1b, 1d, 1e et 1f lui sont applicables. Ce type de parafoudre doit satisfaire au moins aux exigences de 5.1, 5.2.1, 5.2.2 et 5.3 (voir tableau 1). Les configurations de parafoudres ne contenant que des composants limiteurs de courant sont données à l'annexe A.

Il se peut que les parafoudres aient à satisfaire à d'autres exigences, selon leurs applications.

Ces exigences supplémentaires sont décrites en 5.2.3 et en 5.4 (voir tableau 1).

Le paragraphe 5.2.3 traite de quelques essais de transmission auxquels les parafoudres peuvent avoir à se conformer, selon leurs applications en télécommunications ou en transmission de signaux. Ainsi, une sélection des essais de transmission applicables doit être faite selon 5.2.3, en fonction des objectifs d'application des parafoudres. L'annexe B donne des lignes directrices pour choisir les essais de transmission applicables.

Le paragraphe 5.4 traite des exigences d'environnement, seulement quand les parafoudres sont destinés à une utilisation dans des conditions ambiantes non déterminées, telles que décrites en 4.1. Les parafoudres doivent satisfaire à ces exigences, après accord entre l'utilisateur et le fabricant. Le tableau 1 indique des exemples d'exigences que chaque type de parafoudre doit satisfaire.

L'annexe C indique la séquence d'essai et le nombre d'échantillons soumis aux essais.

1.3 Use of this standard

This standard considers two basic types of SPD.

The first type of SPD contains at least one voltage-limiting component and no current-limiting component(s) in a housing. All the SPD configurations of figure 1 can be of this type. These SPDs shall satisfy the requirements of 5.1, 5.2.1 and 5.3 (see table 1). The SPDs shown in figures 1b, 1d, 1e and 1f may contain a linear component between the line terminal and the corresponding protected line terminal. These SPDs shall also satisfy the applicable requirements of 5.2.2.

The second type of SPD contains both voltage-limiting and current-limiting components in a housing. SPD configurations shown in figures 1b, 1d, 1e, and 1f are applicable for SPDs with both voltage-limiting and current-limiting components. This type of SPD shall satisfy the requirements of 5.1, 5.2.1, 5.2.2 and 5.3 (see table 1). Configurations of protective devices having only current-limiting components are covered in annex A.

SPDs may need to satisfy additional requirements depending on the application. The additional requirements are described in 5.2.3 and 5.4 (see table 1).

Subclause 5.2.3 provides transmission tests that SPDs may need to conform to, depending on their communication and signalling application. Selection of the applicable transmission tests from 5.2.3 shall be made, based on the intended application of the SPDs. Annex B provides general guidance on how to select the applicable transmission tests.

Subclause 5.4 provides the environmental requirements when the SPDs are intended only for use in uncontrolled environments as described in 4.1. SPDs shall satisfy these requirements after an agreement between the user and the manufacturer. Table 1 provides examples of what requirements different types of SPD shall satisfy.

Annex C gives the test sequence and the number of samples to be tested.

Tableau 1 – Exigences générales des parafoudres

Type de parafoudre	Généralités 5.1	Limitation de tension 5.2.1	Limitation en courant 5.2.2	Transmission 5.2.3	Essais mécaniques 5.3	Conditions environnement 5.4
Parafoudre limiteur de tension	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non
Parafoudre limiteur de tension et de courant	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Parafoudre limiteur de tension et ayant un composant linéaire entre ses bornes	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Parafoudre limiteur de tension et limiteur de courant et ayant des bornes à capacités de transmission	Oui	Oui	Oui	Oui (sélection d'essais – voir annexe B)	Oui	Non
Parafoudre limiteur de tension, mais destiné à des conditions ambiantes non déterminées	Oui	Oui	Non	Oui ou Non (sélection d'essais – voir annexe B)	Oui	Oui
Parafoudre limiteur de tension et de courant, mais destiné à des conditions ambiantes non déterminées	Oui	Oui	Oui	Oui ou Non (sélection d'essais – voir annexe B)	Oui	Oui

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 partie de la CEI 61643. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61643 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales en vigueur.

CEI 60050(702):1992, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 702: Oscillations, signaux et dispositifs associés*

CEI 60050(726):1982, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 726: Lignes de transmission et guides d'ondes*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-30:1980, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12+12 heures)*

Table 1 – General SPD requirements

Type of SPD	General 5.1	Voltage-limiting 5.2.1	Current-limiting 5.2.2	Transmission 5.2.3	Mechanical 5.3	Environmental 5.4
SPD with only voltage-limiting function	Yes	Yes	No	No	Yes	No
SPD with both voltage-limiting and current-limiting functions	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No
SPD with voltage-limiting function and linear component between its terminals	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No
SPD having both voltage-limiting and current-limiting functions with enhanced transmission capabilities	Yes	Yes	Yes	Yes (select tests, see annex B)	Yes	No
SPD having only voltage-limiting function but intended for use in uncontrolled environment	Yes	Yes	No	No or Yes (select tests, see annex B)	Yes	Yes
SPD having both voltage-limiting and current-limiting functions but intended for use in uncontrolled environment	Yes	Yes	Yes	No or Yes (select tests, see annex B)	Yes	Yes

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61643. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61643 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(702):1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices*

IEC 60050(726):1982, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 726: Transmission lines and waveguides*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-30:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

CEI 60695-2-1/1:1994, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 1/Feuille 1: Essai au fil incandescent sur produits finis et guide*

CEI 60950:1999, *Sécurité des matériels de traitement de l'information*

CEI 60999-1:1999, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre – Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour les organes de serrage pour les conducteurs de 0,2 mm² à 35 mm² (inclus)*

CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61083-1:1991, *Enregistreurs numériques pour les mesures pendant les essais de choc à haute tension – Partie 1: Prescriptions pour des enregistreurs numériques*

CEI 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

CEI 61643-1:1998, *Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension – Partie 1: Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essai*

UIT-T Recommandation K17:1988, *Essais à exécuter sur des répéteurs téléalimentés à composants à l'état solide pour vérifier l'efficacité des mesures de protection contre les perturbations extérieures*

UIT-T Recommandation K.30:1993, *Thermistances à coefficient de température positif*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61643, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

numéro de modèle

code inscrit soit sur le parafoudre, soit dans sa documentation, utilisé pour identifier le parafoudre

3.2

valeurs préférentielles

valeurs des paramètres listées dans les tableaux, pour les différents essais, préférentielles, en ce sens que leur utilisation conduit à une uniformité et fournit des moyens de comparaison entre les différents dispositifs de protection. Cela conduit aussi à un langage technique commun, au bénéfice de l'utilisateur et du constructeur de parafoudres utilisés dans les réseaux de télécommunications et de transmission de signaux. Cependant, il se peut que des applications spécifiques exigent d'autres valeurs que celles retenues dans les tableaux

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60695-2-1/1:1994, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 1/sheet 1: Glow-wire end-product test and guidance*

IEC 60950:1999, *Safety of information technology equipment*

IEC 60999-1:1999, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5 – Surge immunity test*

IEC 61083-1:1991, *Digital recorders for measurements in high voltage impulse tests – Part 1: Requirements for digital recorders*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 61643-1:1998, *Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Part 1: Performance requirements and testing methods*

ITU-T Recommendation K.17:1988, *Tests on power-fed repeaters using solid-state devices in order to check the arrangements for protection from external interference*

ITU-T Recommendation K.30:1993, *Positive temperature coefficient (PTC) thermistors*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61643, the following definitions apply.

3.1

model number

code, either applied to the SPD or included in its documentation, that is used to identify the SPD

3.2

preferred values

values for the parameters listed in the tables for the various tests, preferred in the sense that their use promotes uniformity and provides a means of comparison among various protective devices. They also provide a common engineering language beneficial to the user and manufacturer of surge protectors used in telecommunications and signalling networks. However, specific applications may require values other than the preferred values of the tables

3.3

modes de défauts par surcharges

mode 1 cas où la partie limitatrice de tension du parafoudre est déconnectée. La fonction de limiteur de tension n'est plus opérationnelle, mais la ligne continue de l'être

mode 2 cas où la partie limitatrice de tension du parafoudre est court-circuitée par une très faible impédance à l'intérieur du parafoudre. La ligne n'est plus opérationnelle, mais les équipements sont encore protégés par un court-circuit

mode 3 situation où un déconnecteur interne au parafoudre a ouvert le circuit du côté du réseau de la partie limitatrice de tension. La ligne n'est plus opérationnelle, mais l'équipement est encore protégé par une ligne ouverte

3.4

protection

application des moyens et des méthodes visant à prévenir la propagation d'un choc électrique énergétique au-delà d'une interface définie

3.5

temps de réponse en courant

temps nécessaire au composant limiteur de courant, pour fonctionner à un courant et à une température définis

3.6

tension maximale de service permanent U_c

tension maximale (en courant continu ou valeur efficace) qui peut être appliquée en continu aux bornes du parafoudre, sans modification des caractéristiques de transmission du parafoudre

3.7

tension maximale de coupure

tension maximale (en courant continu ou valeur efficace) qui peut être appliquée au(x) composant(s) limiteur(s) de courant d'un parafoudre, sans dégradation de celui-ci. Cette tension peut être égale à U_c du parafoudre. Elle peut être supérieure en fonction de la disposition du ou des composant(s) limiteurs de courant dans le parafoudre

3.8

parafoudre

dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants impulsionnels. Il inclut au moins un composant non linéaire limiteur de tension

3.9

limitation en tension

action d'un parafoudre, déclenchée pour toutes les tensions excédant un seuil prédéterminé, afin de les réduire

3.10

limitation en courant

action d'un parafoudre, contenant au moins un composant non linéaire limiteur de courant, déclenchée pour tous les courants excédant un seuil prédéterminé, afin de les réduire

3.11

limitation en courant non réamorçable

action d'un parafoudre qui ne limite le courant qu'une seule fois

3.3

overstressed fault mode

mode 1 condition wherein the voltage-limiting part of the SPD has been disconnected. The voltage-limiting function is no longer present, but the line is still operable

mode 2 condition wherein the voltage-limiting part of the SPD has been short-circuited by a very low impedance within the SPD. The line is inoperable, but the equipment is still protected by a short circuit

mode 3 situation wherein the SPD has undergone an internal open circuit on the network side of the voltage-limiting part of the SPD. The line is inoperable but the equipment is still protected by an open line

3.4

protection

application of methods and means to prevent the propagation of stressful electrical energy beyond a designed interface

3.5

current response time

time required for a current-limiting component to operate at a specified current and a specified temperature

3.6

maximum continuous operating voltage U_c

maximum voltage (d.c. or r.m.s.) which may be continuously applied to SPD terminals without causing any degradation in the transmission characteristics of the SPD

3.7

maximum interrupting voltage

maximum voltage (d.c. or r.m.s.) that can be applied to the current-limiting components of an SPD without degradation of the SPD. This voltage may be equal to the U_c of the SPD or may be a higher value depending on the arrangement of the current-limiting component(s) within the SPD

3.8

surge protective device (SPD)

device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents. It contains at least one non-linear voltage-limiting component

3.9

voltage limiting

action of the SPD that causes all voltages exceeding a predetermined value to be reduced

3.10

current limiting

action of an SPD, containing at least one non-linear current-limiting component, that causes all currents exceeding a predetermined value to be reduced

3.11

non-resettable current limiting

action of an SPD that limits current only one time

3.12

limitation en courant réamorçable

action d'un parafoudre qui limite le courant et qui peut être réenclenchée manuellement après fonctionnement

3.13

limitation en courant auto-réamorçable

action d'un parafoudre qui limite le courant et qui revient à son état initial après que le courant perturbateur a disparu

3.14

parafoudre de type «limitation en tension»

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui diminue de manière continue avec un courant et une tension de choc croissants. Des exemples habituels de composants, utilisés comme dispositifs de limitation en tension sont les varistances et les diodes écrêteuses, ils sont parfois appelés parafoudres «de type limiteur»

3.15

parafoudre de type «coupure en tension»

parafoudre présentant une impédance élevée en l'absence de choc, mais qui peut chuter de manière importante en réponse à un choc. Les composants habituels, utilisés comme dispositifs coupure en tension, sont les éclateurs à air, les tubes fermés à gaz, et les thyristors. Ces parafoudres peuvent être parfois désignés par «type crowbar»

3.16

niveau de protection en tension U_p

paramètre qui caractérise la performance du parafoudre par limitation des tensions entre ses bornes. Cette valeur de tension doit être supérieure à la valeur la plus élevée mesurée lors des essais de limitation de tension et spécifiée par le fabricant

3.17

parafoudres étagés

parafoudre ayant plus d'un composant limiteur de tension. Ces composants limiteurs de tension peuvent ou non être électriquement séparés par un composant en série. Ces composants limiteurs de tension peuvent être du type limitation en tension ou du type coupure en tension

3.18

point aveugle

cas où des tensions au-dessus de la tension maximale de fonctionnement permanent U_c , du parafoudre, peuvent entraîner un fonctionnement partiel du parafoudre. Le fonctionnement partiel du parafoudre signifie que tous les étages d'un parafoudre multi-étages, n'ont pas fonctionné durant l'impulsion d'essai. Il peut en résulter un dépassement des contraintes admissibles des composants dans le parafoudre

3.19

endurance en courant alternatif

caractéristique d'un parafoudre qui lui permet d'écouler un courant alternatif d'une valeur donnée pendant un temps donné pour un nombre de fois déterminé

3.20

endurance en impulsif

caractéristique d'un parafoudre qui lui permet d'écouler une impulsion de courant de valeur crête donnée et de forme d'onde donnée pour un nombre de fois déterminé

3.12**resettable current limiting**

action of an SPD that limits current and can be manually reset after operating

3.13**self-resetting current limiting**

action of an SPD that limits current and will self-reset after the disturbing current is removed

3.14**voltage-clamping-type SPD**

SPD that has a high shunt impedance when no surge is present, but the impedance reduces continuously with increasing surge current and voltage. Common examples of components used as voltage clamping devices are varistors and suppression diodes. These are sometimes referred to as "limiting-type" SPDs

3.15**voltage-switching-type SPD**

SPD that has a high shunt impedance when no surge is present, but has a sudden and large reduction in impedance in response to a voltage surge. Common examples of components used as voltage-switching devices are air gaps, sealed gas tubes, and thyristors. These are sometimes referred to as "crowbar-type" SPDs

3.16**voltage protection level U_p**

parameter that characterizes the performance of the SPD in limiting the voltage across its terminals. This value of voltage is greater than the highest measured value of impulse-limiting voltage and is specified by the manufacturer

3.17**multi-stage SPD**

SPD which has more than one voltage-limiting component. These voltage-limiting components may or may not be electrically separated by a series component. The voltage-limiting components may be either switching or clamping types

3.18**blind spot**

situation where voltages above the maximum continuous operating voltage U_c may cause incomplete operation of the SPD. Incomplete operation of the SPD means not all of the stages in a multi-stage SPD have operated during the impulse test. This may result in overstressing of components in the SPD

3.19**a.c. durability**

characteristic of an SPD which allows it to conduct alternating current of a specific magnitude and duration for a specified number of times

3.20**impulse durability**

characteristic of an SPD which allows it to conduct impulse current of a specified waveform and peak value for a specified number of times

3.21

temps de retour à la normale d'un courant

temps nécessaire pour un limiteur de courant auto-réamorçable pour revenir à son état normal ou stable

3.22

courant assigné

courant maximal qu'un composant limiteur de courant dans un parafoudre peut supporter constamment sans changement de ses caractéristiques de fonctionnement

3.23

résistance d'isolement

résistance entre des bornes déterminées du parafoudre quand U_c est appliquée à ces mêmes bornes

3.24

facteur d'adaptation (en réflexion)

module de l'inverse du facteur de réflexion généralement exprimé en décibels (dB)

NOTE Quand les impédances peuvent être connues, le facteur d'adaptation en dB est donné par la formule:

$$20 \log_{10} \text{MOD} [(Z_1 + Z_2)/(Z_1 - Z_2)]$$

où Z_1 est l'impédance caractéristique de la ligne de transmission avant la discontinuité, ou l'impédance de source, et Z_2 est l'impédance après la discontinuité ou celle de la charge vue de l'accès commun à la source et à la charge [VEI 702-07-25, modifié].

3.25

taux d'erreur binaire (TEB)

rapport entre le nombre d'erreurs binaires (bit) et le nombre total de bits transmis pendant un intervalle de temps donné

3.26

perte d'insertion (affaiblissement)

perte résultant de l'insertion d'un parafoudre dans un système de transmission. C'est le rapport entre la puissance délivrée dans la partie du système après le parafoudre, avant l'insertion du parafoudre, à la puissance délivrée dans la même partie après l'insertion du parafoudre. La perte d'insertion est généralement exprimée en décibels [VEI 726-06-07, modifié]

3.27

paradiaphonie

diaphonie propagée dans un canal perturbé dans la direction opposée à la direction de propagation du courant dans ce canal. La borne du canal perturbé, à laquelle la paradiaphonie est présente, est généralement proche, ou la même, que celle où la puissance est appliquée au canal perturbé

3.28

affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) (circuits analogiques pour la voix)

symétrie électrique des deux fils comprenant une paire vis à vis de la terre

3.29

affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) (transmission de données)

mesure de la similitude des impédances à la terre (ou au commun) pour les deux (ou plus) fils d'un circuit équilibré. Ce terme est utilisé pour exprimer la susceptibilité aux interférences de mode commun

3.21**current reset time**

time required for a self-resettable current limiter to revert to its normal or quiescent state

3.22**rated current**

maximum current a current-limiting SPD can conduct continuously with no change in the operating characteristics of the current-limiting components

3.23**insulation resistance**

resistance between designated terminals of an SPD when U_c is applied to those terminals

3.24**return loss**

modulus of the reciprocal of the reflection factor, generally expressed in decibels (dB)

NOTE When impedances can be defined, the return loss in dB is given by the formula:

$$20 \log_{10} \text{MOD} [(Z_1 + Z_2)/(Z_1 - Z_2)]$$

where Z_1 is the characteristic impedance of the transmission line ahead of the discontinuity, or the impedance of the source, and Z_2 is the impedance after the discontinuity or load impedance seen from the junction between the source and the load [IEV 702-07-25, modified]

3.25**bit error ratio (BER)**

ratio of the number of bit errors to the total number of bits transmitted in a given time interval

3.26**insertion loss**

loss resulting from the insertion of an SPD into a transmission system. It is the ratio of the power delivered to that part of the system following the SPD, before insertion of the SPD, to the power delivered to that same part after insertion of the SPD. The insertion loss is generally expressed in decibels [IEV 726-06-07, modified]

3.27**near-end crosstalk (NEXT)**

crosstalk that is propagated in a disturbed channel in the direction opposite to the direction of propagation of the current in the disturbing channel. The terminal of the disturbed channel at which the near-end crosstalk is present is ordinarily near to, or coincides with, the energized terminal of the disturbing channel

3.28**longitudinal balance (analogue voice frequency circuits)**

electrical symmetry of the two wires comprising a pair with respect to ground

3.29**longitudinal balance (data transmission)**

measure of the similarity of impedance to ground (or common) for the two or more conductors of a balanced circuit. This term is used to express the degree of susceptibility to common mode interference

3.30**affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) (câbles de communication et de contrôle)**

rapport entre la tension perturbée en mode commun (longitudinal) V_s efficace, mesurée par rapport à la terre, et la tension résultante en mode différentiel (métallique) V_m efficace du parafoudre en essai, exprimée en décibels

NOTE L'affaiblissement de conversion longitudinal est donné en dB par la formule:

$$20 \log_{10} V_s/V_m$$

où V_s et V_m sont mesurés à la même fréquence.

3.31**affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) (télécommunications)**

rapport entre la tension perturbée en mode commun (longitudinal) V_s et la tension résultante en mode différentiel (métallique) V_m du parafoudre en essai exprimée en décibels

4 Conditions d'utilisation et d'essais**4.1 Conditions d'utilisation****4.1.1 Conditions normales****Pression de l'air**

Pression de l'air de 80 kPa à 160 kPa. Cette pression est celle d'une altitude de –500 m à +2 000 m.

Température et humidité

Pour un environnement non connu, l'échelle des températures est entre –40 °C et +70 °C et le taux d'humidité entre 5 % et 96 % HR.

Pour un environnement connu, l'échelle des températures est de –5 °C à +40 °C et le taux d'humidité entre 10 % et 80 % HR.

4.1.2 Conditions anormales

L'exposition d'un parafoudre à des conditions d'utilisation anormales peut entraîner des dispositions spéciales, quant à sa conception ou ses applications et doit retenir toute l'attention du fabricant.

4.2 Conditions d'essais (température et humidité)

Si l'on sait d'avance qu'une technologie particulière rend un parafoudre insensible à la température, en essayant une caractéristique déterminée, une température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et une humidité relative de 45 % à 55 % peuvent être utilisées. Dans les autres cas, l'essai doit être exécuté sur un parafoudre sensible à la température, aux températures extrêmes de l'échelle sélectionnée pour l'application voulue. L'échelle des températures sélectionnées peut être plus restreinte que l'échelle complète du 4.1, en fonction de l'application.

Pour certaines techniques de parafoudres, il peut être connu par avance que seule une des températures extrêmes de l'échelle des températures sélectionnées représente la pire des conditions d'essai. Dans ce cas, l'essai doit être fait seulement à cette température extrême. On peut noter que cette température extrême peut être différente à chaque essai, décrit à l'article 6, pour une même technique de parafoudre.

3.30**longitudinal balance (communication and control cables)**

ratio of the disturbing common mode (longitudinal) r.m.s. voltage (V_s) to ground and the resulting differential mode (metallic) r.m.s. voltage (V_m) of the SPD under test, expressed in decibels (dB)

NOTE The longitudinal balance in dB is given by the formula:

$$20 \log_{10} V_s/V_m$$

where V_s and V_m are measured at the same frequency.

3.31**longitudinal balance (telecommunications)**

ratio of the disturbing common mode (longitudinal) voltage V_s and the resulting differential mode (metallic) voltage V_m of the SPD under test, expressed in decibels (dB)

4 Service and test conditions**4.1 Service conditions****4.1.1 Normal service conditions****Air pressure**

Air pressure 80 kPa to 160 kPa. This air pressure represents an altitude of –500 m to +2 000 m.

Temperature and humidity service conditions

For an uncontrolled environment, the temperature range is between the values of –40 °C and +70 °C. The humidity range is between the values of 5 % and 96 % RH.

For a controlled environment, the temperature range is between the values of –5 °C and +40 °C. The humidity range is between the values of 10 % and 80 % RH.

4.1.2 Abnormal service conditions

Exposure of the SPD to abnormal service conditions may require special consideration in the design or application of the SPD, and shall be called to the attention of the manufacturer.

4.2 Test temperature and humidity

If it is known beforehand that a particular device technology causes an SPD to be insensitive to temperature when testing a particular characteristic, a temperature of 23 °C ± 2 °C with relative humidity from 45 % to 55 % may be used for that test. In other cases, testing shall be performed for an SPD, sensitive to temperature, at the extreme temperatures of the temperature range selected for the intended application. The selected temperature range may be narrower than the full range of 4.1 depending on the application.

For particular SPD technologies, it may be known beforehand that only one of the extreme temperatures of the selected temperature range represents the worst-case test condition. In this case, the testing shall be performed only at the extreme temperature representing the worst-case test condition. This extreme temperature may be different for each test described in clause 6 for the same SPD technology.

Lorsqu'il est demandé de faire un essai aux températures extrêmes, les parafoudres doivent être chauffés ou refroidis petit à petit, jusqu'à la température extrême spécifiée, en un temps suffisant pour éviter le choc thermique. Sauf spécification contraire, un minimum de 1 h serait utile. Le parafoudre doit être maintenu à la température spécifiée pendant un temps suffisant pour atteindre l'équilibre thermique avant l'essai. Sauf spécification contraire, il convient d'utiliser un minimum de 15 min.

4.3 Conditions d'essai des parafoudres

Les parafoudres concernés par cette norme, doivent être essayés avec les connexions et les bornes utilisées comme sur le terrain. De plus, il convient que les mesures soient faites aux connexions ou aux bornes des parafoudres. Pour ceux dont l'utilisation est prévue avec une base ou un connecteur, ces derniers doivent faire partie des essais. Quand une base est utilisée pour l'essai il convient que les mesures soient faites aussi près que possible des bornes du parafoudre. L'oscilloscope doit être conforme à la CEI 61083-1, quand il est utilisé pour les mesures.

Les parafoudres des figures 1c), 1e) et 1f) peuvent avoir un élément shunt commun (un composant ou du fil) qui conduit la totalité du courant impulsionnel. Le fabricant doit donner la valeur maximale du courant impulsionnel pour cet élément shunt commun. Cette valeur de courant impulsionnel peut être inférieure à n fois la capacité maximale du courant de chaque borne de ligne, où n est égal au nombre de bornes de lignes. Ces parafoudres doivent être soumis aux essais en réunissant toutes leurs bornes par rapport à la borne commune. Pour les parafoudres avec un élément shunt séparé, chaque borne de ligne par rapport à la borne commune doit être essayée séparément.

Les considérations concernant les dimensions, d'échantillons et le nombre de défauts acceptables, sont à établir d'un commun accord entre le fabricant et l'utilisateur.

4.4 Tolérances des formes d'ondes

La définition des paramètres de formes d'ondes A/B , quand A est le temps de montée en microsecondes et B la durée à mi-valeur de la crête en microsecondes, doit être conforme à la CEI 60060-1 (voir également la CEI 61000-4-5). Le tableau 2 donne les tolérances pour les formes d'onde concernées par la présente norme.

Tableau 2 – Tolérances pour les formes d'ondes A/B

Forme d'onde	1,2/50 ou 10/700 Tension en circuit ouvert	8/20 ou 5/300 Courant de court-circuit	Autres formes d'ondes
Crête	±10 %	±10 %	±10 %
Temps de montée	±30 %	±20 %	±30 %
Durée à mi-valeur de la crête	±20 %	±20 %	±20 %

When testing is required to be performed at extreme temperatures, SPDs shall be gradually heated or cooled to the specified extreme temperature, taking sufficient time to avoid thermal shock. Unless otherwise specified, a minimum of 1 h should be used. SPDs shall be held at the specified temperature for a time sufficient to reach thermal equilibrium before testing. Unless otherwise specified, a minimum of 15 min should be used.

4.3 SPD testing

The SPDs covered by this standard shall be tested using the connections or terminations that are used when the SPDs are installed in the field. Also, the measurements should be made at the connections or terminations of the SPDs. For those that are intended to be used with a base or connector, that base or connector shall be part of the tests. When a base is used for testing, the measurements should be made as close as possible to the terminals of the SPD. Oscilloscopes used for measurements shall be in accordance with IEC 61083-1.

SPDs of figures 1c), 1e) and 1f) may have a common shunt element (component or wire) that conducts the total impulse current. The manufacturer shall state the maximum value of impulse current for this common shunt element. This value of impulse current may be less than n times the maximum current capability of each line terminal, where n equals the number of line terminals. These SPDs shall have all of their line terminals tested simultaneously with respect to the common terminal. For SPDs with separate shunt elements, each line terminal to common terminal shall be tested separately.

Matters of sample size and permissible failure rates are to be agreed between the customer and manufacturer.

4.4 Waveform tolerances

The definition of the waveform parameters A/B where A is the front time in microseconds and B is the time to half-value in microseconds shall be in accordance with IEC 60060-1 (see also IEC 61000-4-5). Table 2 shows the tolerances for the waveforms used in this standard.

Table 2 – Waveform tolerances

Waveform item	1,2/50 or 10/700 Open-circuit voltage	8/20 or 5/300 Short-circuit current	Other waveforms
Peak	±10 %	±10 %	±10 %
Front time	±30 %	±20 %	±30 %
Time to half-value	±20 %	±20 %	±20 %

5 Prescriptions

5.1 Prescriptions générales

Les prescriptions suivantes s'appliquent à tous les parafoudres couverts par cette norme.

5.1.1 Identification et documentation

Les informations données du point a) au point n) doivent être soit marquées sur le corps du parafoudre, comme décrit en 5.1.2, soit notées dans la documentation ou sur l'emballage. Toutes les abréviations utilisées doivent être expliquées dans la fiche technique. Pour chaque essai de l'article 6 pratiqué sur le parafoudre les conditions d'essai doivent être indiquées dans la documentation.

- a) Nom du fabricant ou de la marque
- b) Numéro de la semaine et de l'année de fabrication, ou numéro de série
- c) Numéro du modèle
- d) Conditions d'utilisation
- e) Tension maximale de service permanent U_c
- f) Courant assigné
- g) Niveau de protection de tension U_p
- h) Réinitialisation après impulsion (si applicable)
- i) Endurance en courant alternatif
- j) Endurance en courant impulsionnel
- k) Mode de défaut par surcharges
- l) Caractéristiques de transmissions
- m) Autres informations, si nécessaire, concernant les éléments de remplacement et l'usage des matériaux radioactifs
- n) Résistance série (si applicable)

5.1.2 Marquage

Les parafoudres doivent être clairement marqués conformément aux points suivants de 5.1.1: a) nom du fabricant ou de la marque, b) traçabilité de la fabrication, c) du numéro de modèle, e) tension maximale de service permanent. Le marquage doit être résistant aux frottements et aux solvants normalement utilisés dans les applications de parafoudres. Toute note, concernant une manipulation spéciale, doit figurer dans la documentation ou sur l'emballage. La conformité est vérifiée par l'essai de 6.1.2.

5.2 Prescriptions électriques

Le parafoudre doit satisfaire aux prescriptions suivantes, quand il est essayé conformément aux paragraphes de l'article 6.

5.2.1 Prescription de limitation de tension

Si le parafoudre n'est constitué que de composants de limitation de tension, il doit être conforme aux exigences de 5.2.1. Si le parafoudre est constitué, à la fois, de composants de limitation de tension et de composants de limitation de courant, il doit être conforme aux exigences de 5.2.1 et à toutes les exigences applicables de 5.2.2.

Un parafoudre ayant un composant linéaire entre les bornes de ligne et les bornes de la ligne protégée, doit être conforme aux exigences applicables de 5.2.2.

5 Requirements

5.1 General requirements

The following requirements apply to all SPDs covered by this standard.

5.1.1 Identification and documentation

The information indicated in items a) through n) shall either be marked on the body of the SPD, as described in 5.1.2, or included in the documentation or on the packaging. Any abbreviations used shall be explained in the data sheet. For each test performed on the SPD from clause 6, the test conditions shall be stated in the documentation.

- a) Manufacturer's name or trade mark
- b) Year and week of manufacture, or serial number
- c) Model number
- d) Service conditions
- e) Maximum continuous operating voltage U_c
- f) Rated current
- g) Voltage protection level U_p
- h) Impulse reset (if applicable)
- i) AC durability
- j) Impulse durability
- k) Overstressed fault mode
- l) Transmission characteristics
- m) Additional information, where applicable, concerning replaceable components and the use of radioisotopes
- n) Series resistance (if applicable)

5.1.2 Marking

The SPDs shall be clearly marked with 5.1.1 items: a) the manufacturer's name or trademark, b) manufacturing traceability, c) model number, and e) the maximum continuous operating voltage. The marking material shall be wipe resistant and resistant to solvents normally used in the SPD application. Any notes for special handling shall be included in the documentation or on the packaging. Compliance is checked in accordance with 6.1.2.

5.2 Electrical requirements

The SPD shall meet the following requirements when tested in accordance with the subclauses of clause 6.

5.2.1 Voltage-limiting requirements

When the SPD contains only voltage-limiting components, the SPD shall conform to all requirements of 5.2.1. An SPD that contains both voltage-limiting and current-limiting components shall conform to all requirements of 5.2.1 and to all applicable requirements of 5.2.2.

An SPD that contains any linear component between its line terminals and protected line terminals shall conform to the applicable requirements of 5.2.2.

5.2.1.1 Tension maximale de service permanent (U_c)

Le fabricant doit indiquer la tension maximale de service permanent. La conformité est vérifiée par l'essai de 6.2.1.1.

5.2.1.2 Résistance d'isolement

Cette caractéristique doit être indiquée par le fabricant. La conformité est vérifiée par l'essai de 6.2.1.2.

5.2.1.3 Tension de limitation impulsionnelle

Le parafoudre doit limiter une impulsion de tension donnée lors de l'essai aux conditions spécifiées au tableau 3. La tension de limitation mesurée ne doit pas dépasser le niveau de protection U_p déclaré. Voir CEI 61180-1.

5.2.1.4 Réinitialisation sur impulsion (de courant)

Cette prescription ne s'applique qu'aux parafoudres de type coupure ou tension.

Après avoir appliqué au parafoudre une onde impulsionnelle choisie dans le tableau 3, celui-ci doit s'arrêter de fonctionner ou retourner à son état stable. Durant l'application de cette impulsion, une tension choisie dans le tableau 4 doit lui être appliquée. Sauf spécification contraire, le parafoudre doit revenir à son impédance élevée en 30 ms ou moins.

5.2.1.5 Endurance en courant alternatif

Le parafoudre, après avoir subi l'essai de 6.2.1.5, en utilisant un courant choisi dans le tableau 5, doit satisfaire aux exigences de 5.2.1 et 5.2.2, si applicables.

5.2.1.6 Endurance en impulsionnel

Le parafoudre, après avoir subi l'essai de 6.2.1.6, en utilisant un courant et une forme d'onde choisis dans le tableau 3, doit satisfaire aux exigences de 5.2.1 et 5.2.2, si applicables.

5.2.1.7 Mode de défaut par surcharge

Le parafoudre ne doit pas déclencher de feu dangereux, d'explosion dangereuse, provoquer un danger d'électrocution ni émettre des fumées toxiques lors de l'essai 6.2.1.7.

Le fabricant doit indiquer la valeur de l'impulsion de courant (8/20) et la valeur du courant alternatif qui conduit au mode de défaut décrit en 6.2.1.7.

5.2.1.8 Point aveugle

En l'absence d'informations disponibles de la part du fabricant concernant le point aveugle, ou si la vérification des informations données par le fabricant est désirée, les parafoudres étagés doivent subir l'essai de 6.2.1.8.

5.2.2 Prescriptions de limitation en courant

Quand le parafoudre est composé à la fois de composants limiteurs de tension et de courant, les composants limiteurs de courant doivent être conformes à toutes les exigences applicables de 5.2.2. Le parafoudre, contenant un composant linéaire (par exemple une résistance ou une inductance), entre ses bornes de ligne, doit respecter les exigences de 5.2.2.1, 5.2.2.2, 5.2.2.7 et 5.2.2.8.

5.2.1.1 Maximum continuous operating voltage (U_c)

The manufacturer shall state the maximum continuous operating voltage for the SPD. Compliance shall be checked in accordance with 6.2.1.1.

5.2.1.2 Insulation resistance

This characteristic shall be stated by the manufacturer. Compliance shall be checked in accordance with 6.2.1.2.

5.2.1.3 Impulse-limiting voltage

The SPD shall limit a specified impulse voltage when tested at the specified test conditions of table 3. The measured limiting voltage shall not exceed the specified voltage protection level U_p . See IEC 61180-1.

5.2.1.4 Impulse reset

This requirement is applicable only to switching-type SPDs. The SPD, after having an impulse wave selected from table 3 applied, shall extinguish or return to its quiescent state. During the application of this impulse wave, a voltage selected from table 4 shall be applied to the SPD. Unless otherwise specified, the SPD shall return to its high impedance state in 30 ms or less.

5.2.1.5 AC durability

The SPD, after having been tested according to 6.2.1.5 using current selected from table 5, shall meet the relevant requirements of 5.2.1 and 5.2.2, if applicable.

5.2.1.6 Impulse durability

The SPD, after having been tested according to 6.2.1.6 using current and voltage waveforms selected from table 3, shall meet the relevant requirements of 5.2.1 and 5.2.2, if applicable.

5.2.1.7 Overstressed fault mode

The SPD shall not become a fire hazard, explosion hazard or electrical hazard and shall not emit toxic fumes when tested in accordance with 6.2.1.7.

The manufacturer shall provide the value of the impulse current (8/20) and the value of alternating current which will lead to a fault mode as described in 6.2.1.7.

5.2.1.8 Blind spot

If no information regarding blind spots is available from the manufacturer, or verification of the manufacturer's information is desired, the testing of multi-stage SPDs shall be performed as described in 6.2.1.8.

5.2.2 Current-limiting requirements

When the SPD contains a combination of both voltage-limiting and current-limiting components, the current-limiting components shall conform to all applicable requirements of 5.2.2. An SPD that contains a linear component (for example, resistor, inductor) between its line terminals shall conform to the requirements of 5.2.2.1, 5.2.2.2, 5.2.2.7 and 5.2.2.8.

5.2.2.1 Courant assigné

Le fabricant doit spécifier le courant assigné. Pour confirmer cette valeur, le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.2.1. Il ne doit apparaître aucun changement des caractéristiques opérationnelles des composants limiteurs de courant du parafoudre.

5.2.2.2 Résistance série

Le fabricant doit indiquer la valeur et la tolérance de la résistance série. Pour confirmer cette valeur, le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.2.2.

5.2.2.3 Temps de réponse en courant

Lors de l'essai de 6.2.2.3, le ou les composants limiteurs de courant doivent agir dans le temps de réponse indiqué par le fabricant ou moins. Les valeurs préférentielles des essais en courant sont données dans le tableau 6. Voir l'UIT-T Recommandation K.30.

5.2.2.4 Temps de réamorçage en courant

Le parafoudre contenant un ou plusieurs composants limiteurs de courant auto-réamorçables doit subir les essais de 6.2.2.4. Le temps de réamorçage, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le ou les composants limiteurs de courant reviennent à leur état stable, doit être inférieur à 120 s sauf spécification contraire.

Pour les parafoudres équipés d'un dispositif manuel de réamorçage cette exigence n'est pas applicable.

5.2.2.5 Tension maximale de coupure

Cette exigence n'est applicable qu'aux parafoudres ayant des composants de limitation de courant réamorçables manuellement ou automatiquement. Le fabricant du parafoudre doit indiquer la tension maximale de coupure du ou des composants limiteurs de courant dans le parafoudre. La confirmation de cette valeur est obtenue en effectuant l'essai de 6.2.2.5. Il ne doit y avoir aucune dégradation des caractéristiques opérationnelles des composants limiteurs de courant après l'essai.

5.2.2.6 Essai de fonctionnement

Cette exigence n'est applicable qu'aux parafoudres ayant un ou des composants de limitation de courant réamorçables manuellement ou automatiquement. Le parafoudre doit pouvoir accepter la répétition des applications de la tension maximale de coupure. Le courant doit être suffisant pour faire fonctionner le ou les composants de limitation de courant et choisi dans le tableau 7. Après les essais, le ou les composants de limitation de courants doivent respecter les exigences du 5.2.2.3 et du 5.2.2.4.

5.2.2.7 Endurance en courant alternatif

Le parafoudre doit pouvoir accepter la répétition de l'application d'un courant donné. Le tableau 8 donne les valeurs préférentielles de courant alternatif. Après avoir subi ce courant, le ou les composants de limitation de courant dans le parafoudre doivent respecter les exigences de 5.2.2.1, 5.2.2.2 et 5.2.2.3.

5.2.2.1 Rated current

The manufacturer shall specify the rated current. To confirm this value of rated current, the SPD shall be tested according to 6.2.2.1. Application of this test shall cause no change in the operating characteristics of the current-limiting component of the SPD.

5.2.2.2 Series resistance

The manufacturer shall specify the value and tolerance of any series resistance. To confirm this value of series resistance, the SPD shall be tested according to 6.2.2.2.

5.2.2.3 Current response time

When tested according to 6.2.2.3, the current-limiting component(s) shall operate at or below the value of response time specified by the manufacturer. Preferred values of test current are given in table 6. See ITU-T Recommendation K.30.

5.2.2.4 Current reset time

The SPD containing one or more self-resettable current-limiting components shall be tested in accordance with 6.2.2.4. The reset time, or time required for the current-limiting component(s) to return to their quiescent state, shall be less than 120 s, unless otherwise specified.

This requirement is not applicable to SPDs containing manually resettable current-limiting component(s).

5.2.2.5 Maximum interrupting voltage

This requirement is applicable only to SPDs containing self-resettable or manually resettable current-limiting component(s). The SPD manufacturer shall specify the maximum interrupting voltage of the current-limiting component(s) in the SPD. Confirmation of this value is determined by performing the test in 6.2.2.5. There shall be no degradation in the operating characteristics of the current-limiting components after this test.

5.2.2.6 Operating duty test

This requirement is applicable only to SPDs containing self-resettable or manually resettable current-limiting component(s). The SPD shall be subjected to repeated applications of the maximum interrupting voltage. The current shall be sufficient to operate the current-limiting component(s) and shall be selected from table 7. After exposure to these tests, the current-limiting component(s) shall meet the requirements of 5.2.2.3 and 5.2.2.4.

5.2.2.7 AC durability

The SPD shall be subjected to repeated applications of a specified current. Table 8 shows preferred values of alternating currents. After exposure to these currents, the current-limiting component(s) in the SPD shall meet the requirements of 5.2.2.1, 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

5.2.2.8 Endurance en impulsionnel

Le parafoudre doit pouvoir accepter un nombre spécifié d'impulsions de courant de crête spécifié. Le tableau 9 donne les valeurs préférentielles. Après l'application des impulsions conformément à 6.2.2.8, le ou les composants de limitation de courant du parafoudre doivent respecter les exigences de 5.2.2.1, 5.2.2.2, et 5.2.2.3.

5.2.3 Prescriptions de transmission

En plus des prescriptions de 5.2.1 et 5.2.2, les parafoudres peuvent devoir être conformes à certaines exigences de 5.2.3, suivant leurs applications de télécommunications et de transmission de signaux (par exemple: voix, données, vidéo, etc.). L'annexe B donne des lignes directrices pour la sélection des essais de transmissions applicables.

5.2.3.1 Capacité

Le fabricant doit faire état de la valeur de la capacité entre des bornes déterminées. La confirmation doit être effectuée par application de l'essai de 6.2.3.1.

5.2.3.2 Perte d'insertion

Le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.3.2 pour déterminer si l'insertion du parafoudre dans le système d'essai entraîne une réduction de tension entre celle générée et celle mesurée par l'équipement.

5.2.3.3 Perte par réflexion

Le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.3.3 afin de déterminer le rapport de l'amplitude du signal réfléchi au signal de la source, au-delà d'une bande de fréquence déterminée, lors de l'introduction du parafoudre dans la ligne de transmission perturbée.

5.2.3.4 Affaiblissement de conversion longitudinal (ACL)

Le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.3.4. L'essai détermine le niveau minimal acceptable de l'ACL pour un parafoudre utilisé dans le circuit. L'ACL doit être mesuré dans la bande de fréquence désirée.

5.2.3.5 Taux d'erreur binaire (TEB)

Le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.3.5. L'essai détermine si l'insertion d'un parafoudre dans une ligne de transmission de données numériques produit des erreurs binaires.

5.2.3.6 Paradiaphonie

Le parafoudre doit subir l'essai de 6.2.3.6. L'essai détermine l'amplitude du couplage d'un circuit à un autre, due à l'insertion du parafoudre.

5.3 Prescriptions mécaniques

Le parafoudre doit être conforme aux exigences mécaniques suivantes. Cependant, certaines exigences mécaniques peuvent être remplacées par des règles nationales.

5.2.2.8 Impulse durability

The SPD shall be subjected to a specified number of surges of specified peak current. Table 9 shows preferred values. After application of these surges in accordance with 6.2.2.8, the current-limiting component(s) of the SPD shall meet the requirements of 5.2.2.1, 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

5.2.3 Transmission requirements

The SPD, in addition to the requirements of 5.2.1 and 5.2.2, may need to conform to specific requirements of 5.2.3 depending on its communication and signalling application (for example, voice, data, video). Annex B provides guidance in the selection of applicable transmission tests.

5.2.3.1 Capacitance

The manufacturer shall state the value of capacitance between specified terminals. Confirmation shall be determined by testing in accordance with 6.2.3.1.

5.2.3.2 Insertion loss

The SPD shall be tested in accordance with 6.2.3.2 to determine whether the insertion of the SPD into the test system results in a voltage reduction between the generating and the measuring equipment.

5.2.3.3 Return loss

The SPD shall be tested in accordance with 6.2.3.3. This will determine the amount of signal reflected back to the signal source, over a specified frequency range, caused by the insertion of the SPD into a matched transmission line.

5.2.3.4 Longitudinal balance

The SPD shall be tested in accordance with 6.2.3.4. This test determines the minimum acceptable level of longitudinal balance of an SPD used in balanced circuits. The longitudinal balance shall be measured in the frequency range of interest.

5.2.3.5 Bit error ratio (BER)

The SPD shall be tested in accordance with 6.2.3.5. This test determines whether the insertion of a surge protective device causes bit errors in a digital transmission system.

5.2.3.6 Near-end crosstalk (NEXT)

The SPD shall be tested in accordance with 6.2.3.6. This test determines the amount of signal that is coupled from one circuit to another due to the insertion of the SPD.

5.3 Mechanical requirements

The SPD shall conform to the following mechanical requirements. However, certain mechanical requirements may be superseded by national regulations.

5.3.1 Bornes et connecteurs

a) Les bornes et connecteurs doivent être fixés au parafoudre de telle façon qu'ils ne bougent pas, lorsque les vis ou les écrous sont serrés ou desserrés. Un outil doit être nécessaire pour dévisser les vis ou les écrous.

b) Vis, parties conduisant le courant et connecteurs

1) Les connexions, soit électriques, soit mécaniques, doivent résister aux efforts mécaniques survenant en usage normal et aux efforts mécaniques générés par les forts courants impulsionnels. Les vis qui fonctionnent au moment de monter le parafoudre lors de son installation ne doivent pas être auto-taraudeuses.

La conformité est vérifiée par inspection et par les essais de 6.3.1.2.

2) Les connexions électriques doivent être conçues de façon que la pression de contact ne soit pas transmise à des matières isolantes autre que la céramique, le mica pur ou d'autres matériaux aux caractéristiques aussi convenables, de plus les parties métalliques doivent avoir une résilience suffisante pour compenser tout rétrécissement ou affaiblissement éventuels des parties isolantes.

La conformité est vérifiée par inspection.

Le choix convenable des matériaux doit être fait au regard des dimensions.

3) Les parties conduisant le courant et les connexions incluant des parties destinées aux conducteurs de protection, si nécessaires, doivent être en

- cuivre ou
- un alliage contenant au moins 58 % de cuivre, pour les parties fonctionnant à froid, ou au moins 50 % de cuivre, pour les autres parties, ou
- un autre métal ou un métal avec un revêtement approprié, ayant une résistance à la corrosion non inférieure à celle du cuivre et ayant des propriétés mécaniques aussi convenables.

Les prescriptions pour les connexions mécaniques des bornes spéciales sont décrites dans la CEI 61643-1.

c) Bornes sans vis pour conducteurs externes

1) Les bornes doivent être conçues et construites de manière que

- chaque conducteur soit connecté individuellement et que les conducteurs puissent être connectés ou déconnectés en même temps ou séparément;
- il soit possible de connecter sûrement autant de conducteurs que le maximum prévu.

2) Les bornes doivent être conçues et construites afin que la connexion se fasse sans trop de dommage sur le conducteur.

La conformité est vérifiée par examen.

d) Connexion auto-dénudante pour conducteurs externes

1) Les connexions auto-dénudantes doivent réaliser une connexion mécanique fiable. La conformité est vérifiée par examen et par les essais de 6.3.1.4.

2) Les vis devant établir la pression de contact ne doivent pas servir à fixer tout autre composant. Toutefois elles peuvent maintenir le parafoudre en place et l'empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par examen.

3) Les vis ne doivent pas être en métal doux ou susceptible de glisser.

La conformité est vérifiée par examen.

e) Métaux résistant à la corrosion

Les fixations (sauf les vis de serrage), écrous, clips, rondelles, fils et autres parties similaires, doivent être constitués de métal résistant à la corrosion (voir CEI 60999-1).

5.3.1 Terminals and connectors

- a) Terminals and connectors shall be fastened to the SPD in such a way that they will not work loose if the clamping screws or the lock-nuts are tightened or loosened. A tool shall be required to loosen the clamping screws or the lock-nuts.

b) Screws, current-carrying parts and connectors

- 1) Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use, and the mechanical stresses generated by high current surges.

Screws operated when mounting the SPD during installation shall not be of the thread-cutting type.

Compliance is checked by inspection and tested in accordance with 6.3.1.2.

- 2) Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

The suitability of the material is considered with respect to the dimensions.

- 3) Current-carrying parts and connections including parts intended for grounding conductors, if any, shall be of

- copper, or
- an alloy containing at least 58 % copper for cold-worked parts, or
- an alloy containing at least 50 % copper for non-cold-worked parts, or other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

Requirements for mechanical connections for specific terminals are covered in IEC 61643-1.

c) Screwless terminals for external conductors

- 1) Terminals shall be so designed and constructed that

- each conductor is clamped individually and the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- it is possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided.

- 2) Terminals shall be so designed and constructed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection.

d) Insulation pierced connections for external conductors

- 1) The insulation pierced connections shall make a reliable mechanical connection.

Compliance is checked by inspection and tested in accordance with 6.3.1.4.

- 2) Screws for making contact pressure shall not serve to fix any other component, although they may hold the SPD itself in place or prevent it from turning.

Compliance is checked by inspection.

- 3) Screws shall not be of metal which is soft or liable to creep.

Compliance is checked by inspection.

e) Corrosion resistant metals

Clamps (except clamping screws), lock-nuts, binding clips, thrust washers, wire, and similar parts, shall consist of corrosion resistant metal (see IEC 60999-1).

5.3.2 Contraintes mécaniques

Les parafoudres doivent être construits avec des moyens appropriés, pour être montés de manière à assurer leur tenue mécanique.

5.3.3 Résistance à l'introduction de corps solides et d'eau

Les parafoudres doivent être construits de façon à ce qu'ils fonctionnent normalement, dans les conditions de service décrites à 4.1. Les parafoudres installés à l'extérieur doivent être protégés par un revêtement en verre, en céramique ou tout autre matériau acceptable, résistant aux rayons ultraviolets, à la corrosion, à l'érosion et au cheminement.

Ils doivent avoir une distance d'isolement suffisante entre n'importe quelles parties de potentiels différents. Dans certains pays, d'autres règles nationales peuvent être appliquées.

5.3.4 Protection contre les contacts directs

En ce qui concerne la protection contre les contacts directs (inaccessibilité des parties actives), le parafoudre doit être conçu de manière à ce que les parties actives ne puissent être touchées, lorsqu'il est installé comme en usage normal. Cette prescription est valable pour les parafoudres accessibles, dont la tension U_c est supérieure à 50 V eff. ou 71 V en continu.

Les parafoudres, à l'exception de ceux classés inaccessibles, doivent être conçus de manière à ce que, lorsqu'ils sont câblés et montés en usage normal, les parties actives ne puissent pas être accessibles, même après retrait des parties amovibles, sans l'aide d'un outil (contrôlé par l'essai des parties isolées de 6.3.4).

La connexion entre les bornes de terre et toutes les parties accessibles qui lui sont reliées, doit présenter une faible résistance (voir CEI 60529).

Dans certains pays, d'autres règles nationales peuvent être appliquées.

5.3.5 Résistance au feu

Les parties isolantes des boîtiers doivent être, soit non inflammables, soit auto-extinguibles.

Dans certains pays, d'autres règles nationales peuvent être appliquées.

5.4 Prescriptions d'environnement

Les parafoudres destinés seulement à un environnement non connu de 4.1, doivent être conformes aux prescriptions d'environnement suivantes, après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.4.1 Hautes températures et résistance à l'humidité

Le parafoudre doit être exposé à une température de 80 °C et à une humidité relative de 90 %. La durée d'exposition doit être choisie dans le tableau 15. L'essai ne doit être appliqué qu'aux parafoudres destinés à un environnement non connu et effectué suivant 6.4.1. Après l'exposition, les composants limiteurs de tension du parafoudre doivent respecter les exigences de 5.2.1.2 et 5.2.1.3. Si le parafoudre essayé contient des composants limiteurs de courant, ils doivent respecter les exigences de 5.2.2.2 et 5.2.2.3.

Si les éléments d'une série donnée de fabrication d'un parafoudre ont des composants de limitation de tension et des composants de limitation de courant identiques, mais une tension de service permanent U_c différente, seuls les parafoudres ayant le plus haut niveau de protection doivent être essayés.

5.3.2 Mechanical strength (mounting)

SPDs shall be provided with appropriate means for mounting that will ensure mechanical stability.

5.3.3 Resistance to ingress of solid objects and to harmful ingress of water

SPDs shall be designed in such a way that they operate satisfactorily under the service conditions described in 4.1. SPDs installed in the outdoor environment shall be contained in a weather shield of glass, glazed ceramic or other acceptable material that is resistant to UV radiation, corrosion, erosion, and tracking.

They shall have sufficient surface creepage distance between any two parts of different potential. In some countries, other national regulations may apply.

5.3.4 Protection against direct contact

For protection against direct contact (inaccessibility of live parts), SPDs shall be designed in such a way that live parts cannot be touched when the SPD is installed for the intended use. This requirement is valid for accessible SPDs where the U_c is above 50 V r.m.s. or 71 V d.c.

SPDs, except SPDs classified as inaccessible, shall be so designed that, when they are wired and mounted as for normal use, live parts are not accessible, even after removal of parts which can be removed without the use of a tool (checked by the isolated parts test of 6.3.4).

The connection between the grounding terminals, and all accessible parts connected thereto, shall be of low resistance (see IEC 60529).

In some countries, other national regulations may apply.

5.3.5 Fire resistance

Insulating parts of the housing shall be either non-flammable or self-extinguishing.

In some countries, other national regulations may apply.

5.4 Environmental requirements

The SPD intended only for the uncontrolled environment of 4.1, shall conform to the following environmental requirements after an agreement between the user and the manufacturer.

5.4.1 High temperature and humidity endurance

The SPD shall be exposed to 80 °C and 90 % RH. The duration of the exposure shall be selected from table 15. This test shall be performed only on those SPDs intended for use in uncontrolled environments, and shall be in accordance with 6.4.1. After exposure, the voltage-limiting component(s) of the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2 and 5.2.1.3. If the SPD under test contains current-limiting component(s), these shall meet the requirements of 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

If a manufacturer's series of SPDs are identical, except for the U_c value, and the parts used are identical, except changes in the voltage ratings of voltage-limiting and current-limiting components to match a specific SPD U_c value, then only the SPD with the highest voltage protection level shall be tested.

5.4.2 Conditions d'ambiances cyclées avec impulsions

Le parafoudre doit être exposé au cycle de températures à humidité élevée tout en conduisant les courants impulsionnels. Le type de cycle de températures doit être choisi dans le tableau 16.

Durant et après l'application de cycle, les composants limiteurs de tension du parafoudre doivent respecter les exigences de 5.2.1.2 et de 5.2.1.3. Si le parafoudre en essai contient des composants limiteurs de courant, ils doivent respecter les exigences de 5.2.2.2 et de 5.2.2.3.

Cet essai ne doit être pratiqué que sur les parafoudres destinés à un environnement non connu et doit être réalisé suivant 6.4.2.

Si les éléments d'une série donnée de fabrication d'un parafoudre ont des composants de limitation de tension et des composants de limitation de courant identiques, mais une tension de service permanent U_c différente, seuls les parafoudres ayant le plus haut niveau de protection doivent être essayés.

5.4.3 Conditions d'ambiance cyclées en courant alternatif

Le parafoudre doit être exposé au cycle de température à humidité élevée tout en conduisant le courant alternatif. Ce courant et sa durée doivent être choisis dans le tableau 5. Le type de cycle de température doit être choisi dans le tableau 16.

Durant et après l'application du cycle, le parafoudre doit respecter les prescriptions de 5.2.1.2 et de 5.2.1.3.

L'essai ne doit être effectué que sur les parafoudres destinés à un environnement non connu et doit être réalisé suivant 6.4.3.

Si les éléments d'une série donnée de fabrication d'un parafoudre ont des composants de limitation de tension et des composants de limitation de courant identiques, mais une tension de service permanent U_c différente, seuls les parafoudres ayant le plus haut niveau de protection doivent être essayés.

6 Essais de type

6.1 Essais généraux

6.1.1 Renseignements documentaires et identification

La vérification de l'identification et des renseignements documentaire, doit respecter les exigences du 5.1.1, et s'effectuer par inspection.

6.1.2 Marquage

La vérification du marquage doit être effectuée par inspection. L'essai suivant d'indélébilité doit être appliqué à tous les marquages, sauf ceux par compression, moulage et gravage.

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main, pendant 15 s, avec un morceau d'ouate imbibé d'eau et, pendant 15 s encore, avec un morceau d'ouate imbibé d'hexane (avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, une température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, et de masse spécifique de 0,68 g/cm³). Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible.

5.4.2 Environmental cycling with impulse surges

The SPD shall be subjected to temperature cycling at high humidity while conducting impulse currents. The type of temperature cycling shall be selected from table 16.

During and after cycling, the voltage-limiting component(s) of the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2 and 5.2.1.3. If the SPD under test contains current-limiting component(s), these shall meet the requirements of 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

This test shall be performed only on those SPDs intended for use in uncontrolled environments, and shall be performed in accordance with 6.4.2.

If a manufacturer's series of SPDs are identical, except for the U_c value, and the parts used are identical, except changes in the voltage ratings of voltage-limiting and current-limiting components to match a specific SPD U_c value, then only the SPD with the highest voltage protection level shall be tested.

5.4.3 Environmental cycling with a.c. surges

The SPD shall be subjected to temperature cycling at high humidity while conducting alternating currents. These currents and their duration shall be selected from table 5. The type of temperature cycling shall be selected from table 16.

During and after cycling, the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2 and 5.2.1.3.

This test shall be performed only on those SPDs intended for use in uncontrolled environments and shall be performed in accordance with 6.4.3.

If a manufacturer's series of SPDs are identical, except for the U_c value, and the parts used are identical, except changes in the voltage ratings of voltage-limiting and current-limiting components to match a specific SPD U_c value, then only the SPD with the highest voltage protection level shall be tested.

6 Type test

6.1 General tests

6.1.1 Identification and documentation

Identification and documentation shall meet the requirements of 5.1.1 by inspection.

6.1.2 Marking

Verification of the markings shall be carried out by inspection. The following indelibility test shall be applied on markings of all types except those made by impressing, moulding and engraving.

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton wool soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with hexane solvent with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling-point approximately 65 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³. After this test, the marking shall be easily legible.

6.2 Essais électriques

6.2.1 Essais de limitation de tension

6.2.1.1 Tension maximale de service permanent U_c

La tension maximale de service permanent U_c doit être vérifiée pendant l'essai de la résistance d'isolement en 6.2.1.2.

6.2.1.2 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée dans les deux polarités à une paire de bornes à la fois. La tension d'essai doit être égale à la tension maximale de service permanent U_c . Le courant traversant les bornes en essai doit être mesuré. La résistance d'isolement est la tension d'essai divisée par le courant mesuré et doit être inférieure ou égale à la valeur donnée par le fabricant.

6.2.1.3 Tension de limitation impulsionnelle

Le parafoudre doit être essayé en utilisant une onde impulsionnelle choisie dans la catégorie C du tableau 3 et appliquée aux bornes appropriées. L'amplitude du courant doit être choisie en fonction de la capacité d'absorption en énergie du parafoudre, comme déterminé par l'essai d'endurance en impulsionnel de 6.2.1.6. Les essais de tension de limitation impulsionnelle et d'endurance aux impulsions doivent être effectués avec la même impulsion.

D'autres essais peuvent être effectués en utilisant les autres formes d'onde des catégories A1, B, C et D, comme indiqué dans les documentations. Cependant, ces essais sont facultatifs et ne devraient être utilisés que suivant l'application du parafoudre. L'amplitude du courant doit être choisie en fonction de la possibilité d'absorption d'énergie du parafoudre comme indiqué par le fabricant.

Sauf spécification contraire, il est appliqué cinq impulsions négatives et cinq positives, pour chaque essai impulsionnel. Le générateur utilisé doit avoir sa tension en circuit ouvert et son courant de court-circuit, choisi dans le tableau 3.

La limitation de la tension est mesurée pour chaque impulsion sans charge. La tension maximale mesurée aux bornes appropriées ne doit pas dépasser le niveau de protection (U_p) spécifié. Un temps suffisant doit être accordé entre les impulsions, pour prévenir toute accumulation de chaleur. Il est entendu que des parafoudres différents auront des caractéristiques thermiques différentes et en conséquence nécessiteront des temps différents entre les impulsions.

Si nécessaire, l'impulsion de tension peut être appliquée entre les bornes X1 – X2 des parafoudres des figures 1c) et 1e).

Pour les essais sur les parafoudres des figures 1c) et 1e), chaque paire de bornes (X1 – C et X2 – C) peut être essayée en même temps, à la même polarité ou séparément.

Pour les parafoudres, qui ont un même élément shunt commun, comme décrit en 4.3, la tension aux bornes auxquelles l'impulsion n'est pas appliquée doit être mesurée et ne doit pas dépasser U_p .

6.2 Electrical tests

6.2.1 Voltage-limiting tests

6.2.1.1 Maximum continuous operating voltage (U_c)

U_c shall be verified during the insulation resistance test in 6.2.1.2.

6.2.1.2 Insulation resistance

Insulation resistance shall be measured in both polarities at one pair of terminals at a time. The test voltage shall be equal to U_c . The current conducted between the tested terminals shall be measured. The insulation resistance is the test voltage divided by the measured current and shall be higher than or equal to the value stated by the manufacturer.

6.2.1.3 Impulse-limiting voltage

The SPDs shall be tested using one impulse selected from Category C of table 3 and applied to the appropriate terminals. The current level shall be selected based on the energy capability of the SPD as determined in the impulse durability test (see 6.2.1.6). Both impulse-limiting voltage and impulse durability tests shall be performed with the same impulse.

Additional tests may be performed using waveforms selected from Categories A1, B, C and D as well as those listed in the SPD documentation. However, these tests are optional and should only be used as appropriate to the application of the SPDs. The current level shall be selected based on the energy capability of the SPD as indicated by the manufacturer.

Unless otherwise specified, apply five negative and five positive impulses for each impulse test. The generator used shall have its open-circuit voltage and short-circuit current selected from table 3.

Measure the voltage limiting for each impulse without load. The maximum voltage measured at the appropriate terminals shall not exceed the specified voltage protection level U_p . Sufficient time shall be allowed between impulses to prevent accumulation of heat. It is understood that different SPDs will have different thermal characteristics, and consequently will require different times between impulses.

If it is required, the impulse may be applied to terminals X1 – X2 of SPDs shown in figures 1c) and 1e).

For tests on the SPDs shown in figures 1c) and 1e), each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) may be tested at the same time and same polarity, or separately.

For SPDs that have a common shunt element (refer to 4.3), the voltage on the line terminals which do not have the impulse applied shall be measured and it shall not exceed U_p .

Tableau 3 – Formes d'ondes de courant et de tension pour la tension de limitation impulsionnelle

Catégorie	Type d'essai	Tension en circuit ouvert ^a	Courant en court-circuit	Nombre d'impulsions minimal	Bornes à essayer
A1	Très faible vitesse de montée	≥ 1 kV vitesse de montée de 0,1 kV/s à 100 kV/s	10 A, 0,1 A/μs à 2 A/μs, ≥ 1 000 μs (durée)	Non applicable (NA)	X1 – C X2 – C X1 – X2 ^b
A2	Courant alternatif	Choix d'essai dans tableau 5		Un seul cycle	
B1	Faible vitesse de montée	1 kV, 10/1 000	100 A, 10/1 000	300	
B2		1 kV ou 4 kV, 10/700	25 A ou 100 A, 5/300	300	
B3		≥ 1 kV, 100 V/μs	10 A, 25 A ou 100 A, 10/1 000	300	
C1	Forte vitesse de montée	0,5 kV ou 1 kV, 1,2/50	0,25 kA ou 0,5 kA, 8/20	300	
C2		2 kV, 4 kV ou 10 kV, 1,2/50	1 kA, 2 kA ou 5 kA, 8/20	10	
C3		≥ 1 kV, 1 kV/μs	10 A, 25 A ou 100 A, 10/1 000	300	
D1	Haute énergie	≥ 1 kV	0,5 kA, 1 kA ou 2,5 kA, 10/350	2 note 1	
D2		≥ 1 kV	1 kA ou 2,5 kA, 10/250	5 note 2	

^a Une tension en circuit ouvert différente de 1 kV peut être utilisée. Cependant cela doit être suffisant pour faire fonctionner le parafoudre en essai.

^b L'essai aux bornes X1 – X2 doit être exécuté, seulement si demandé.

6.2.1.4 Réamorçage sur impulsion

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 2. La source de courant et la source de tension peuvent être choisies parmi les valeurs non limitatives du tableau 4. Ces sources de puissance représentent les valeurs usuelles des systèmes. Pour de nouvelles utilisations, le réamorçage sur impulsion doit être effectué avec les sources de courant et de tension utilisées pour la dite utilisation.

Les formes d'impulsion de tension et de courant doivent être choisies dans le tableau 3, catégories B, C et D. La tension crête en circuit ouvert doit être suffisamment grande, pour que les composants de limitation en tension fonctionnent. La polarité de l'impulsion doit être la même que la polarité de la source de tension. Le temps de réamorçage est défini comme le temps, depuis l'application de l'impulsion, jusqu'au retour du parafoudre à son état à haute impédance.

Trois impulsions doivent être appliquées à pas plus de 1 min d'intervalle. Le temps de réamorçage doit être mesuré à chacune des impulsions. L'essai doit être répété à la polarité inverse.

Table 3 – Voltage and current waveforms for impulse-limiting voltage

Category	Type of test	Open-circuit voltage ^a	Short-circuit current	Minimum number of applications	Terminals to be tested
A1	Very slow rate of rise	≥ 1 kV Rate of rise from 0,1 kV/s to 100 kV/s	10 A, 0,1 A/μs to 2 A/μs, ≥ 1 000 μs (duration)	Not applicable (NA)	X1 – C X2 – C X1 – X2 _b
A2	AC	Select a test from table 5		Single cycle	
B1	Slow rate of rise	1 kV, 10/1 000	100 A, 10/1 000	300	
B2		1 kV or 4 kV, 10/700	25 A or 100 A, 5/300	300	
B3		≥ 1 kV, 100 V/μs	10 A, 25 A, or 100 A, 10/1 000	300	
C1	Fast rate of rise	0,5 kV or 1 kV, 1,2/50	0,25 kA or 0,5 kA, 8/20	300	
C2		2 kV, 4 kV, or 10 kV, 1,2/50	1 kA, 2 kA or 5 kA, 8/20	10	
C3		≥ 1 kV, 1 kV/μs	10 A, 25 A, or 100 A, 10/1 000	300	
D1	High energy	≥ 1 kV	0,5 kA, 1 kA or 2,5 kA, 10/350	2 note 1	
D2		≥ 1 kV	1 kA or 2,5 kA, 10/250	5 note 2	

^a An open-circuit voltage different from 1 kV may be used. However, it shall be sufficient to operate the SPD under test.

^b X1 – X2 terminals shall be tested only if required.

6.2.1.4 Impulse reset

The SPD shall be connected as shown in figure 2. The source voltage and current can be selected from, but not limited to, table 4. These power sources represent commonly used system values. For new applications, the impulse reset shall be done with the source voltage and current that is used for the intended application.

The impulse voltage and current waveforms shall be selected from table 3, Categories B, C, and D. The peak open-circuit voltage shall be sufficiently great to ensure that the voltage-limiting component(s) operate(s). The polarity of the impulse voltage shall be the same as the polarity of the voltage source. The reset time is defined as the time from application of the impulse to the return of the SPD to its high-impedance state.

Three impulses shall be applied at intervals not greater than 1 min, and the reset time shall be measured for each impulse. The test shall be repeated in the opposite polarity.

Tableau 4 – Sources de tension et de courant, pour les essais de réamorçage sur impulsion

Tension en circuit ouvert de la source V	Courant de court-circuit de la source mA
12	500
24	500
48	260
97	80
135	200 ^a
^a Le parafoudre peut être mis en parallèle, par une combinaison de résistances séries de 135-150 Ω et un condensateur de 0,08 μF à 0,1 μF .	

6.2.1.5 Endurance en courant alternatif

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 3. Les courants de court-circuit en alternatif doivent être choisis dans le tableau 5. Effectuer le nombre spécifié d'applications en courant alternatif, avec un temps entre chaque application suffisant, pour éviter une accumulation de chaleur dans l'appareil en essai. La tension en circuit ouvert doit être de valeur suffisante pour réaliser une pleine conduction du parafoudre. Avant l'essai et après avoir effectué toutes les applications en courant alternatif requises, le parafoudre doit satisfaire aux exigences de 5.2.1.2, 5.2.1.3, 5.2.1.4 (si applicable) et 5.2.2.2.

Les courants choisis dans le tableau 5 doivent être appliqués aux bornes appropriées.

Si demandé, les courants peuvent être appliqués entre les bornes X1 – X2 des parafoudres des figures 1c) et 1e).

Pour les essais sur les parafoudres des figures 1c) et 1e), chaque paire de bornes (X1 – C et X2 – C) peut être essayée séparément.

Pour les parafoudres, qui ont un élément shunt commun, se référer au 4.3. Dans les autres cas, pour les parafoudres multibornes, faire l'essai de chaque borne de ligne à la borne commune séparément.

Table 4 – Source voltages and currents for impulse reset test

Open-circuit source voltage V	Short-circuit source current mA
12	500
24	500
48	260
97	80
135	200 ^a
^a The SPD may be connected in parallel by a series combination of a 135-150 Ω resistor and a 0,08 μ F to 0,1 μ F capacitor.	

6.2.1.5 AC durability

The SPD shall be connected as shown in figure 3. The a.c. short-circuit current shall be selected from table 5. Apply the currents for the specified number of applications with time between applications sufficient to prevent accumulation of heat in the device under test. The open-circuit voltage shall be of sufficient magnitude to cause a full conduction of the SPD. Prior to testing and after completion of the required number of a.c. applications, the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2, 5.2.1.3, 5.2.1.4 (if applicable) and 5.2.2.2.

The currents, selected from table 5, shall be applied to the appropriate terminals.

If it is required, the currents may be applied to terminals X1 – X2 of SPDs shown in figures 1c) and 1e).

For tests on the SPDs shown in figures 1c) and 1e), each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) may be tested separately.

For SPDs that have a common shunt element, refer to 4.3. Otherwise, for multi-terminal SPDs test each line terminal to common terminal separately.

Tableau 5 – Valeurs préférentielles du courant, pour l'essai d'endurance en courant alternatif

48-62 Hz Courants de court-circuit sur chaque borne à l'essai A_{eff}	Durée s	Nombre d'applications	Bornes à l'essai
0,1	1	5	X1 – C X2 – C X1 – X2 a
0,25	1	5	
0,5	1	5	
0,5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2,5	1	5	
5	1	5	
10	1	5	
20	1	5	
a L'essai aux bornes X1 – X2 doit être exécuté seulement si demandé.			

6.2.1.6 Endurance en impulsionnel

Le parafoudre doit être essayé en utilisant une impulsion choisie dans la Catégorie C du tableau 3 et appliquée aux bornes appropriées, choisies dans le tableau 3. Cette impulsion doit être la même que celle de l'essai de limitation impulsionnel en 6.2.1.3. D'autres essais peuvent être effectués en plus, en choisissant les autres impulsions du tableau des Catégories A1, B, C et D, comme celles mentionnées dans la documentation du parafoudre. Cependant, ces essais sont facultatifs et ne devraient être utilisés que pour l'application du parafoudre.

Le parafoudre doit être connecté comme indiqué à la figure 4. Appliquer le nombre minimal d'impulsions, définies au tableau 3, avec un temps suffisant entre chacune d'elles, pour éviter toute accumulation de chaleur dans le parafoudre en essai. La moitié du nombre défini d'impulsions de l'essai doit être réalisée dans l'une des polarités et l'autre moitié dans la polarité opposée. Ou bien, la moitié des échantillons peut être essayée avec une polarité et l'autre moitié avec la polarité opposée. Avant l'essai et après avoir effectué toutes les applications requises, le parafoudre doit satisfaire aux exigences de 5.2.1.2, 5.2.1.3 (une impulsion par polarité), 5.2.1.4 (si applicable), 5.2.2.2 (si applicable).

Si demandé, les impulsions pourront être appliquées aux bornes X1 – X2 des parafoudres des figures 1c) et 1e).

Pour les essais sur les parafoudres des figures 1c) et 1e), chaque paire de bornes (X1 – C et X2 – C) peut être essayée séparément.

Pour les parafoudres qui ont un élément shunt commun, se référer au 4.3. Dans les autres cas, pour les parafoudres multibornes, faire l'essai de chaque borne de ligne à la borne commune séparément.

Table 5 – Preferred values of currents for a.c. durability test

48-62 Hz Short-circuit currents on each tested terminal A_{rms}	Duration s	Number of applications	Test terminals
0,1	1	5	X1 – C X2 – C X1 – X2 a
0,25	1	5	
0,5	1	5	
0,5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2,5	1	5	
5	1	5	
10	1	5	
20	1	5	
a X1 – X2 terminals shall be tested only if required.			

6.2.1.6 Impulse durability

The SPD shall be tested using one impulse selected from Category C of table 3 and applied to the appropriate terminals selected from table 3. The same impulse shall be used to perform the impulse-limiting voltage test in 6.2.1.3. Additional tests may be performed using other impulses selected from Categories A1, B, C and D as well as those listed in the SPD documentation. However, these tests are optional and should only be used as appropriate to the application of the SPDs.

The SPD shall be connected as shown in figure 4. Apply the impulse current for the minimum number of applications specified in table 3 with time between applications sufficient to prevent accumulation of heat in the device under test. Half the specified number of tests shall be carried out with one polarity followed by half with the opposite polarity. Alternatively, half of the samples may be tested with one polarity and the other half with the opposite polarity. Prior to testing and after the completion of the number of applications, the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2, 5.2.1.3 (one impulse each polarity), 5.2.1.4 (if applicable) and 5.2.2.2 (if applicable).

If required, the impulse may be applied to terminals X1 – X2 of SPDs shown in figures 1c) and 1e).

For tests on the SPDs shown in figures 1c) and 1e), each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) may be tested separately.

For SPDs that have a common shunt element refer to 4.3. Otherwise, for multi-terminal SPDs test each line terminal to common terminal separately.

6.2.1.7 Mode de défaut par surcharge

Les essais de la résistance d'isolement, de la limitation de tension, de la résistance série doivent être effectués pour déterminer si le parafoudre est dans un mode de défaut acceptable, comme décrit en 3.3. Le parafoudre doit atteindre son mode de défaut par surcharge en toute sécurité, sans prendre feu dangereusement, sans explosion dangereuse, sans risque d'électrocution ni d'émission de fumées toxiques.

Le parafoudre doit être essayé en défaut par surcharge, sous impulsions et sous courants alternatifs. Pour les essais des parafoudres des figures 1c) et 1e), chaque paire de bornes (X1 – C) et X2 – C) peut être essayée séparément. Différents échantillons doivent être pris pour les essais d'impulsion et pour ceux de courant alternatif.

Surcharge par courants impulsionnels

Connecter le parafoudre, comme indiqué à la figure 4. Une onde de courant 8/20, i_n , spécifiée par le fabricant, doit être appliquée au parafoudre de la façon suivante:

$$i_{\text{test}} = i_n (1 + 0,5 N)$$

La séquence d'essai commence à $N = 0$ ($i_{\text{test}} = i_n$). Pour chaque essai suivant, accroître N de 1. La séquence est limitée à $N = 6$. Si le parafoudre n'atteint pas un état de défaut par surcharge après ces applications, le parafoudre doit subir l'essai de défaut par surcharge en courant alternatif.

Surcharge par courant alternatif

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 3. Le courant alternatif d'essai doit être indiqué par le fabricant. Le courant alternatif doit être appliqué pendant 15 min. La tension en circuit ouvert, 50 Hz ou 60 Hz, doit avoir une valeur suffisante, pour obtenir une conduction complète du parafoudre. Après l'essai, le support du parafoudre doit pouvoir recevoir un autre parafoudre.

6.2.1.8 Essai du point aveugle

Afin de déterminer si le point aveugle existe dans un parafoudre étagé, les essais suivants sont effectués en utilisant un nouvel échantillon:

- Choisir la forme d'onde utilisée pour déterminer U_p . Durant l'application de cette impulsion, enregistrer la tension de limitation et la courbe tension-temps avec un oscilloscope.
- Réduire la tension en circuit ouvert de 10 % de celle utilisée en a), et appliquer une impulsion positive au parafoudre tout en enregistrant la tension de limitation avec un oscilloscope. Il convient que la forme d'onde de la tension de limitation soit différente de celle obtenue en a). Si ce n'est pas le cas, choisir une tension en circuit ouvert inférieure. Cependant cette tension doit être supérieure à U_c .
- Appliquer des tensions impulsionnelles positives dont les valeurs sont de 20 %, 30 %, 45 %, 60 %, 75 %, 90 % de la tension utilisée en a), tout en continuant d'enregistrer la forme d'onde de la tension de limitation.
- Arrêter au pourcentage de tension en circuit ouvert pour lequel la forme d'onde de la tension de limitation revient à celle déterminée en a).
- Réduire la tension en circuit ouvert de 5 % et recommencer l'essai. Continuer de réduire la tension en circuit ouvert par paliers de 5 % jusqu'à ce que la forme d'onde notée en b) soit obtenue.
- A cette valeur de tension en court-circuit appliquer deux impulsions positives et deux impulsions négatives.

Après les essais de a) à f), le parafoudre doit respecter les exigences de 5.2.1.2.

6.2.1.7 Overstressed fault mode

The insulation resistance, voltage-limiting, and series resistance tests shall be performed to determine if the SPD has reached an acceptable overstressed fault mode as described in 3.3. The SPD shall reach its overstressed fault mode in a safe manner without causing a fire hazard, an explosion hazard, an electrical hazard or emission of toxic fumes.

The SPD shall be tested for overstressed fault mode under the influence of impulse and a.c. currents. For tests on the SPDs shown in figures 1c) and 1e), each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) may be tested separately. Different samples shall be tested for impulse and a.c. tests.

Impulse overstress

The SPD shall be connected as shown in figure 4. The 8/20 impulse current, i_n , specified by the manufacturer shall be applied to the SPD in the following manner:

$$i_{\text{test}} = i_n (1 + 0,5 N)$$

The test sequence shall begin with $N = 0$ ($i_{\text{test}} = i_n$). For each subsequent test, N increases by 1. This sequence is limited to $N = 6$. If the SPD does not reach an overstressed fault mode after these applications, the SPD shall be tested for overstressed fault mode with a.c.

AC overstress

The SPD shall be connected as shown in figure 3. The a.c. overstress current test shall be specified by the manufacturer. The current shall be applied for 15 min. The open-circuit voltage, 50 Hz or 60 Hz, shall have sufficient magnitude to cause a full conduction of the SPD. At the conclusion of the test, the mounting support shall be able to receive another SPD.

6.2.1.8 Blind spot test

In order to determine whether blind spots exist in a multi-stage SPD, the following tests using a new sample shall be performed.

- Select the impulse waveform used to determine U_p . During the application of this impulse, measure the impulse-limiting voltage and the voltage-time waveform with an oscilloscope.
- Reduce the open-circuit voltage to 10 % of the value used in a), and apply one positive impulse to the SPD while monitoring the limiting voltage with an oscilloscope. The limiting voltage waveform should be different from that obtained in a). If it is not, select a lower open-circuit voltage. However, this voltage shall be above U_c .
- Apply positive impulse voltages whose values are 20 %, 30 %, 45 %, 60 %, 75 % and 90 % of the value used in a), while continuing to monitor the limiting voltage waveform.
- At the open-circuit voltage percentage when the limiting voltage waveform returns to that as determined in a), stop.
- Reduce the open-circuit voltage by 5 % and retest. Continue reducing the open-circuit voltage in steps of 5 % until the waveform noted in b) is obtained.
- At this value of open-circuit voltage, apply two impulses of positive polarity and two impulses of negative polarity.

After testing a) through f), the SPD shall meet the requirements of 5.2.1.2.

6.2.2 Essais de limitation en courant

6.2.2.1 Courant assigné

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 5. La source de tension d'essai doit être suffisante pour fournir le courant assigné. La fréquence doit être de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Durant les essais au courant assigné, la fonction de limitation en courant, si elle existe, ne doit pas fonctionner. Pour chaque configuration de parafoudre, l'essai en courant est effectué par ajustement des résistances R_s ou R_{s1} et R_{s2} . La fonction de limitation en courant en essai, doit conduire le courant assigné pendant au minimum 1 h. Durant cet essai les parties accessibles ne doivent pas atteindre des températures excessives (voir 4.5.1 de la CEI 60950).

6.2.2.2 Résistance série

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 5. La source de tension d'essai doit être inférieure à la tension maximale de coupure précisée par le constructeur. La fréquence doit être de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Le courant d'essai doit être établi égal au courant assigné par ajustement des résistances R_s ou R_{s1} et R_{s2} . La résistance est obtenue par $(e - IR_s)/I$ où e est la tension de source et I le courant assigné, comme mesuré par l'ampèremètre à la figure 5.

6.2.2.3 Temps de réponse en courant

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 5. La source de tension d'essai doit être inférieure à la tension maximale de coupure précisée par le fabricant. La fréquence est de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Pour chaque configuration de parafoudre, le courant de charge initial doit être égal au courant assigné par ajustement des résistances R_s , R_{s1} et R_{s2} . Le parafoudre doit être stabilisé au courant assigné. Après cette stabilisation, les résistances R_s ou R_{s1} et R_{s2} doivent être réduites pour fournir le courant d'essai du tableau 6. Le temps de réponse de la fonction de limitation de courant doit être enregistré à chaque courant d'essai. Le temps de réponse est le temps entre l'application de la puissance et le moment où le courant d'essai tombe à 10 % en dessous du courant assigné. Dans le cas où le courant d'essai excède la capacité maximale en courant du ou des composants de limitation de courant, alors, le courant d'essai est égal au courant maximale que le ou les composants de limitation de courant peuvent tenir.

Tableau 6 – Courants d'essai pour le temps de réponse

Courants d'essai A
1,5 × courant assigné
2,1 × courant assigné
2,75 × courant assigné
4,0 × courant assigné
10,0 × courant assigné

6.2.2 Current-limiting tests

6.2.2.1 Rated current

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The test voltage source shall be sufficient to supply the rated current. The frequency shall be 0 (d.c.) or 50 Hz or 60 Hz.

During the rated current tests the current-limiting function, if present, shall not operate. For each SPD configuration, the test current shall be applied by adjusting the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances. The current-limiting function under test shall conduct the rated current for a 1 h minimum period. During this test the touchable parts shall not reach excessive temperatures (see 4.5.1 of IEC 60950).

6.2.2.2 Series resistance

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The test source voltage shall be less than the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. The frequency shall be 0 (d.c.) or 50 Hz or 60 Hz.

The test current shall be made equal to the rated current by adjusting the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances. The resistance is determined by $(e - IR_s)/I$ where e is the source voltage and I is the rated current as measured by the ammeter in figure 5.

6.2.2.3 Current response time

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The source voltage shall be less than the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. The frequency shall be 0 (d.c.) or 50 Hz or 60 Hz.

For each SPD configuration, the initial load current shall be made equal to the rated current by adjusting the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances. The SPD shall be allowed to stabilize at the rated current. After the stabilization, the R_s , or R_{s1} and R_{s2} shall be reduced to provide the desired test currents of table 6. The response time of the current-limiting function for each test current shall be recorded. The response time is the time from application of power until the current falls to 10 % of the rated current. If the test current exceeds the maximum current capability of the current-limiting component(s), then the test current shall be equal to the maximum current that the current-limiting component(s) can withstand.

Table 6 – Test currents for response time

Test currents A
1,5 × rated current
2,1 × rated current
2,75 × rated current
4,0 × rated current
10,0 × rated current

6.2.2.4 Temps de réamorçage en courant

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 5. La tension de la source doit être inférieure à la tension maximale de coupure, spécifiée par le fabricant. La fréquence doit être de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Pour chaque configuration de parafoudre, le courant de charge initial doit être le courant assigné par ajustement des résistances R_s ou R_{s1} et R_{s2} . Le parafoudre doit être stabilisé au courant assigné. Après stabilisation, les résistances R_s , R_{s1} et R_{s2} doivent être réduites, de façon à ce que le courant de charge augmente jusqu'au niveau où la fonction de limitation en courant du parafoudre fonctionne. Cet état de courant d'essai doit être maintenu pendant 15 min, après que le courant a été réduit en dessous de 10 % du courant assigné.

Après cela, les résistances R_s ou R_{s1} et R_{s2} doivent être augmentées jusqu'à leur valeur initiale. Le temps qu'il faut pour que le courant de charge revienne à au moins 90 % du courant assigné doit être enregistré et doit être inférieur à 120 s. En fonction des applications, l'essai peut être fait à un courant inférieur au courant assigné, pour la fonction de limitation de courant auto-réamorçable. Pour les composants de limitation de courant réamorçables, le courant de la source doit être interrompu pour une durée inférieure à 120 s. Ensuite, la fonction de limitation de courant réamorçable doit conduire au courant assigné, pendant une période de 5 min, pour s'assurer que la fonction de limitation de courant est bien revenue à son état non activé.

6.2.2.5 Tension maximale de coupure

Le parafoudre doit être connecté comme indiqué à la figure 5. La tension d'essai doit être égale à la tension maximale de coupure, spécifiée par le fabricant. La fréquence doit être de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Les résistances R_s , R_{s1} et R_{s2} doivent être ajustées à une valeur qui donne un courant permettant au composant de limitation de courant d'agir. Cet état d'essai doit être maintenu pendant 1 h. Après 1 h, la fonction de limitation de courant du parafoudre doit satisfaire à 5.2.2.2, 5.2.2.3 et 5.2.2.4.

6.2.2.6 Essai de fonctionnement

Le parafoudre doit être connecté comme indiqué à la figure 5. La tension d'essai doit être égale à la tension maximale de coupure spécifiée par le fabricant. La fréquence doit être de 0 (courant continu), 50 Hz ou 60 Hz.

Pour chaque configuration de parafoudre, le courant de charge doit être établi (par ajustement des résistances R_s , R_{s1} et R_{s2}) à la valeur sélectionnée dans le tableau 7, en remplaçant provisoirement le parafoudre par un court-circuit. La valeur sélectionnée doit être suffisante pour que la fonction de limitation de courant agisse. Après l'insertion du parafoudre dans le circuit, appliquer le courant d'essai, jusqu'à ce qu'il soit réduit en dessous de 10 % du courant assigné.

Après chaque application, supprimer la puissance pendant au moins 2 min ou jusqu'à ce que la fonction de limitation de courant revienne à son état non activé. Ce cycle d'application de courant d'essai, suivi d'une période sans puissance, doit être répété le nombre de fois prévu au tableau 7.

Après le dernier cycle, le parafoudre doit satisfaire à 5.2.2.2, 5.2.2.3 et 5.2.2.4.

6.2.2.4 Current reset time

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The source voltage shall be less than the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. The frequency shall be 0 (d.c.), 50 Hz or 60 Hz.

For each SPD configuration, the initial load current shall be the rated current, obtained by adjusting the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances. The SPD shall be allowed to stabilize at the rated current. After the stabilization, the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances shall be reduced to values such that the load current increases to a level that causes the current-limiting function of the SPD to operate. This test condition shall be maintained for 15 min after the current is reduced below 10 % of the rated current.

The R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances shall then be increased to their initial values. The time which it takes for the load current to return to at least 90 % of the rated current, shall be recorded and shall be less than 120 s. Depending on the application, testing may be done at currents lower than the rated current for self-resetting current-limiting functions. For resettable current-limiting components, the source current shall be interrupted for a time of less than 120 s. After this, the resettable current-limiting function shall conduct the rated current for a period of 5 min to ensure that the current-limiting function has reverted to its quiescent state.

6.2.2.5 Maximum interrupting voltage

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The test voltage shall be the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. The frequency shall be 0 (d.c.) or 50 Hz or 60 Hz.

The R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances shall be adjusted to a value that causes the operation of the current-limiting component of the SPD. This test condition shall be maintained for 1 h. After 1 h, the current-limiting function of the SPD shall satisfy 5.2.2.2, 5.2.2.3 and 5.2.2.4.

6.2.2.6 Operating duty test

The SPD shall be connected as shown in figure 5. The test voltage shall be the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. The frequency shall be 0 (d.c.) or 50 Hz or 60 Hz.

For each SPD configuration, the load current shall be adjusted (by means of the R_s , or R_{s1} and R_{s2} resistances) to a value selected from table 7 with the SPD temporarily replaced by a short circuit. The selected value shall be sufficient to cause the current-limiting function to operate. After the insertion of the SPD in the circuit, apply the test current until it is reduced below 10 % of the rated current.

After each SPD operation, remove the power for at least 2 min or until the current-limiting component reverts to its quiescent state. This cycle of applying test current, followed by an unpowered period, shall be repeated for the number of times indicated in table 7.

After the final cycle, the SPD shall meet the requirements of 5.2.2.2, 5.2.2.3 and 5.2.2.4.

Tableau 7 – Valeurs préférentielles, pour le courant d'essai de fonctionnement

Courant A (c.c. ou eff.)	Nombre d'applications
0,5	60
1	10
3	5
5	5
10	5

6.2.2.7 Endurance en courant alternatif

Le parafoudre doit être connecté, comme indiqué à la figure 6. Le courant de court-circuit alternatif doit être choisi parmi les valeurs du tableau 8. Appliquer le courant le nombre de fois spécifié, avec un temps suffisant entre les applications, pour éviter l'accumulation thermique dans le parafoudre en essai. La tension crête de la source alternative ne doit pas dépasser la tension maximale de coupure spécifiée par le fabricant. Avant l'essai et après la totalité des applications, le parafoudre doit satisfaire les exigences de 5.2.2.1, 5.2.2.2, 5.2.2.3.

Le courant doit être appliqué aux bornes appropriées, choisies dans le tableau 8. Le courant peut être appliqué entre les bornes X1 et X2, si demandé pour les parafoudres à trois ou à cinq bornes. Pour les essais sur les parafoudres à trois ou cinq bornes, chaque paire de bornes (X1 – C et X2 – C), du côté non protégé, peut être essayée en même temps ou séparément.

Tableau 8 – Valeurs préférentielles pour courants alternatifs

48-62 Hz Courants de court-circuit A_{eff}	Durée s	Nombres d'applications	Bornes à essayer
0,25	1	5	X1 – C X2 – C X1 – X2
0,5	1	5	
0,5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2,5	1	5	
5	1	5	

6.2.2.8 Endurance aux impulsions

Le parafoudre doit être connecté comme indiqué à la figure 7. Les tensions et courant impulsionnels sont choisis dans le tableau 9. Appliquer le courant impulsionnel le nombre de fois spécifié, avec un temps suffisant entre les impulsions, pour éviter un effet d'accumulation thermique dans l'appareil en essai. La moitié du nombre spécifié d'impulsions doit être appliqué avec une polarité, suivi par l'autre moitié, avec la polarité opposée. Ou bien, la moitié des échantillons peut être essayée avec une polarité et l'autre moitié avec la polarité opposée. Avant l'essai et après la totalité des applications, le parafoudre doit satisfaire les exigences de 5.2.2.1, 5.2.2.2 et 5.2.2.3.

Table 7 – Preferred values of current for operating duty tests

Current A (d.c. or r.m.s.)	Applications
0,5	60
1	10
3	5
5	5
10	3

6.2.2.7 AC durability

The SPD shall be connected as shown in figure 6. The a.c. short-circuit currents shall be selected from table 8. Apply currents for the specified number of applications with time between applications sufficient to prevent accumulation of heat in the device under test. The peak value of the a.c. source voltage shall not exceed the maximum interrupting voltage as specified by the manufacturer. Prior to testing and after the completion of the number of applications, the SPD shall meet the requirements of 5.2.2.1, 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

The current shall be applied to the appropriate terminals selected from table 8. The currents may be applied to terminals X1 – X2, if it is required for three-terminal and five-terminal SPDs. For tests on three-terminal and five-terminal SPDs, each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) on the unprotected side may be tested at the same time and same polarity, or separately.

Table 8 – Preferred values of a.c. test currents

48-62 Hz Short-circuit currents A_{rms}	Duration s	Number of applications	Test terminals
0,25	1	5	X1 – C X2 – C X1 – X2
0,5	1	5	
0,5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2,5	1	5	
5	1	5	

6.2.2.8 Impulse durability

The SPD shall be connected as shown in figure 7. The impulse voltages and currents shall be selected from table 9. Apply the impulse current for the specified number of applications with time between applications sufficient to prevent accumulation of heat in the device under test. Half the specified number of tests shall be carried out with one polarity followed by half with the opposite polarity. Alternatively, half of the samples may be tested with one polarity and the other half with the opposite polarity. Prior to testing and after the completion of the number of applications, the SPD shall meet the requirements of 5.2.2.1, 5.2.2.2 and 5.2.2.3.

Le courant impulsionnel doit être choisi dans le tableau 9 et appliqué aux bornes appropriées. Il peut être appliqué entre les bornes X1 et X2 pour les parafoudres à trois et cinq bornes. Pour les essais sur les parafoudres à trois et cinq bornes, chaque paire de bornes (X1 – C et X2 – C), du côté non protégé, peut être essayée en même temps, à la même polarité ou séparément.

Les fusibles de courant faible peuvent demander un niveau d'essai en I^2t en accord avec les valeurs du parafoudre. Les limiteurs de courant électroniques peuvent avoir besoin pour fonctionner d'un dispositif minimal de conduction à la sortie protégée (par exemple l'arc d'un éclateur à gaz). Si demandé, cela doit être ajouté au circuit d'essai.

Tableau 9 – Valeurs préférentielles de courants impulsionnels

Tensions en circuit ouvert	Courants de court-circuit	Nombre d'applications	Bornes à essayer
1 kV	100 A, 10/1 000	30	X1 – C X2 – C X1 – X2
1,5 kV, 10/700	37,5 A, 5/300	10	
Tension maximale d'interruption	25 A, 10/1 000	30	
Tension maximale d'interruption	Figure 1/K17 de UIT-T K17	10	
4 kV, 1,2/50	2 kA, 8/20	10	

6.2.3 Essais de transmission

6.2.3.1 Capacité

La capacité d'un parafoudre est mesurée entre les bornes spécifiées avec un générateur de 1 V eff. à 1 MHz. Une paire de bornes est mesurée à la fois; toutes les bornes non impliquées dans la mesure doivent être connectées entre elles et à la masse du générateur. Aucun courant continu de polarisation ne doit être appliqué. Il doit être noté que la capacité de certains parafoudres dépend de la tension de polarisation. Dans certaines applications cette tension peut apparaître seulement sur un fil de la paire de communication engendrant un déséquilibre des capacités significatif.

6.2.3.2 Perte d'insertion (ou affaiblissement)

La perte d'insertion est mesurée en décibels en utilisant des fils de 1 m de long maximum, avec l'impédance caractéristique appropriée. La mesure est effectuée en utilisant le circuit de la figure 8 avec un court-circuit à la place du parafoudre. Celui-ci est ensuite introduit et la mesure en décibels est effectuée. La perte d'insertion est la différence vectorielle entre les deux mesures. Le tableau 10 donne les impédances caractéristiques, les plages de fréquences et les types de câbles. Le niveau d'essai recommandé est de –10 dBm.

La perte de mesure de l'ensemble des symétriseurs et fils d'essai de la figure 8 ne doit pas dépasser 3 dB, dans la plage de fréquences de transmission. La perte d'insertion doit être mesurée et enregistrée dans la plage de fréquences de transmission, pour laquelle le parafoudre est prévu d'être utilisé.

Tableau 10 – Paramètres normalisés pour la figure 8

Plage de fréquences	Impédances caractéristiques Z_0 Ω	Types de câbles
300 Hz à 4 kHz	600	Paire torsadée
4 kHz à 300 MHz	100, 120 ou 150	Paire torsadée
≤ 1 GHz	50 ou 75	Coaxial
> 1 GHz	50	Coaxial

The impulse current shall be selected from table 9 and applied to the appropriate terminals. The impulse current may be applied to terminals X1 – X2 for three-terminal and five-terminal SPDs. For tests on three-terminal and five-terminal SPDs, each pair of terminals (X1 – C and X2 – C) on the unprotected side may be tested at the same time and same polarity, or separately.

Low-current fuses may require a reduction in test I^2t level to be within the SPD rating. Electronic current limiters may be designed to operate with a minimum protected load impedance or voltage (for example, a gas discharge tube in the arc mode). If required, this shall be added to the test circuit.

Table 9 – Preferred values of impulse current

Open-circuit voltage	Short-circuit current	Number of applications	Test terminals
1 kV	100 A, 10/1 000	30	X1 – C X2 – C X1 – X2
1,5 kV, 10/700	37,5 A, 5/300	10	
Maximum interrupting voltage	25 A, 10/1 000	30	
Maximum interrupting voltage	ITU-T Recommendation K17, Figure 1/K17	10	
4 kV, 1,2/50	2 kA, 8/20	10	

6.2.3 Transmission tests

6.2.3.1 Capacitance

The capacitance of the SPD is measured between specified terminals at a signal generator frequency of 1 MHz and 1 V r.m.s. One pair of terminals is measured at a time; all terminals not involved in the measurement shall be connected together and grounded at the generator. No d.c. bias shall be applied. It should be noted that the capacitance of some SPDs is bias voltage dependent. In some applications this bias voltage may appear only on one line of a communications pair resulting in significant capacitance unbalance.

6.2.3.2 Insertion loss

The insertion loss in decibels is measured using leads of a maximum of 1 m in length and having the appropriate characteristic impedance. A measurement is made using the circuit of figure 8 with a short circuit replacing the SPD. The SPD is then inserted and a decibels measurement in decibels is made. The insertion loss is the vector difference between the two measurements. Table 10 lists the characteristic impedances, the frequency ranges and the cable types. The recommended test level is –10 dBm.

The measured loss of the combined baluns and test leads in figure 8 shall not exceed 3 dB within the frequency band of the transmission. The insertion loss shall be measured and recorded within the frequency band of the transmission application that the SPD is intended for use.

Table 10 – Standard parameters for figure 8

Frequency range	Characteristic impedance Z_0 Ω	Cable types
300 Hz to 4 kHz	600	Twisted-pair
4 kHz to 300 MHz	100 or 120 or 150	Twisted-pair
≤ 1 GHz	50 or 75	Coaxial
> 1 GHz	50	Coaxial

6.2.3.3 Facteur d'adaptation

Le facteur d'adaptation est mesuré en décibels en utilisant des fils de 1 m de long maximum, avec l'impédance caractéristique appropriée. La mesure est effectuée en utilisant le circuit de la figure 9 avec un court-circuit à la place du parafoudre. Celui-ci est ensuite introduit et la mesure en décibels est effectuée. Le tableau 10 donne les impédances caractéristiques, les plages de fréquences et les types de câbles. Le niveau d'essai recommandé est de –10 dBm.

Un signal est appliqué au parafoudre et les signaux réfléchis, dus aux discontinuités d'impédance, sont mesurés à la même borne que celle où est appliqué le signal. Le facteur d'adaptation doit être mesuré et enregistré dans la plage de fréquences de transmission, pour laquelle le parafoudre est prévu d'être utilisé.

6.2.3.4 Affaiblissement de conversion longitudinal (ACL)

La figure 10 montre les connexions pour l'essai de déséquilibre, pour les parafoudres à trois, quatre et cinq bornes. Pour les parafoudres à quatre et cinq bornes, l'essai doit être effectué deux fois: interrupteur S1 fermé et ouvert. La valeur de l'impédance, pour la bande de fréquences jusqu'à 190 kHz est donnée au tableau 11. L'affaiblissement de conversion longitudinal est le rapport entre la tension longitudinale appliquée V_s et la tension résultante V_m du parafoudre en essai exprimée en décibels, comme suit:

$$ACL = 20 \log (V_s/V_m) \text{ dB}$$

où les signaux V_s et V_m ont la même fréquence. Sauf spécification contraire, l'essai peut être effectué à 200 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz et 4 000 Hz pour les applications analogiques, ou 5 kHz, 60 kHz, 160 kHz et 190 kHz pour les applications numériques. Si l'ACL du parafoudre est affecté par la tension continue de polarisation, alors, il convient que l'essai soit effectué en appliquant la tension continue de polarisation appropriée, à chaque borne du parafoudre.

Tableau 11 – Valeurs d'impédances pour l'essai d'affaiblissement de conversion longitudinal

f kHz	Z_1 Ω	Z_2 Ω
< 4	300	350
< 190	55 ou 67,5 ^a	^a
^a A préciser par le fabricant.		

Quand l'affaiblissement de conversion longitudinale est dépendant de la résistance série, introduite par le parafoudre, la conversion peut être spécifiée comme la valeur ohmique maximale ou le pourcentage de différence entre les résistances séries.

6.2.3.5 Taux d'erreur binaire (TEB)

La figure 11 montre le circuit d'émission et le circuit de réception, pour l'essai du TEB. Appliquer le profil binaire pseudo-aléatoire maximal approprié, pour la transmission numérique, pour laquelle le parafoudre est prévu. Mesurer le TEB avec et sans le parafoudre dans le circuit d'essai. Dans chaque cas, le temps d'essai est choisi au tableau 12. Les impédances d'émission et de réception des circuits d'essais doivent être égales à l'impédance caractéristique de l'application.

6.2.3.3 Return loss

The return loss in decibels is measured using leads of a maximum of 1 m in length and having the appropriate characteristic impedance. A measurement is made using the circuit of figure 9 with a short circuit replacing the SPD. The SPD is then inserted and a measurement in decibels is made. Table 10 lists the characteristic impedances, the frequency ranges and the cable types. The recommended test level is –10 dBm.

A signal is applied to the SPD. Signals reflected back, due to impedance discontinuities, are measured at the same terminals to which the signal is applied. The return loss shall be measured and recorded within the frequency band of the transmission application that the SPD is intended for use.

6.2.3.4 Longitudinal balance

Figure 10 shows the connections for balance testing of three-terminal, four-terminal, and five-terminal SPDs. For four-terminal and five-terminal SPDs, the test shall be carried out with switch S1 both open and closed. The values of impedance for the frequency range up to 190 kHz are shown in table 11. The longitudinal balance is the ratio of the applied longitudinal voltage V_s and the resulting voltage V_m of the SPD under test expressed in decibels, as follows:

$$\text{longitudinal balance} = 20 \log (V_s/V_m) \text{ dB}$$

where the V_s and V_m signals have the same frequency. Unless otherwise specified, the test may be done at frequencies of 200 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz and 4 000 Hz for analogue applications, or 5 kHz, 60 kHz, 160 kHz and 190 kHz for digital applications. If the longitudinal balance of the SPD is affected by the d.c. bias voltage, then the test should be done while applying the appropriate d.c. bias voltage at each SPD terminal.

Table 11 – Impedance values for longitudinal balance test

f kHz	Z1 Ω	Z2 Ω
< 4	300	350
< 190	55 or 67,5 ^a	^a
^a Manufacturer specified.		

Where the longitudinal balance is dependent on the SPD series resistance matching, the balance may be specified as the maximum ohmic or percentage difference between the series resistances.

6.2.3.5 Bit Error Ratio (BER)

Figure 11 shows the send and receive circuits for the BER test. Apply the maximum appropriate pseudo-random bit pattern for the digital transmission application that the SPD is intended for use. Measure the BER with and without the SPD in the test circuit. In each case, the test time shall be selected from table 12. The send and receive impedances of the BER testers shall be equal to the characteristic impedance of the application.

Tableau 12 – Durée pour l'essai de TEB

Profil binaire pseudo-aléatoire (R)	Durée
$R < 64 \text{ kbits / s}$	1 h
$64 \text{ kbits / s} \leq R < 1\,554 \text{ kbits / s}$	30 min
$R \geq 1\,554 \text{ kbits / s}$	10 min

6.2.3.6 Paradiaphonie

La diaphonie est mesurée par de courts fils d'essai équilibrés, aboutissant au parafoudre, conformément à la figure 12. Un signal équilibré d'entrée est appliqué à la ligne perturbée du parafoudre, pendant que le signal induit sur la ligne perturbée est mesuré à l'extrémité la plus proche des fils d'essai. Le signal d'essai recommandé est de -10 dBm .

La perte totale mesurée sur les symétriseurs et les fils d'essai, ne doit pas dépasser 3 dB, dans la plage de fréquences de transmission. La paradiaphonie doit être mesurée et enregistrée, dans la plage de fréquences de transmission, pour laquelle le parafoudre est conçu.

6.3 Essais mécaniques

6.3.1 Bornes et connecteurs

La vérification des bornes incorporées et leur conformité est obtenue par le respect des exigences de 5.3.1.

6.3.1.1 Procédure générale d'essai

Le parafoudre est monté selon les recommandations du fabricant et est protégé contre tout échauffement ou refroidissement extérieur.

Sauf spécification contraire, les bornes du parafoudre doivent être câblées avec des conducteurs dans les conditions les plus sévères (c'est-à-dire avec des sections maximale et minimale) en accord avec

- le tableau 13, pour les parafoudres qui ont à la fois des bornes de ligne et des bornes de ligne protégée,
- les instructions du fabricant, pour les autres parafoudres.

Le parafoudre en essai doit être fixé sur un tableau de bois peint en noir mat d'environ 20 mm d'épaisseur. La méthode de fixation doit se conformer aux prescriptions relatives aux moyens de montage recommandés par le fabricant. Lors de cet essai, l'entretien et le démontage des échantillons ne sont pas autorisés.

6.3.1.2 Bornes à vis

La conformité est vérifiée par inspection et, pour les vis utilisées à la connexion du parafoudre, par l'essai suivant:

Les vis sont serrées et desserrées:

- dix fois pour les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante,
- cinq fois, dans tous les autres cas.

Table 12 – Test times for BER test

Pseudo-random bit pattern, (R)	Duration
$R < 64$ kbits/s	1 h
$64 \text{ kbits/s} \leq R < 1\,554 \text{ kbits/s}$	30 min
$R \geq 1\,554 \text{ kbits/s}$	10 min

6.2.3.6 Near-end crosstalk (NEXT)

The crosstalk is measured on short lengths of balanced test leads terminated to the SPD according to figure 12. A balanced input signal is applied to a disturbing line of the SPD while the induced signal on the disturbed line is measured at the near end of the test leads. The recommended test signal is -10 dBm.

The measured loss of the combined baluns and test leads shall not exceed 3 dB within the frequency band of the transmission. The near-end crosstalk shall be measured and recorded within the frequency band of the transmission application that the SPD is intended for use.

6.3 Mechanical tests

6.3.1 Terminals and connectors

It shall be verified that the incorporated terminals meet the requirements of 5.3.1.

6.3.1.1 General testing procedure

The SPD is mounted according to the manufacturer's recommendation and is protected against undue external heating or cooling.

Unless otherwise specified, the SPD terminals shall be wired with conductors using the most severe configuration (i.e., the maximum or minimum cross-sectional areas) according to

- table 13 for SPDs that have both line terminals and protected line terminals;
- the manufacturer's instructions for other SPDs.

The SPD under test shall be fixed on a dull, black-painted wood board of about 20 mm thickness. The method of fixing shall comply with any requirements relating to the means of mounting recommended by the manufacturer. During the test, no maintenance or dismantling of the sample is allowed.

6.3.1.2 Terminals with screws

Compliance is checked by inspection and, for screws which are operated when connecting up the SPD, by the following test:

The screws are tightened and loosened

- ten times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- five times in all other cases.

Les vis ou écrous s'engageant dans un filetage en matière isolante sont complètement retirés et réinsérés chaque fois. L'essai est réalisé au moyen d'un tournevis ou d'une clef d'essai appropriés, en appliquant un couple, comme indiqué par le fabricant. Les vis ne doivent pas être serrées par à-coups. Le conducteur est enlevé à chaque fois que la vis est desserrée.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas se desserrer et aucun endommagement, tel que la cassure des vis ou le dommage des fentes de têtes de vis, des filetages, des rondelles ou des étriers, au point d'empêcher l'usage ultérieur du parafoudre, ne doit être observé.

De plus, les couvercles et enveloppes ne doivent pas être endommagés.

Tableau 13 – Sections connectables de conducteurs en cuivre, pour des bornes à vis ou sans vis

Courant assigné maximal des parafoudres A	Domaines de sections nominales à serrer	
	ISO – mm ²	GTJ – Borne
Inférieur ou égal à 1	0,1 à 1	26 à 18
Supérieur à 1 et jusqu'à 13 inclus	1 à 2,5	18 à 14
Supérieur à 13 et jusqu'à 16 inclus	1 à 4	18 à 12

6.3.1.3 Bornes sans vis

La conformité est vérifiée par les essais suivants.

Les bornes sont équipées de nouveaux conducteurs du type et de sections minimale et maximale définies dans le tableau 13 pour les parafoudres à deux ports ou, selon la déclaration du fabricant pour les parafoudres à un port.

Chaque conducteur est ensuite soumis à une valeur de traction indiquée dans le tableau 14. La traction est exercée sans secousses pendant 1 min dans la direction des axes du conducteur.

Lors de cet essai, le conducteur ne doit pas s'échapper de la borne et il ne doit y avoir aucun indice de dommage.

Tableau 14 – Forces de traction (bornes sans vis)

Section mm ²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4
Force de traction N	30	30	35	40	50	60

6.3.1.4 Connexions à perçage d'isolant

6.3.1.4.1 Essai de traction pour des bornes de parafoudres à monoconducteurs

La conformité est vérifiée par les essais suivants:

Les bornes sont équipées de nouveaux conducteurs en cuivre de section minimale ou maximale définie en 6.3.1.1, rigides ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Les vis éventuelles sont serrées comme indiqué par le fabricant.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and reinserted each time. The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as suggested by the manufacturer. The screws shall not be tightened in jerks. The conductor is removed each time the screw is loosened.

During the test, the screwed connections shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, that will impair the further use of the SPD.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

Table 13 – Connectable cross-sectional areas of copper conductors for screw-type terminals or screwless-type terminals

Maximum rated current for SPDs A	Range of nominal cross-sectional areas to be clamped	
	ISO – mm ²	AWG – Terminal
Up to and including 1	0,1 to 1	26 to 18
Above 1 up to and including 13	1 to 2,5	18 to 14
Above 13 up to and including 16	1 to 4	18 to 12

6.3.1.3 Screwless terminals

Compliance is checked by the following tests.

The terminals are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to table 13 for two-port SPDs or according to the manufacturer's declaration for one-port SPDs.

Each conductor is then subjected to a pull of the value shown in table 14. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

During the test, there shall be no movement of the conductor in the terminal or any indication of damage.

Table 14 – Pulling force (screwless terminals)

Cross-sectional area mm ²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4
Pull force N	30	30	35	40	50	60

6.3.1.4 Insulating pierced connections

6.3.1.4.1 Pull-out test on SPD terminals designed for single-core conductors

Compliance is checked by the following tests.

The terminals are fitted with new copper conductors of the smallest or largest cross-sectional area specified in 6.3.1.1, solid or stranded, whichever is most unfavourable. Screws, if any, are tightened as suggested by the manufacturer.

Les conducteurs sont connectés et déconnectés cinq fois, de nouveaux conducteurs étant utilisés à chaque fois. Après chaque connexion, les conducteurs sont soumis à une traction sans secousses pendant 1 min dans l'axe du conducteur selon la valeur donnée dans le tableau 14.

Lors de cet essai, le conducteur ne doit pas s'échapper du parafoudre et aucun indice de dommage ne doit être relevé.

6.3.1.4.2 Essai de traction pour des parafoudres conçus pour des câbles multiconducteurs ou des cordons

L'essai de traction sur des bornes de parafoudres conçus pour des câbles multiconducteurs ou des cordons est effectué selon 6.3.1.4.1, sauf que la force de traction est exercée sur l'ensemble du câble multiconducteur ou du cordon plutôt que sur l'âme seule.

La force de traction est calculée selon la formule suivante:

$$F = F(x) \sqrt{n}$$

où

F est la force totale à appliquer;

n est le nombre de brins;

$F(x)$ est la force sur un brin selon la section du conducteur (voir tableau 14).

Lors de l'essai, le câble ou cordon ne doit pas s'échapper du parafoudre.

6.3.2 Contrainte mécanique (montage)

On doit vérifier par inspection que les parafoudres ont une résistance mécanique suffisante pour supporter les contraintes survenant lors de l'installation et de l'utilisation.

6.3.3 Résistance à l'introduction de corps solides et d'eau

Essai conforme à la CEI 60529, pour vérifier le Code IP.

6.3.4 Protection contre les contacts directs

Parties isolantes

L'échantillon est monté comme en usage normal et équipé de conducteurs de la plus petite section et l'essai est ensuite reconduit avec les sections les plus grandes, spécifiées au tableau 13. Le doigt d'essai normalisé (conforme à la CEI 60529) est appliqué en tout emplacement possible.

Pour les parafoudres enfichables, (qui peuvent être échangés sans outil) le doigt d'essai est appliqué en tout emplacement possible, lorsque le dispositif est partiellement ou totalement enfiché. Un indicateur électrique, dont la tension de fonctionnement est comprise entre 40 V et 50 V, est utilisé pour déceler un contact avec la partie concernée.

Parties métalliques

Les parties métalliques accessibles, lorsque le dispositif est câblé et monté comme en usage normal, doivent être reliées à la terre, par une liaison de faible résistance, à l'exception de petites vis ou de pièces analogues, isolées des parties actives, utilisées pour la fixation des bases, des couvercles ou des protections des prises.

The conductors are connected and disconnected five times, new conductors being used each time. After each connection, the conductors are subjected to a pull, without jerks, for 1 min in the axis of the conductor according to the value given in table 14.

During the test, there shall be no movement of the conductor in the terminal or any sign of damage.

6.3.1.4.2 Pull-out test on SPD terminals designed for multi-core cables or cords

The pull-out test on the SPD terminals designed for multi-core cables or cords is carried out according to 6.3.1.4.1 except that the pull force is applied to the entire multi-core cable or cord instead of the individual core.

The pull force is calculated according to the following formula:

$$F = F(x) \sqrt{n}$$

where

F is the total force to be applied;

n is the number of cores;

$F(x)$ is the force for one core according to the cross-sectional area of one conductor (see table 14).

During the test the cable or cord shall not slip out of the terminals.

6.3.2 Mechanical strength (mounting)

It shall be verified by inspection that SPDs have adequate mechanical strength to withstand the stresses imposed during installation and use.

6.3.3 Resistance to ingress of solid objects and to harmful ingress of water

Test in accordance with IEC 60529 to check the IP code.

6.3.4 Protection against direct contact

Insulating parts

The sample is mounted as for normal use and fitted with conductors of the smallest cross-sectional areas and the test is repeated using conductors of the largest cross-sectional areas (see table 13). The standard test finger (in accordance with IEC 60529) is applied in every possible position.

For plug-in SPDs (which can be changed without a tool), the test finger is applied in every possible position, when the plug is partially engaged or completely engaged with a socket outlet. An electrical indicator with a voltage of not less than 40 V and not more than 50 V, is used to show contact with the relevant part.

Metal parts

Metal parts which are accessible when the SPD is wired and mounted as for normal use shall be connected to ground through a low-resistance connection, except for small screws and the like, insulated from live parts, for fixing bases and covers or cover plates of socket-outlets.

Un courant (issu d'une source alternative, dont la tension à vide ne dépasse pas 12 V), égal à 1,5 fois le courant assigné ou à 25 A, en prenant la valeur la plus élevée, circule entre la borne de terre et chacune des parties métalliques accessibles, tour à tour.

La chute de tension, entre la borne de terre et la partie métallique accessible, est mesurée et la résistance est calculée, à partir du courant et de cette chute de tension. En aucun cas, la résistance ne doit dépasser 0,05 Ω .

NOTE Il convient de veiller à ce que la résistance de contact entre la pointe de la sonde de mesure et la partie métallique, à l'essai, n'influence pas les résultats d'essai.

6.3.5 Résistance au feu

L'essai au fil incandescent est effectué conformément aux articles 4 à 10 de la CEI 60695-2-1/1, dans les conditions suivantes:

- pour les pièces extérieures des parafoudres en matière isolante, nécessaires pour maintenir en place les pièces transportant le courant et les parties du circuit de protection, par l'essai fait à une température de 850 °C $\pm$ 15 °C;
- pour les autres pièces extérieures en matière isolante, par l'essai fait à une température de 650 °C $\pm$ 10 °C.

Pour cet essai, les bases des parafoudres pour montage en saillie sont considérées comme des parties externes. L'essai n'est pas exécuté sur les pièces en matière céramique. Si les parties isolantes sont faites du même matériau, l'essai est fait sur une seule de ces parties, à la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai au fil incandescent est effectué, pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement, dans des conditions d'essai définies, n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes, où pour s'assurer qu'une partie de la matière isolante, qui pourrait être enflammée par le fil d'essai chauffé, dans des conditions définies, ne brûle que pendant un temps limité, sans propager le feu par flamme, par incandescence ou par des gouttelettes tombant de la pièce à l'essai.

L'essai est effectué sur un échantillon. En cas de doute, l'essai est répété sur deux échantillons supplémentaires. L'essai est effectué en appliquant le fil incandescent une fois. L'échantillon doit être disposé, pendant l'essai, dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en utilisation normale (avec la surface essayée en position verticale).

L'extrémité du fil incandescent doit être appliquée sur la surface spécifiée de l'échantillon, en tenant compte des conditions d'utilisation prévues, dans lesquelles un élément chauffé ou incandescent peut entrer en contact avec l'échantillon.

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent

- s'il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée, ou,
- si les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier de soie ne doit pas s'être enflammé et la planche ne doit pas être roussie.

A current (derived from an a.c. source having a no-load voltage not exceeding 12 V) equal to 1,5 times the rated current or to 25 A, whichever is the greater, is passed between the grounding terminal and each of the accessible metal parts in turn.

The voltage drop between the grounding terminal and the accessible metal part is measured and the resistance is calculated from the current and this voltage drop. The resistance shall not exceed 0,05 Ω .

NOTE Care should be taken that the contact resistance between the tip of the measuring probe and the metal part under test does not influence the test results.

6.3.5 Fire resistance

The glow-wire test is performed in accordance with clauses 4 to 10 of IEC 60695-2-1/1 under the following conditions:

- for external parts of SPD made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $850\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

For the purposes of this test, bases of surface-type SPDs are considered as external parts. The test is not made on parts of ceramic material. If the insulating parts are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, at the appropriate glow-wire test temperature.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts, or to ensure that a part of insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

The test is made on one sample. In case of doubt, the test is repeated on two further samples. The test is made by applying the glow-wire once. The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

The tip of the glow-wire shall be applied to the specified surface of the test sample taking into account the conditions of intended use under which a heated or glowing element may come into contact with the sample.

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if

- there is no visible flame and no sustained glowing, or if
- flames and glowing on the sample extinguish themselves with 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pinewood board.

6.4 Essais d'environnement

6.4.1 Hautes températures et résistance à l'humidité

Les parafoudres doivent être exposés à des conditions de haute température et d'humidité, pendant un temps donné par le tableau 15. La température doit être de 80 °C. L'humidité doit être de 90 %.

Le parafoudre doit être essayé en utilisant le circuit d'essai approprié de la figure 13. Le parafoudre doit être mis sous tension, avec une source de courant continu ou alternatif durant toute l'exposition aux conditions climatiques. La tension de la source doit être égale à la tension de fonctionnement permanent maximale précisée en 5.2.1.1 et cette source doit avoir une capacité en courant suffisante pour fournir le courant à travers le parafoudre en essai. Après l'exposition, le parafoudre est refroidi à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Tableau 15 – Valeurs préférentielles de périodes pour l'essai de hautes températures et de résistance à l'humidité

Période d'essai
Jours
10
21
30
56

6.4.2 Conditions d'ambiance cyclées avec impulsions transitoires

Le parafoudre doit être exposé aux conditions d'ambiance cyclées, en humidité non saturée, pour une durée correspondant au cycle donné par le tableau 16. Durant l'exposition, un générateur dont les caractéristiques sont définies au tableau 3, doit être utilisé pour appliquer une tension en circuit ouvert, choisie dans la Catégorie C du tableau 3.

Quand le cycle A est choisi, deux impulsions de courant sont appliquées chaque jour du cycle, durant cinq jours consécutifs, suivis de deux jours sans application. Autrement, lorsque le cycle B est choisi, deux impulsions de courant sont appliquées le premier et le dernier jour du cycle. Pour chaque jour avec impulsion, une impulsion de courant est appliquée à la température la plus haute T_1 , donnée dans le tableau 16 et l'autre impulsion à la température la plus basse T_2 , donnée dans le tableau 16. Les impulsions sont appliquées dans une plage de 1 h à la moitié du temps entre les températures extrêmes hautes et basses. Les impulsions de courant, pour un jour donné, sont de la même polarité, mais, la polarité doit être inversée alternativement les autres jours d'essai. Cette procédure doit être répétée jusqu'à la fin des cycles.

Le parafoudre doit être essayé, en utilisant le circuit d'essai approprié de la figure 13 et doit être mis sous tension continue, durant tous les cycles d'environnement. La valeur négative ou positive de la tension continue ne doit pas dépasser la tension assignée, donnée en 5.2.1.1. Le parafoudre ne doit pas être mis sous tension continue, durant l'application des impulsions de courant.

6.4 Environmental tests

6.4.1 High temperature and humidity endurance

The SPD shall be exposed to high temperature and relative humidity conditions for a duration selected from table 15. The temperature shall be 80 °C. The relative humidity shall be 90 %.

The SPD shall be tested using the appropriate test circuit of figure 13. The SPD shall be powered with a d.c. or a.c. supply throughout the exposure. The power supply voltage shall be equal to the maximum continuous operating voltage specified in 5.2.1.1. This power supply shall have sufficient current capability to supply the current drawn by the SPD under test. After the exposure, the SPD shall be cooled to an ambient temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Table 15 – Preferred values of test-time duration for high temperature and humidity endurance

Test-time duration Days
10
21
30
56

6.4.2 Environmental cycling with impulse surges

The SPD shall be exposed to the non-condensing environmental cycle for the duration corresponding to the cycle selected from table 16. During the exposure, a generator of impulses having the characteristics specified in table 3 shall be used to apply sufficient open-circuit voltage selected from Category C of table 3.

When cycle A is selected, two impulse currents shall be applied each cycling day for five consecutive days followed by two days without application. Alternatively, when cycle B is selected, two impulse currents shall be applied at the first and last cycling days. On each surge day, one impulse current is applied at high extreme temperature T_1 given in table 16 and the other at low extreme temperature T_2 given in table 16. The surges shall be applied within 1 h of the centre of the dwell time at low and high extreme temperatures. The impulse currents on a given day shall be of the same polarity, but shall alternate polarity on the next test day. This procedure shall be repeated until the completion of the environmental cycling.

The SPD shall be tested using the appropriate test circuit of figure 13 and shall be powered with a d.c. supply throughout the environmental cycling. The negative or positive level of the d.c. power supply shall not exceed the rated voltage specified in 5.2.1.1. The SPD shall not be powered with the d.c. power supply during the application of the impulse current.

Tableau 16 – Valeurs préférentielles des temps et températures pour les essais de conditions d'ambiance cyclées

Cycles	Températures les plus hautes (T_1) °C	Températures les plus basses (T_2) °C	Durées cycles
Cycle A – figure 14	32 ± 2	4 ± 2	30
Cycle B – figure 15 (d'après la CEI 60068-2-30 – Paragraphe 6.3.3 – Variante 2)	40 ou 55 ± 2	25 ± 3	5

La tension de limitation impulsionnelle doit être mesurée pendant l'application de chaque impulsion de courant. La résistance d'isolement doit être mesurée dans l'heure qui suit chaque impulsion. Si le parafoudre est connu, pour être sensible à la polarité de la tension continue, il doit être essayé en résistance d'isolement, dans les deux polarités.

Dans l'heure qui suit la fin de l'essai aux conditions d'ambiance cyclées, le parafoudre doit satisfaire les prescriptions de 5.2.1.2 et 5.2.1.3.

6.4.3 Conditions d'ambiance cyclées avec chocs en courant alternatif

Le parafoudre doit être exposé au cycle d'endurance aux conditions d'ambiance en humidité non saturée, pour le cycle choisi du tableau 16. Durant l'exposition, utiliser un générateur appliquant une tension alternative en circuit ouvert suffisante et ayant un courant de court-circuit choisi dans le tableau 5.

Quand le cycle A est choisi, deux impulsions de courant sont appliquées chaque jour de cycle, durant 5 jours consécutifs, suivis de deux jours sans application. Autrement, lorsque le cycle B est choisi, deux impulsions de courant sont appliquées le premier et le dernier jour de cycle. Pour chaque jour avec impulsion, une impulsion de courant est appliquée à la température la plus haute T_1 , donnée dans le tableau 16 et l'autre impulsion à la température la plus basse T_2 , donnée dans le tableau 16. Les impulsions sont appliquées dans une plage de 1 h à la moitié du temps entre les températures extrêmes hautes et basses. Cette procédure est répétée jusqu'à la fin des cycles.

Le parafoudre est essayé, en utilisant le circuit d'essai approprié de la figure 13. Il doit être mis sous tension continue durant tous les cycles. La valeur négative ou positive de la tension continue ne doit pas dépasser la tension assignée, donnée en 5.2.1.1. Le parafoudre ne doit pas être mis sous tension continue, durant l'application des chocs de courant alternatif.

La tension limitée alternative doit être mesurée durant l'application de chaque impulsion de courant. La résistance d'isolement doit être mesurée dans l'heure qui suit chaque impulsion. Si le parafoudre est connu, pour être sensible à la polarité de la tension continue, il doit être essayé en résistance d'isolement dans les deux polarités.

Dans l'heure qui suit la fin de l'essai aux conditions d'ambiance cyclées, la fonction de limitation de tension doit satisfaire les prescriptions de tension de limitation impulsionnelle et de résistance d'isolement.

6.5 Essais de réception

Les essais de réception sont établis par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

**Table 16 – Preferred values of temperature and duration
for environmental cycling tests**

Cycle	High extreme temperature (T_1) °C	Low extreme temperature (T_2) °C	Duration cycles
Cycle A – Figure 14	32 ± 2	4 ± 2	30
Cycle B – Figure 15 (based on IEC 60068-2-30; 6.3.3, variant 2)	40 or 55 ± 2	25 ± 3	5

The impulse-limiting voltage shall be measured during the application of each impulse current. The insulation resistance shall be measured within 1 h after each surge application. If the SPD is known to be sensitive to the polarity of the d.c. power supply, it shall be tested for insulation resistance with positive and negative polarities.

Within 1 h after the end of the environmental cycling, the SPD shall satisfy the requirements of 5.2.1.2 and 5.2.1.3.

6.4.3 Environmental cycling with a.c. surges

The SPD shall be exposed to the non-condensing environmental cycle for the duration corresponding to the cycle selected from table 16. During the exposure, using a generator, apply sufficient open-circuit a.c. voltage with short-circuit current selected from table 5.

When cycle A is selected, two current surges shall be applied each cycling day for five consecutive days followed by two days without application. Alternatively, when cycle B is selected, two current surges shall be applied at the first and last cycling days. On each surge day, one current is applied at high extreme temperature T_1 given in table 16 and the other at low extreme temperature T_2 given in table 16. The a.c. surges shall be applied within 1 h of the centre of the dwell time at low and high extreme temperatures. This procedure shall be repeated until the completion of the environmental cycling.

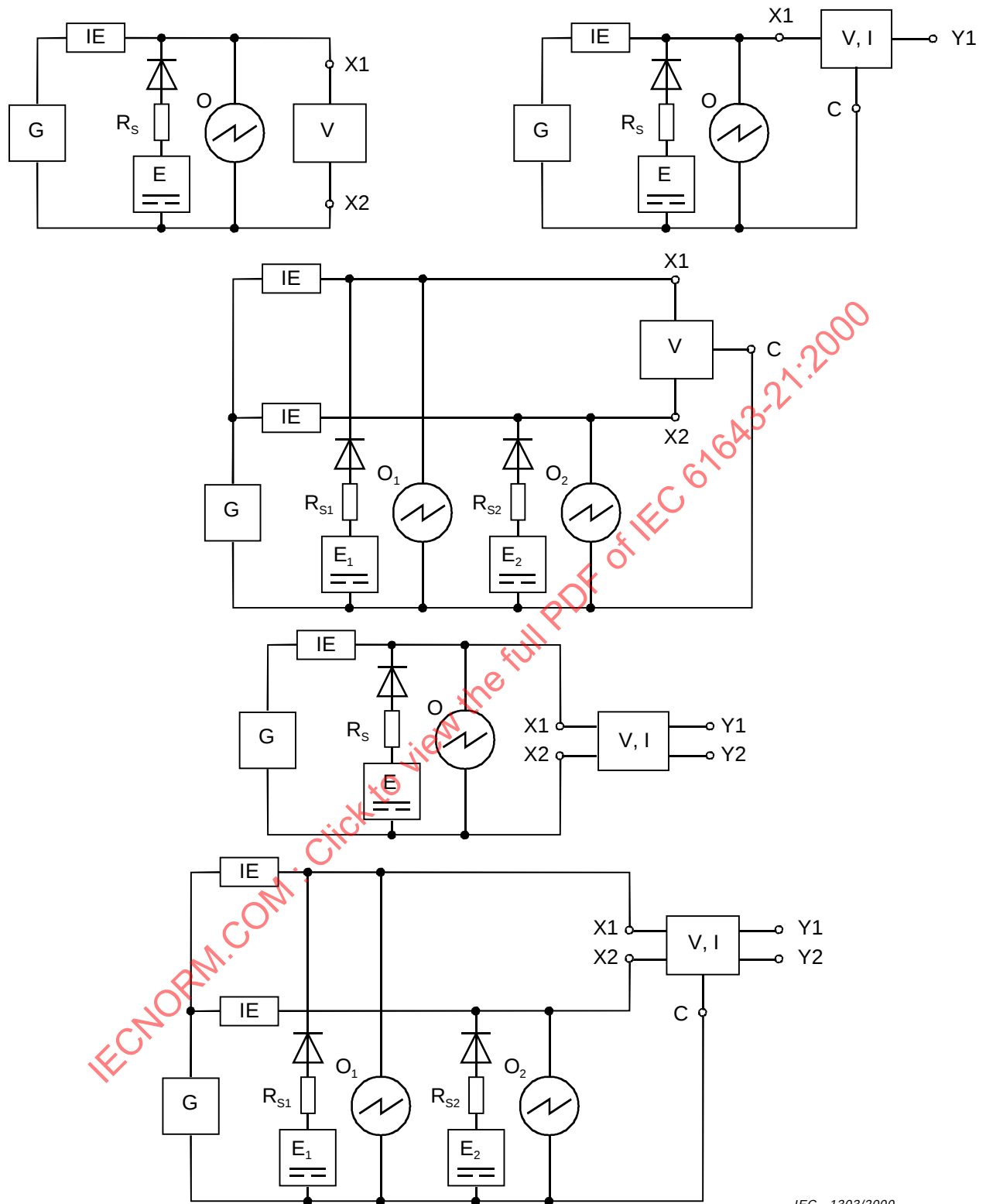
The SPD shall be tested using the appropriate test circuit of figure 13 and shall be powered with a d.c. supply throughout the environmental cycling. The negative or positive level of the d.c. power supply shall not exceed the rated voltage determined in 5.2.1.1. The SPD shall not be powered with the d.c. power supply during the application of the a.c. current.

The a.c. limiting voltage shall be measured during the application of each current. The insulation resistance shall be measured within 1 h after each a.c. surge application. If the SPD is known to be sensitive to the polarity of the d.c. power supply, it shall be tested for insulation resistance with positive and negative polarities.

Within 1 h after the end of the environmental cycling, the voltage-limiting function shall satisfy the impulse-limiting voltage and the insulation resistance requirements.

6.5 Acceptance tests

Acceptance tests are made by agreement between the manufacturer and user.

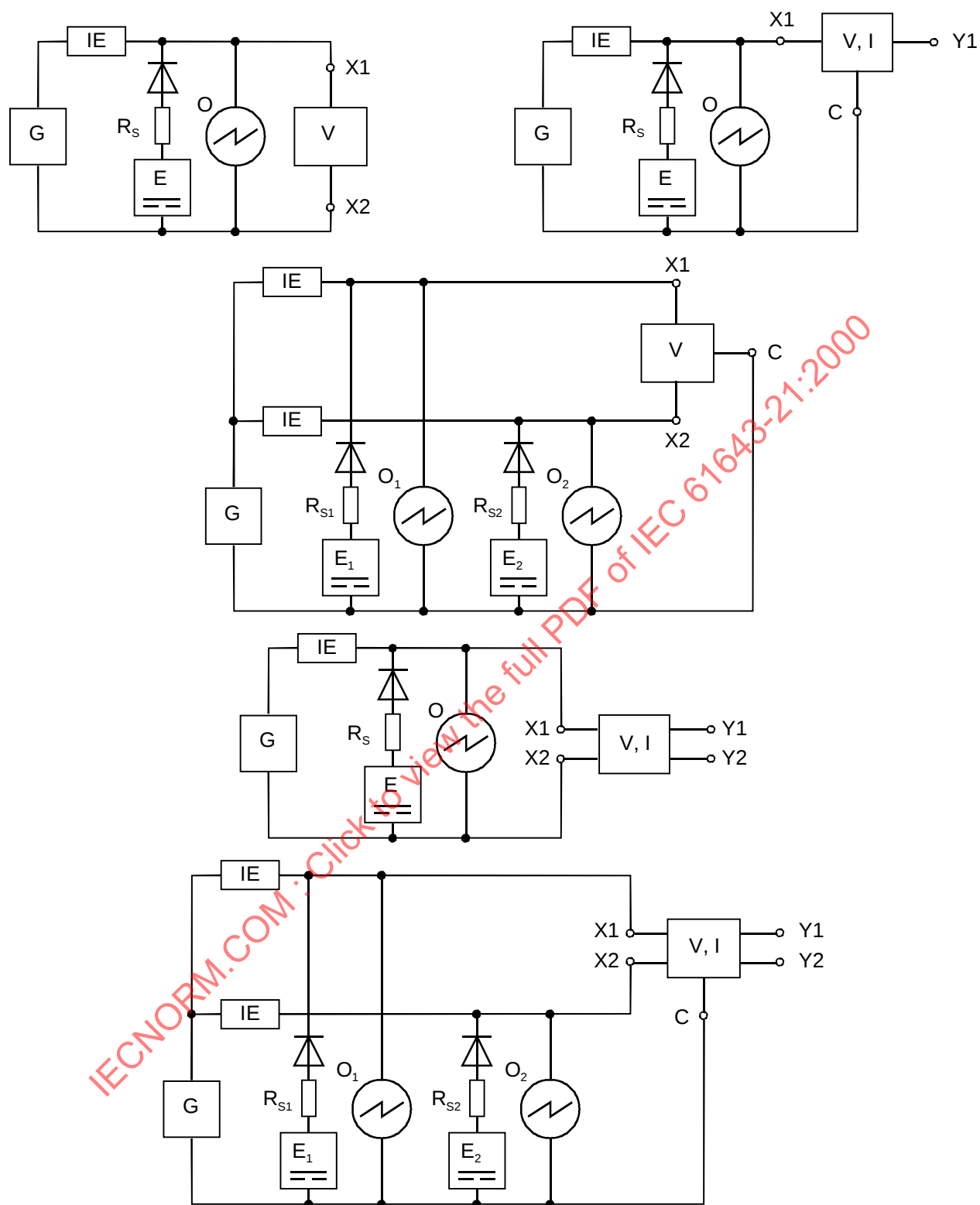


IEC 1303/2000

Légende

O, O ₁ , O ₂	oscilloscopes	V	composant limiteur de tension
E, E ₁ , E ₂	sources de tension continue	V, I	composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
G	générateur d'impulsion	X1, X2	bornes de lignes
IE	élément d'isolation	Y1, Y2	bornes de lignes protégées
R _S , R _{S1} , R _{S2}	résistances de source non inductives	C	borne commune

Figure 2 – Circuit d'essai pour le temps de réamorçage en impulsion

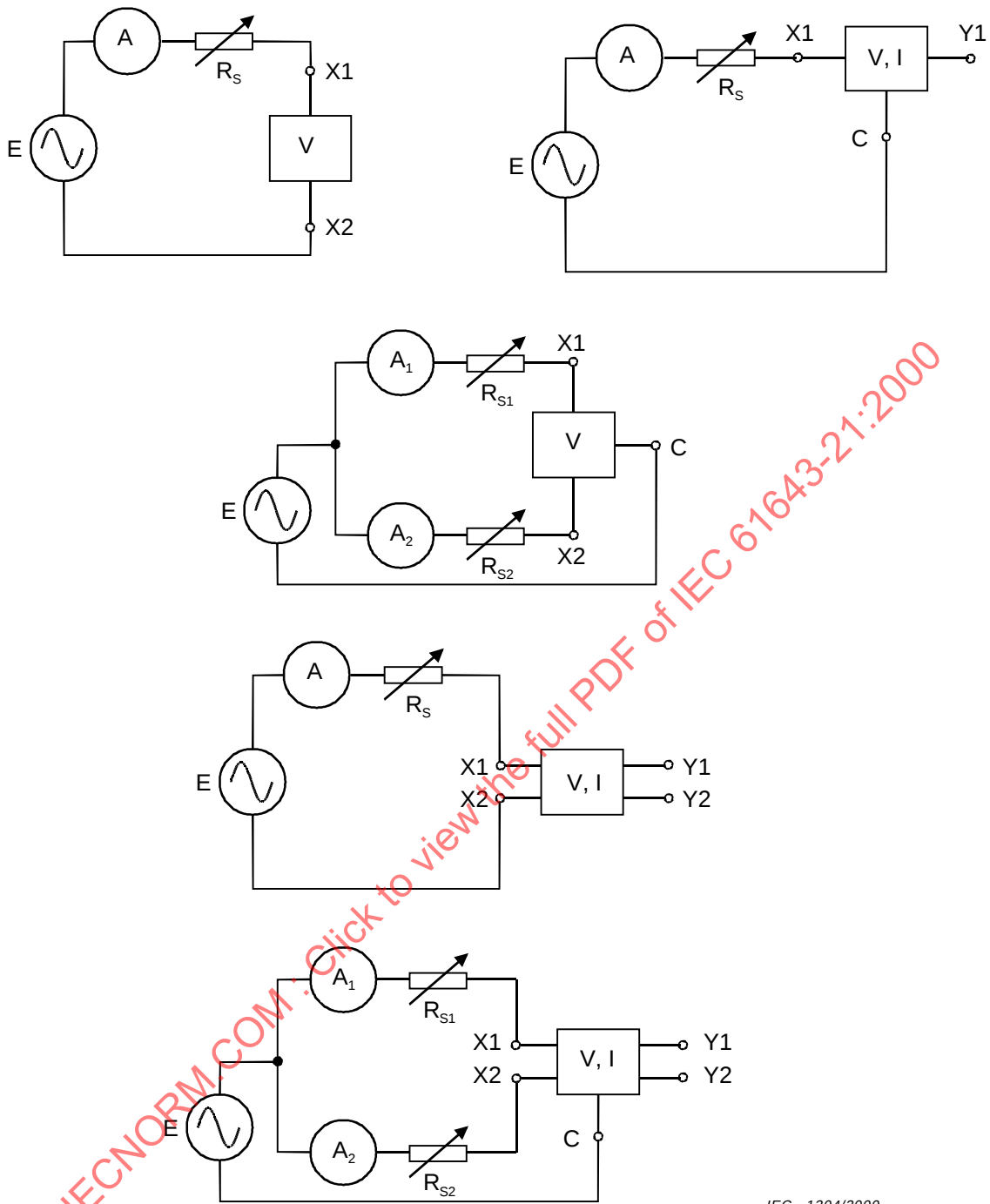


IEC 1303/2000

Key

O, O ₁ , O ₂	oscilloscopes	V	voltage-limiting component
E, E ₁ , E ₂	d.c. voltage sources	V, I	voltage-limiting components or combination of voltage-limiting and current-limiting components
G	impulse generator	X1, X2	line terminals
IE	isolation element	Y1, Y2	protected line terminals
R _S , R _{S1} , R _{S2}	non-inductive source resistors	C	common terminal

Figure 2 – Test circuits for impulse reset time

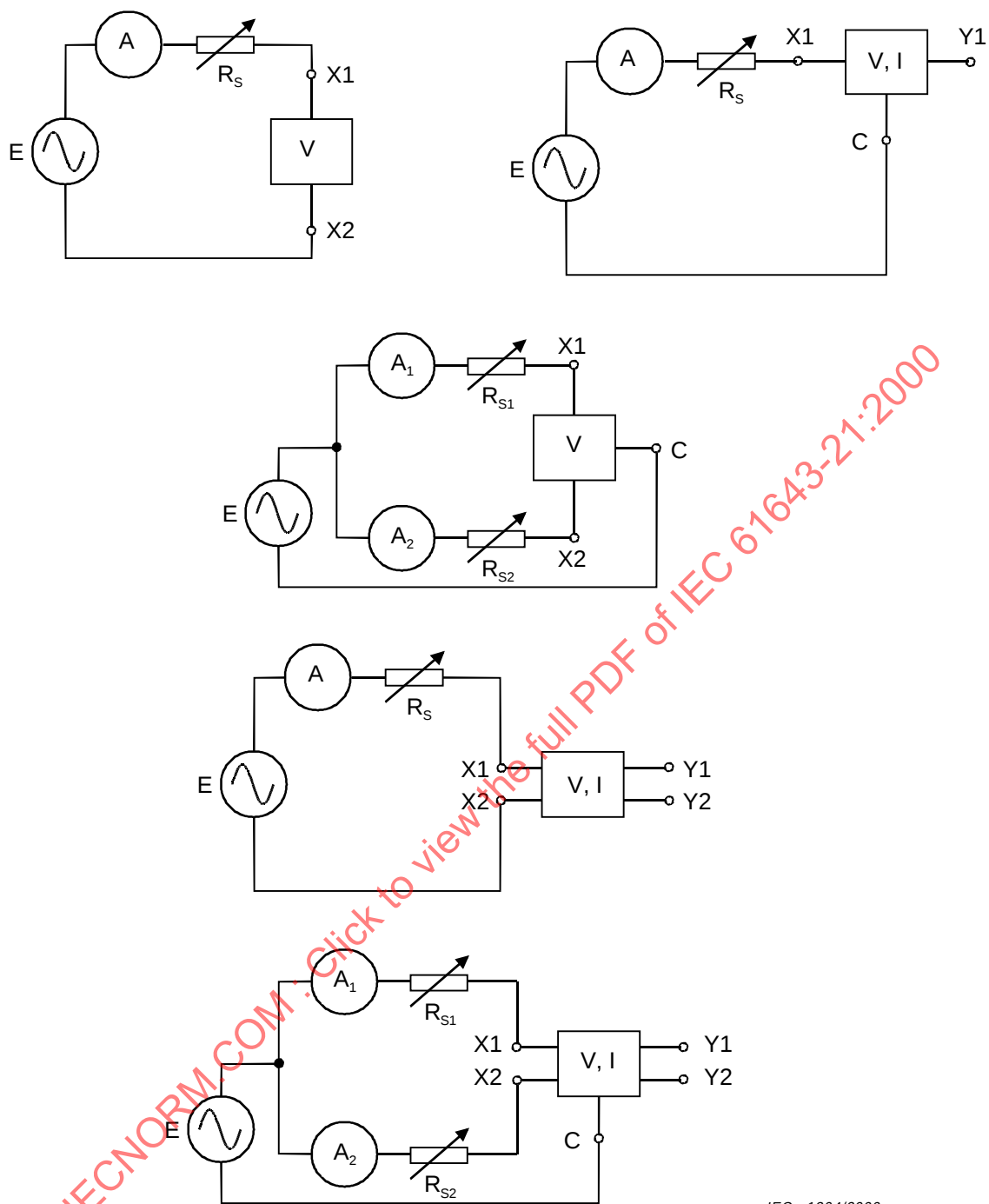


Légende

A, A_1, A_2 ampèremètres
 E source de tension alternative
 R_s, R_{s1}, R_{s2} résistances de source non inductives

V composant limiteur de tension
 V, I composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
 $X1, X2$ bornes de lignes
 $Y1, Y2$ bornes de lignes protégées
 C borne commune

Figure 3 – Circuits d'essais pour l'endurance en courant alternatif et le mode de défaut par surcharge



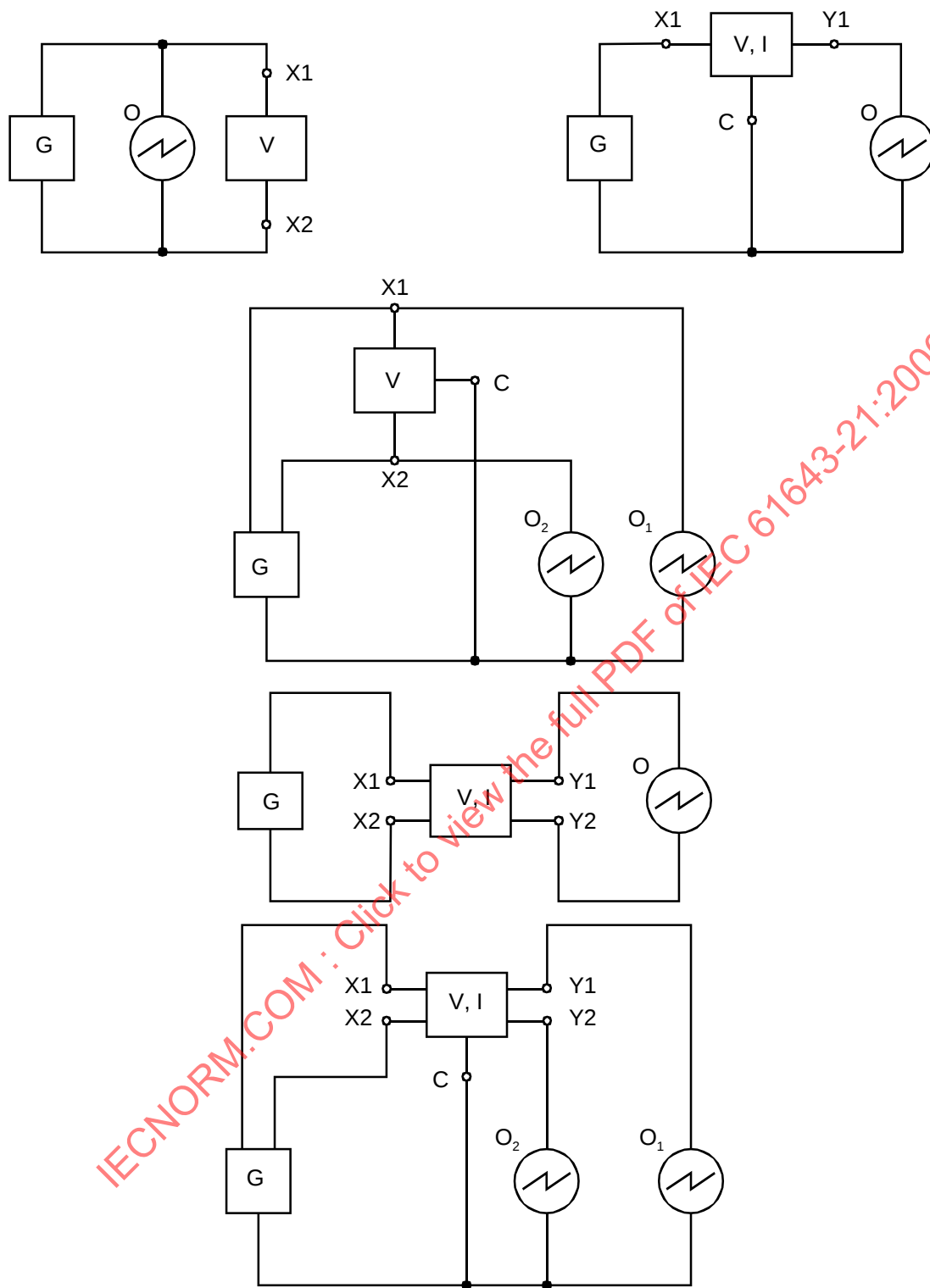
IEC 1304/2000

Key

A, A₁, A₂ ammeters
 E a.c. voltage source
 R_S, R_{S1}, R_{S2} non-inductive source resistors

V voltage-limiting component
 V, I voltage-limiting components or combination of
 voltage-limiting and current-limiting components
 X1, X2 line terminals
 Y1, Y2 protected line terminals
 C common terminal

Figure 3 – Test circuits for a.c. durability and overstressed fault mode



IEC 1305/2000

Légende

O, O₁, O₂ oscilloscopes, utilisés pour enregistrer U_p durant les essais d'endurance aux impulsions
G générateur d'impulsion

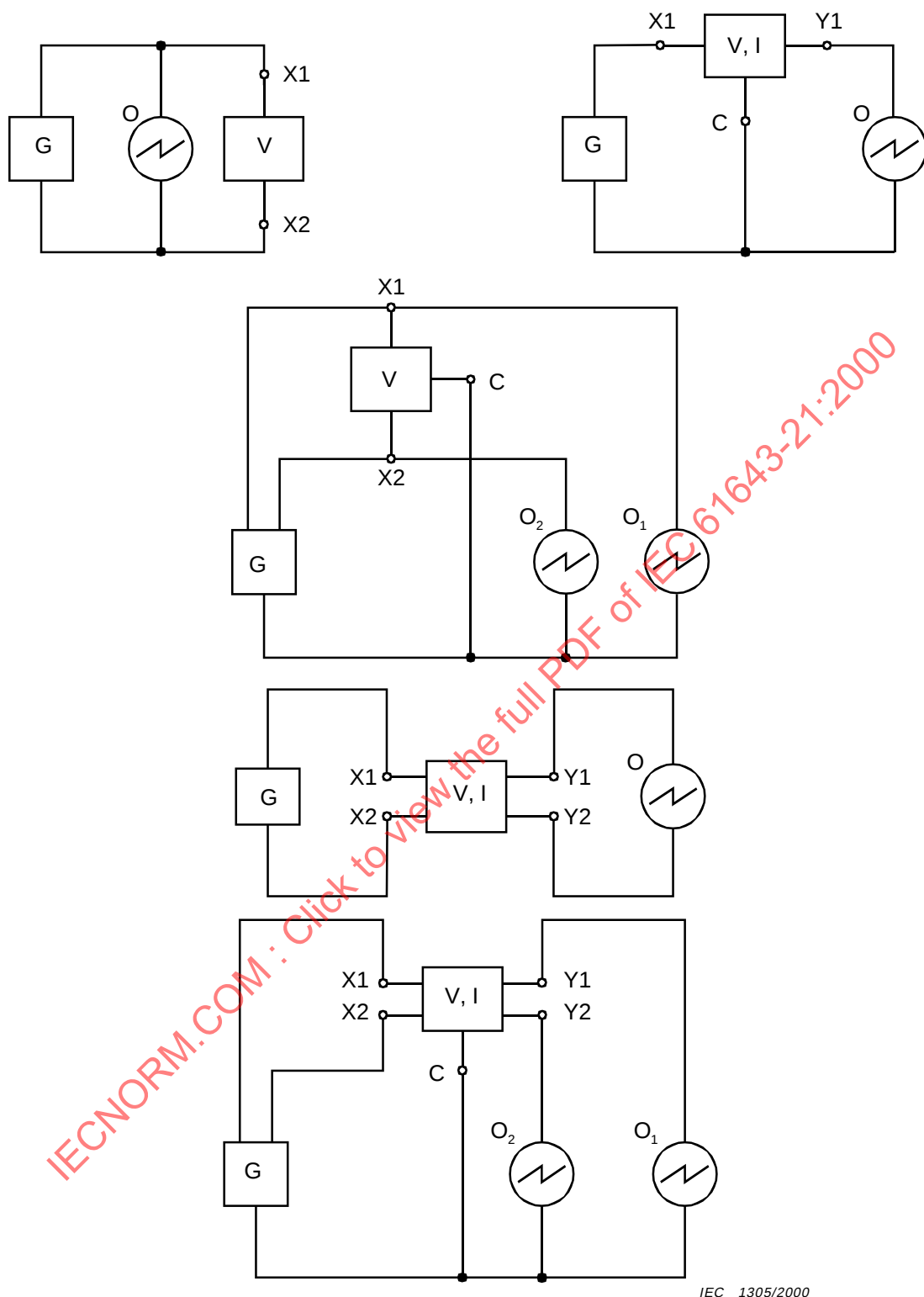
V composant limiteur de tension
V, I composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant

X1, X2 bornes de lignes

Y1, Y2 bornes de lignes protégées

C borne commune

Figure 4 – Circuit d'essai pour l'endurance aux impulsions et le mode de défaut par surcharge



IEC 1305/2000

Key

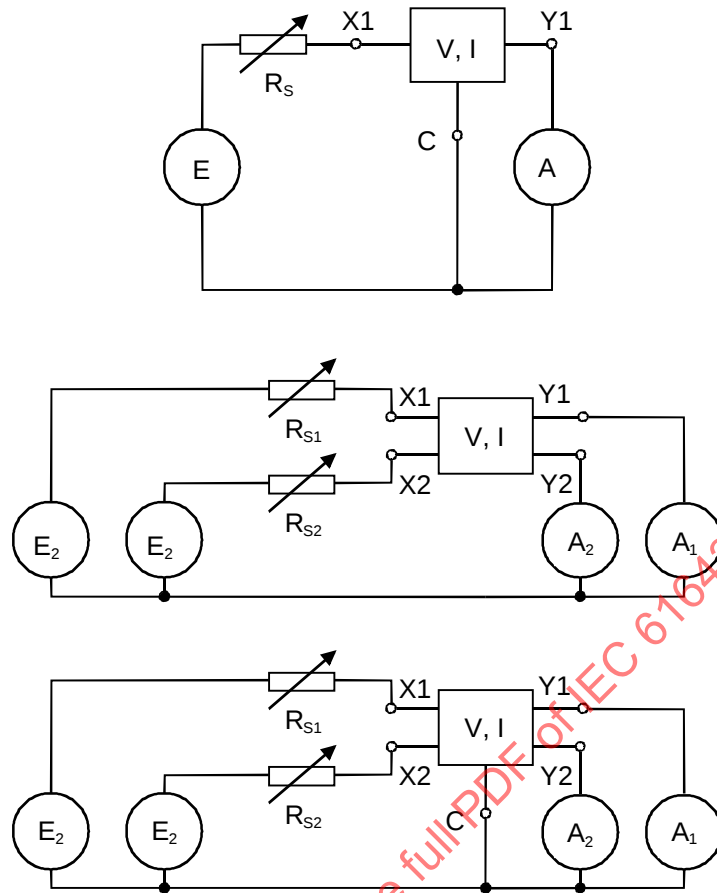
O, O₁, O₂ oscilloscopes, used to monitor U_p
 during impulse durability testing

G impulse generator

V voltage-limiting component
 V, I voltage-limiting components or combination of
 voltage-limiting and current-limiting components

X1, X2 line terminals
 Y1, Y2 protected line terminals
 C common terminal

Figure 4 – Test circuits for impulse durability and overstressed fault mode

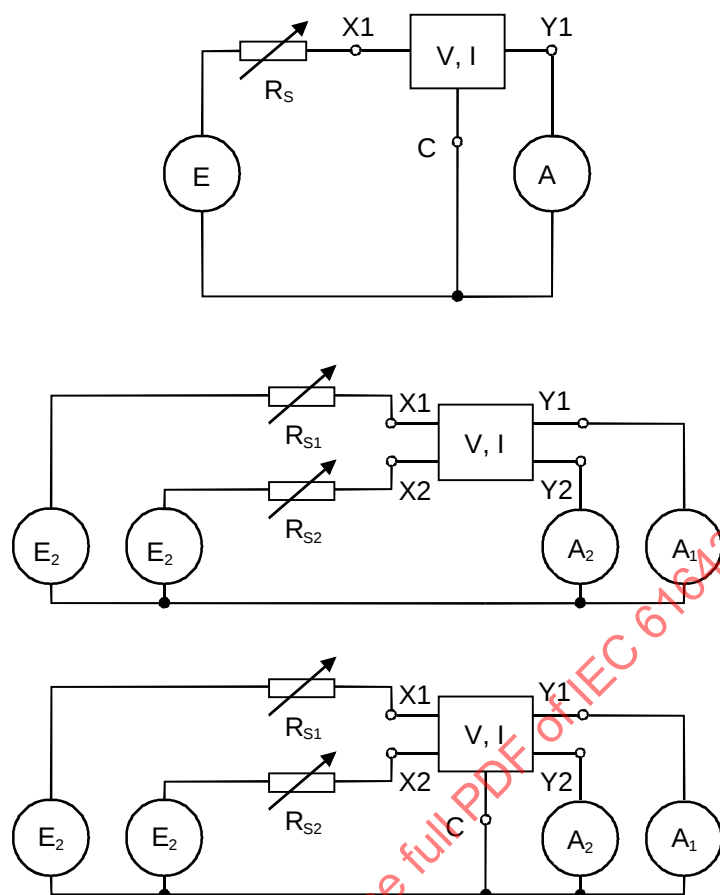


IEC 1306/2000

Légende

A, A ₁ , A ₂	ampèremètres	V	composant limiteur de tension
E, E ₁ , E ₂	sources de tension continue ou alternative	V, I	composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
R _s , R _{s1} , R _{s2}	résistances de source non inductives	X1, X2	bornes de lignes
		Y1, Y2	bornes de lignes protégées
		C	borne commune

Figure 5 – Circuit d'essai pour le courant assigné, résistance série, temps de réponse, temps de réamorçage en courant, tension de coupure maximale et essai de fonctionnement

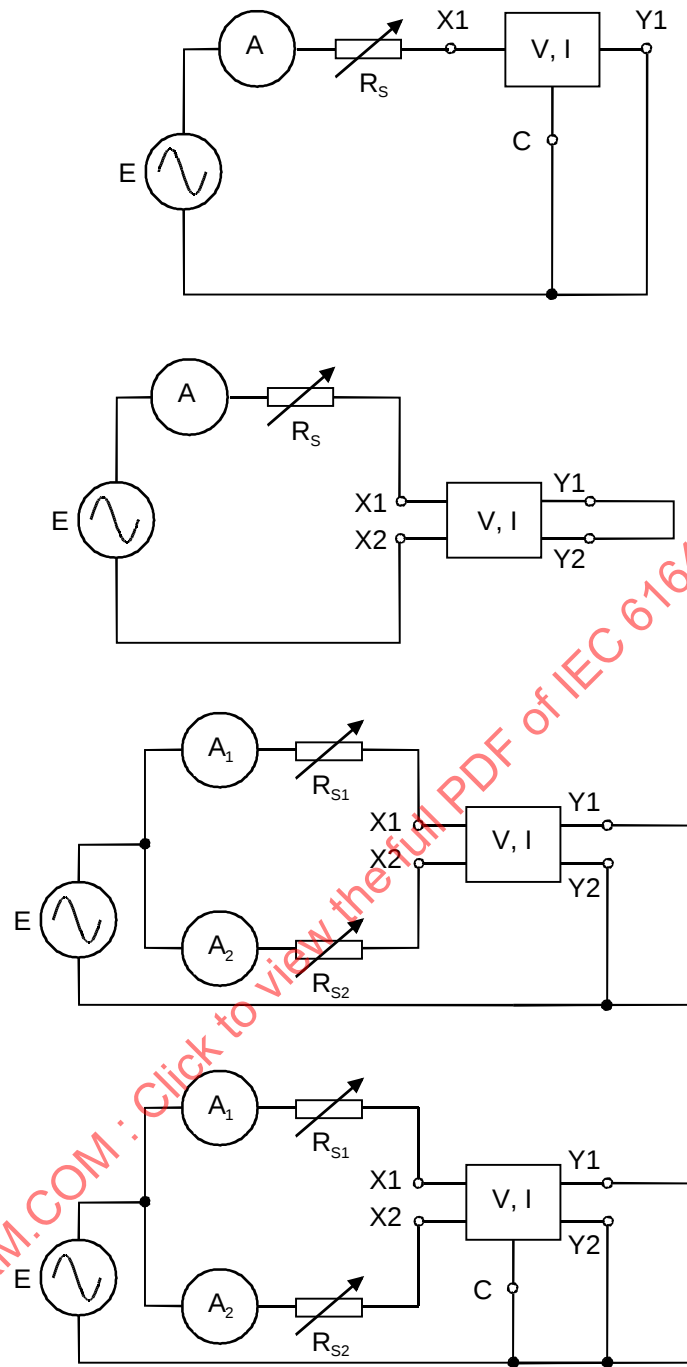


IEC 1306/2000

Key

A, A_1, A_2	ammeters	V	voltage-limiting component
E, E_1, E_2	d.c. or a.c. voltage sources	V, I	voltage-limiting components or combination of voltage-limiting and current-limiting components
R_s, R_{s1}, R_{s2}	non-inductive source resistors	$X1, X2$	line terminals
		$Y1, Y2$	protected line terminals
		C	common terminal

Figure 5 – Test circuits for rated current, series resistance, response time, current reset time, maximum interrupting voltage and operating duty test

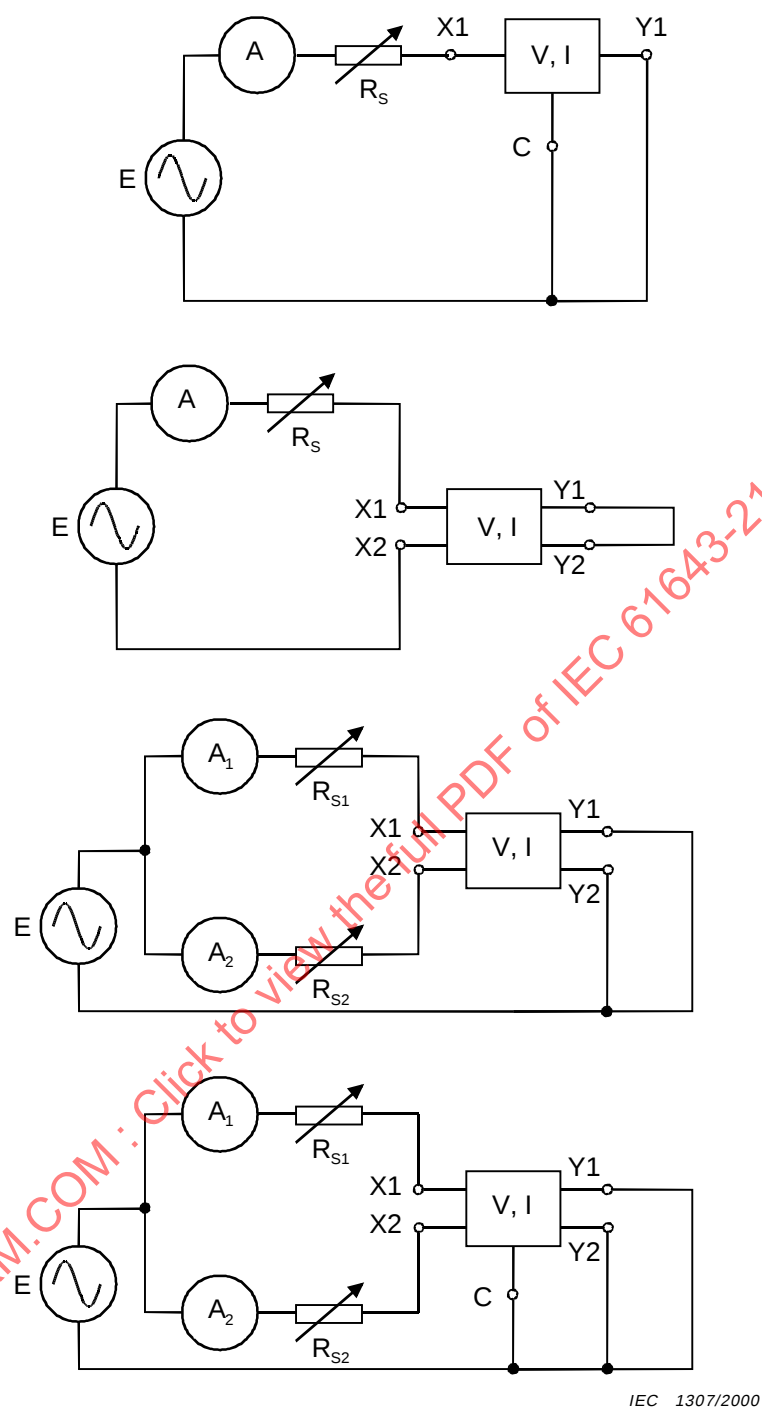


IEC 1307/2000

Légende

A, A ₁ , A ₂	ampèremètres	V	composant limiteur de tension
E	source de tension alternative	V, I	composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
R _S , R _{S1} , R _{S2}	résistances de source non inductives	X1, X2	bornes de lignes
		Y1, Y2	bornes de lignes protégées
		C	borne commune

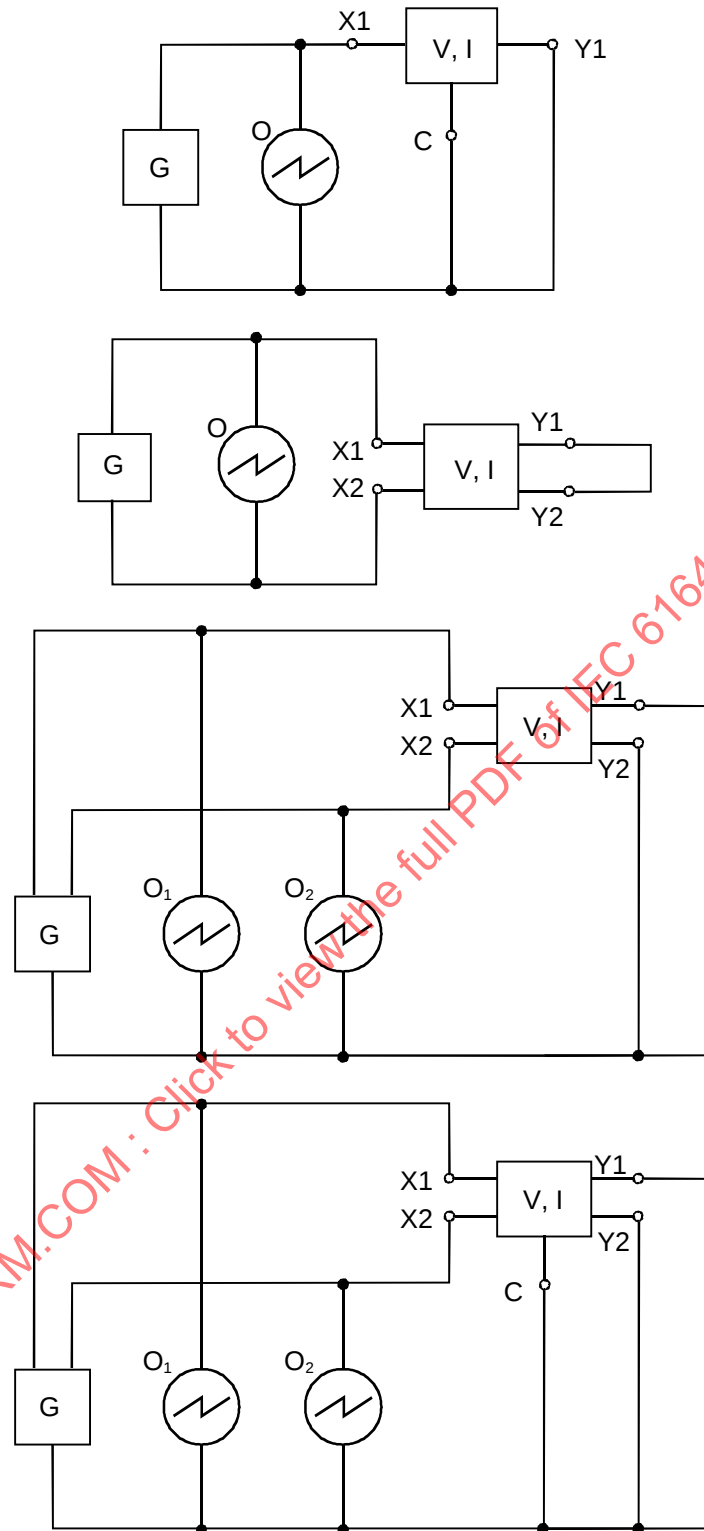
Figure 6 – Circuits d'essai pour l'endurance en courant alternatif

**Key**

A, A₁, A₂ ammeters
 E a.c. voltage source
 R_S, R_{S1}, R_{S2} non-inductive source resistors

V voltage-limiting component
 V, I voltage-limiting components or combination of
 voltage-limiting and current-limiting components
 X1, X2 line terminals
 Y1, Y2 protected line terminals
 C common terminal

Figure 6 – Test circuits for a.c. durability



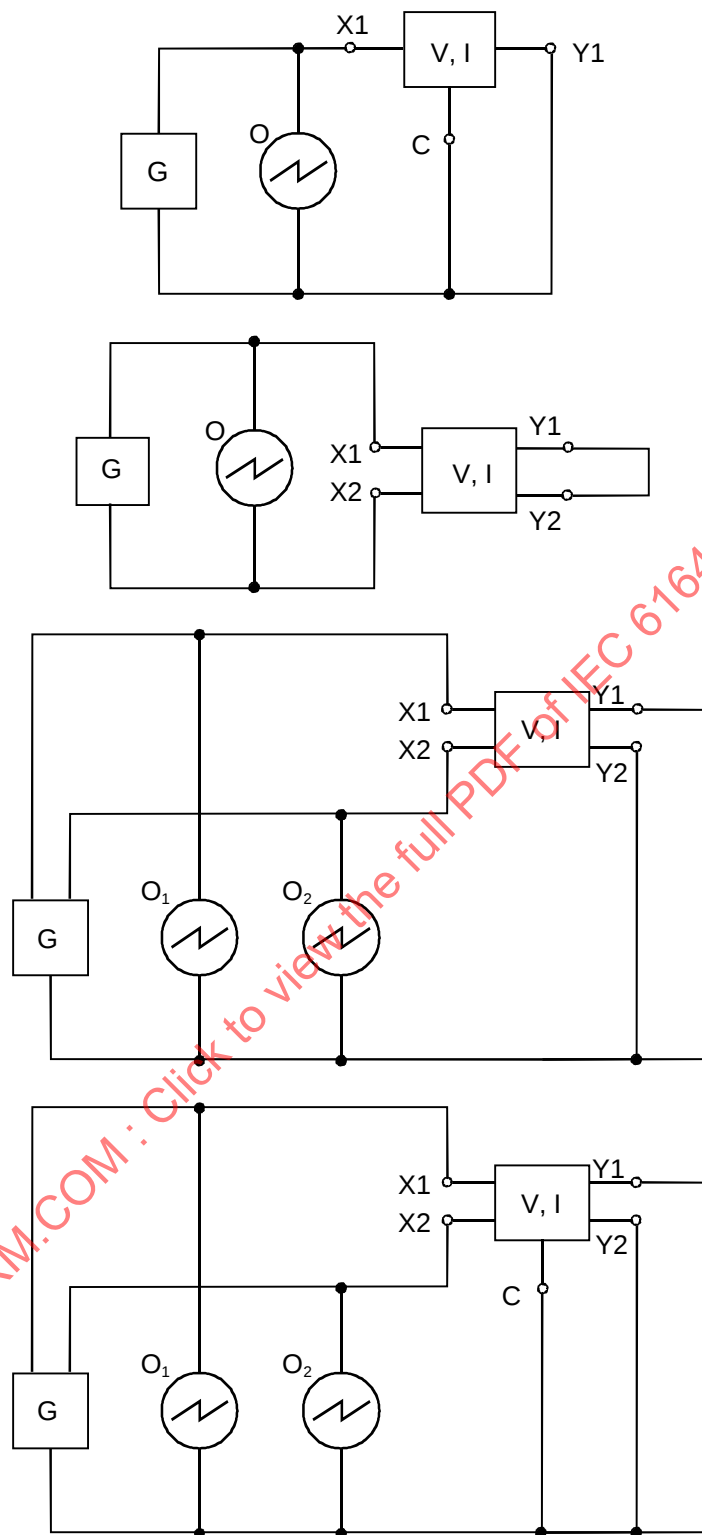
IEC 1308/2000

Légende

O, O₁, O₂ oscilloscopes
G générateur d'impulsion

V composant limiteur de tension
V, I composants limiteurs de tension ou combinaison de composants limiteurs de tension et limiteurs de courant
X1, X2 bornes de lignes
Y1, Y2 bornes de lignes protégées
C borne commune

Figure 7 – Circuit d'essai pour l'endurance en impulsionnel



IEC 1308/2000

Key

O, O₁, O₂ oscilloscopes
 G impulse generator

V voltage-limiting component
 V, I voltage-limiting components or combination of
 voltage-limiting and current-limiting components
 X1, X2 line terminals
 Y1, Y2 protected line terminals
 C common terminal

Figure 7 – Test circuits for impulse durability