

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Explosive atmospheres –
Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”**

**Atmosphères explosives –
Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»**

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2006 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60079-11

Edition 5.0 2006-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Explosive atmospheres –
Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

Atmosphères explosives –
Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XE

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60079-11
Edition 5.0 2006-07

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

INTERPRETATION SHEET 1

This interpretation sheet has been prepared by subcommittee 31G: Intrinsically-safe apparatus, of IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

DISH	Report on voting
31G/310/DISH	31G/313/RVDISH

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

Background

IEC 60079-11:2006 subclause 10.5.3 b) states the following:

The maximum surface temperature shall be determined as follows:

All current-limiting devices external to the cell or battery shall be short-circuited for the test. Any external sheath (of paper or metal, etc.) not forming part of the actual cell enclosure shall be removed for the test. The temperature shall be determined on the outer enclosure of each cell or battery and the maximum figure taken. The test shall be carried out both with internal current-limiting devices in circuit and with the devices short-circuited using 10 cells in each case. The 10 samples having the internal current-limiting devices short-circuited shall be obtained from the cell/battery manufacturer together with any special instructions or precautions necessary for safe use and testing of the samples.

The intent of the cited paragraphs is to simulate an internal short inside a cell, by shorting the cell's external terminals for the purpose of thermal assessment.

It was found that two details have been misinterpreted in this subclause:

- The subjects of this subclause are cells or batteries, while the intent is clearly to simulate internal shorts inside cells and not inside batteries in which case the shorts could be interpreted as being external to the cell(s) within a battery.

- b) It is unclear what constitutes a current limiting device that protects against internal shorts.

A separator with shutdown function may be interpreted as a current limiting device that protects against internal shorts by its function, but since it is a constructional part of the cell that is not removable without invalidating the functionality of the basic cell, it is not a current limiting device for the purposes of implementing the standard. Conversely, a CID (Current interruption device), for example, is a switch that is triggered by increased pressure inside the cell, and the cell's functionality is not invalidated by the absence of the CID.

The reference to internal current limiting devices that protect against internal shorts in edition 6 was included to address unknown future cell technologies which could include such current limiting devices, however at this time no such current limiting devices are known.

Question

For either Level of Protection “ia” or “ib”, what are the current limiting devices that are required to be disabled (or equivalent e.g. not fitted, short-circuited or removed) by IEC 60079-11:2006, Subclause 10.5.3 b), and what are the current limiting devices that need not be disabled?

Answer

All discrete protective devices that can be schematically represented as individual devices apart from the cell are to be disabled for the purposes of testing according to IEC 60079-11:2006, Subclause 10.5.3 b), regardless if they are located inside the cell or if they are external to the cell. This includes, but is not limited to resistors, fuses, resettable fuses (NTC, PTC, PPTC), CID (current interruption device), semiconductors, etc.

Features that provide essential cell functions, such as a separator with shutdown function or the ohmic resistance of the electrolyte, are not considered current limiting devices in the sense of this clause and need not be shorted or removed, and such cells can be considered for Level of Protection “ia”.

IECNORM.COM: Click to view the IEC 60079-11:2006

CONTENTS

FOREWORD	6
1 Scope	8
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus	16
5 Levels of protection and ignition compliance requirements of electrical apparatus	16
5.1 General	16
5.2 Level of protection "ia"	16
5.3 Level of protection "ib"	17
5.4 Level of protection "ic"	17
5.5 Spark ignition compliance	18
5.6 Thermal ignition compliance	18
5.7 Simple apparatus	22
6 Apparatus construction	22
6.1 Enclosures	23
6.2 Facilities for connection of external circuits	23
6.3 Separation distances	27
6.4 Protection against polarity reversal	38
6.5 Earth conductors, connections and terminals	38
6.6 Encapsulation	40
7 Components on which intrinsic safety depends	40
7.1 Rating of components	40
7.2 Connectors for internal connections, plug-in cards and components	41
7.3 Fuses	41
7.4 Primary and secondary cells and batteries	42
7.5 Semiconductors	46
7.6 Failure of components, connections and separations	47
7.7 Piezo-electric devices	48
7.8 Electrochemical cells for the detection of gases	48
8 Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections on which intrinsic safety depends	48
8.1 Mains transformers	48
8.2 Transformers other than mains transformers	50
8.3 Infallible windings	51
8.4 Current-limiting resistors	52
8.5 Blocking capacitors	52
8.6 Shunt safety assemblies	53
8.7 Wiring, printed circuit board tracks, and connections	54
8.8 Galvanically separating components	56

9	Diode safety barriers.....	57
9.1	General	57
9.2	Construction	57
10	Type verifications and type tests	57
10.1	Spark ignition test.....	57
10.2	Temperature tests	62
10.3	Dielectric strength tests	62
10.4	Determination of parameters of loosely specified components	63
10.5	Tests for cells and batteries	63
10.6	Mechanical tests.....	65
10.7	Tests for apparatus containing piezoelectric devices	65
10.8	Type tests for diode safety barriers and safety shunts	66
10.9	Cable pull test	67
10.10	Transformer tests	67
11	Routine verifications and tests	67
11.1	Routine tests for diode safety barriers.....	67
11.2	Routine tests for infallible transformers	68
12	Marking	68
12.1	General	68
12.2	Marking of connection facilities	69
12.3	Warning markings	69
12.4	Examples of marking	70
13	Documentation	71
	Annex A (normative) Assessment of intrinsically safe circuits.....	72
	Annex B (normative) Spark test apparatus for intrinsically safe circuits	94
	Annex C (informative) Measurement of creepage distances, clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation	103
	Annex D (informative) Encapsulation	106
	Annex E (informative) Transient energy test	110
	Annex F (normative) Alternative separation distances for assembled printed circuit boards and separation of components	113
	Bibliography.....	117
	Figure 1 – Separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals	25
	Figure 2 – Example of separation of conducting parts	30
	Figure 3 – Determination of creepage distances	34
	Figure 4 – Creepage distances and clearances on printed circuit boards.....	35
	Figure 5 – Examples of independent and non-independent connecting elements	39
	Figure 6 – Infallible solder connection of surface mount component in accordance with 8.7 c) 3).....	55
	Figure A.1 – Resistive circuits	75
	Figure A.2 – Group I capacitive circuits	76
	Figure A.3 – Group II capacitive circuits	77
	Figure A.4 – Inductive circuits of Group II	78

Figure A.5 – Group I inductive circuits	79
Figure A.6 – Group IIC inductive circuits.....	80
Figure A.7 – Simple inductive circuit.....	81
Figure A.8 – Simple capacitive circuit.....	81
Figure A.9 – Equivalent capacitance.....	93
Figure B.1 – Spark test apparatus for intrinsically safe circuits.....	97
Figure B.2 – Cadmium contact disc	98
Figure B.3 – Wire holder	98
Figure B.4 – Example of a practical design of spark test apparatus.....	99
Figure B.5 – Example of an explosion pressure switch.....	100
Figure B.6 – Example of automatic stopping by means of an explosion pressure switch	101
Figure B.7 – Arrangement for fusing tungsten wires.....	102
Figure B.8 – Circuit diagram for fusing tungsten wires	102
Figure C.1 – Measurement of clearance	103
Figure C.2 – Measurement of composite distances	103
Figure C.3 – Measurement of creepage	104
Figure C.4 – Measurement of composite creepage	105
Figure D.1 – Examples of encapsulated assemblies conforming to 6.3.4 and 6.6	107
Figure D.2 – Applications of encapsulation without enclosure.....	108
Figure E1 – Example of test circuit	112
Figure E2 – Example of output waveform.....	112
Table 1 – Exclusion of specific clauses of IEC 60079-0	8
Table 2 – Assessment of temperature classification according to component size and ambient temperature.....	19
Table 3 – Temperature classification of copper wiring (in a maximum ambient temperature of 40 °C).....	20
Table 4 – Temperature classification of tracks on printed circuit boards (in a maximum ambient temperature of 40 °C)	21
Table 5 – Clearances, creepage distances and separations	29
Table 6 – Minimum foil thickness or minimum wire diameter of the screen in relation to the rated current of the fuse	49
Table 7 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,0 safety factor.....	59
Table 8 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,5 safety factor.....	59
Table 9 – Routine test voltages for infallible transformers	68
Table 10 – Text of warning markings	69
Table A.1 – Permitted short-circuit current corresponding to the voltage and the apparatus group	82
Table A.2 – Permitted capacitance corresponding to the voltage and the apparatus group	87
Table A.3 – Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance	93

Table F.1 – Clearances, creepage distances and separations for level of protection "ia" and "ib" when ingress protected, and special conditions of material and installation are fulfilled	115
Table F.2 – Clearances, creepage distances and separations for level of protection "ic" when ingress is protected by an enclosure or by special conditions of installation	116

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

FOREWORD

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

International Standard IEC 60079-11 has been prepared by subcommittee 31G: Intrinsically safe apparatus, of IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 1999 and constitutes a full technical revision.

The significant changes with respect to the previous edition are listed below:

- introduction of level of protection "ic" (this level of protection has been introduced to allow removal of the 'energy limitation' concept from 60079-15);
- introduction of Annex F that allows reduction in segregation distance requirements when the pollution degree has been reduced by installation or enclosure;
- introduction of alternative spark test apparatus construction when used with high current circuits;
- introduction of Annex E that provides a method for transient energy test;

- changes in the table of 'Temperature classification of tracks on PCB's' to allow correlation with IPC-2152;
- allowing alternative methods of rating resistors when used to limit the discharge from capacitance;
- introduction of methods to deal with the spark ignition energy consideration when high current low voltage cells and batteries are used;
- introduction of tests to measure the maximum pressure in sealed battery containers;
- introduction of methods to deal with fault application on voltage enhancement IC's;
- introduction of infallible connection methods for SMD's (surface mount devices);
- introduction of alternative methods to deal with the spark ignition energy in circuits with both inductance and capacitance;
- introduction of alternative high voltage test for transformers;
- introduction of methods to assess the reduction of effective capacitance when protected by series resistances;
- introduction of Group I data for permitted short circuit current and permitted capacitance in the tables of Annex A.

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

FDIS	Report on voting
31G/159/FDIS	31G/161/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 standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0, except as indicated in Table 1 (see Scope).

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

A list of all parts of the IEC 60079 series, under the general title: *Explosives atmospheres*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under <http://webstore.iec.ch> in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the interpretation sheet 1 of December 2019 have been included in this copy.

EXPLOSIVE ATMOSPHERES -

Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"

1 Scope

This part of IEC 60079 specifies the construction and testing of intrinsically safe apparatus intended for use in an explosive gas atmosphere and for associated apparatus, which is intended for connection to intrinsically safe circuits which enter such atmospheres.

This type of protection is applicable to electrical apparatus in which the electrical circuits themselves are incapable of causing an explosion in the surrounding explosive atmospheres.

This standard is also applicable to electrical apparatus or parts of electrical apparatus located outside the explosive gas atmosphere or protected by another type of protection listed in IEC 60079-0, where the intrinsic safety of the electrical circuits in the explosive gas atmosphere may depend upon the design and construction of such electrical apparatus or parts of such electrical apparatus. The electrical circuits exposed to the explosive gas atmosphere are evaluated for use in such an atmosphere by applying this standard.

The requirements for intrinsically safe systems are provided in IEC 60079-25. The requirements for intrinsically safe concepts for fieldbus are provided in IEC 60079-27.

This standard supplements and modifies the general requirements of IEC 60079-0, except as indicated in Table 1. Where a requirement of this standard conflicts with a requirement of IEC 60079-0, the requirements of this standard shall take precedence.

If associated apparatus is placed in the explosive gas atmosphere, it must be protected by an appropriate type of protection listed in IEC 60079-0, and then the requirements of that method of protection together with the relevant parts of IEC 60079-0 also apply to the associated apparatus.

Table 1 – Exclusion of specific clauses of IEC 60079-0

Clause or subclause of IEC 60079-0		Intrinsically safe apparatus	Associated apparatus
4.2.2	Group II – Surface temperature marking	Applies	Excluded
5.3	Maximum surface temperature	Applies	Excluded
5.4	Surface temperature and ignition temperature	Applies	Excluded
5.5	Small components	Applies	Excluded
6.3	Opening times	Excluded	Excluded
7.1.1	Applicability	Applies	Excluded
7.1.2	Specification of materials	Applies	Excluded
7.1.3*	Plastic materials	Excluded	Excluded
7.2*	Thermal endurance	Excluded	Excluded
7.3	Electrostatic charges on external non-metallic materials of enclosures	Applies	Excluded
7.3.2	Avoidance of a build-up electrostatic charge	Applies	Excluded
7.4	Threaded holes	Excluded	Excluded

Table 1 (continued)

Clause or subclause of IEC 60079-0		Intrinsically safe apparatus	Associated apparatus
8.1	Material composition	Applies	Excluded
8.2	Threaded holes	Excluded	Excluded
9	Fasteners	Excluded	Excluded
10	Interlocking devices	Excluded	Excluded
11	Bushings	Excluded	Excluded
12	Materials used for cementing	Excluded	Excluded
14	Connection facilities and terminal compartments	Excluded	Excluded
15	Connection facilities for earthing or bonding conductors	Excluded	Excluded
16.5	Conductor temperature	Excluded	Excluded
17	Supplementary requirements for rotating electrical machines	Excluded	Excluded
18	Supplementary requirements for switchgear	Excluded	Excluded
19	Supplementary requirements for fuses	Excluded	Excluded
20	Supplementary requirements for plugs and sockets	Excluded	Excluded
21	Supplementary requirements for luminaires	Excluded	Excluded
22	Supplementary requirements for caplights and handlights	Excluded	Excluded
23.1	Batteries	Applies	Excluded
26.4	Tests of enclosures	Applies	Excluded
26.5.1	Temperature measurement	Applies	Excluded
26.5.2	Thermal shock test	Excluded	Excluded
26.5.3	Small component ignition test	Applies	Excluded
26.6	Torque test for bushings	Excluded	Excluded
26.7*	Non-metallic enclosures or non-metallic parts of enclosures	Excluded	Excluded
26.8*	Thermal endurance to heat	Excluded	Excluded
26.9*	Thermal endurance to cold	Excluded	Excluded
26.10*	Resistance to light	Excluded	Excluded
26.11*	Resistance to chemical agents for Group I electrical apparatus	Excluded	Excluded
26.12	Earth continuity	Excluded	Excluded
26.13	Surface resistance test of parts of enclosures or non-metallic materials	Applies	Excluded
26.14	Charging tests	Applies	Excluded
26.15	Measurement of capacitance	Applies	Excluded
Annex A	Ex cable glands	Excluded	Excluded

* indicates that these requirements apply for 6.1.2a) only.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60079. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60079-0:2004, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-7, *Explosive atmospheres – Part 7: Equipment protection by increased safety "e"*

IEC 60079-25, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 25: Intrinsically safe systems*

IEC 60079-27, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 27: Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO) and Fieldbus non-incendive concept (FNICO)*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal classification*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

IEC 60317-3, *Specifications for particular types of winding wires – Part 3: Polyester enamelled round copper wire, class 155*

IEC 60317-7, *Specifications for particular types of winding wires – Part 7: Polyimide enamelled round copper wire, class 220*

IEC 60317-8, *Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled round copper winding wire, class 180*

IEC 60317-13, *Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2002, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*¹⁾

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2002)

¹⁾ A consolidated edition 1.2 exists, that comprises IEC 60664-1 and its amendments 1 and 2.

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

ANSI/UL 248-1, *Low-Voltage Fuses – Part 1: General Requirements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions in IEC 60079-0, as well as the following apply.

3.1 General

3.1.1

intrinsic safety “i”

type of protection based on the restriction of electrical energy within apparatus and of interconnecting wiring exposed to the potentially explosive atmosphere to a level below that which can cause ignition by either sparking or heating effects

3.1.2

associated apparatus

electrical apparatus which contains both energy-limited and non-energy-limited circuits and is constructed so that the non energy-limited circuits cannot adversely affect the energy-limited circuits

NOTE 1 Associated apparatus may be either:

- a) electrical apparatus which has an alternative type of protection included in this standard for use in the appropriate explosive gas atmosphere,
- b) electrical apparatus not so protected and which therefore is not to be used within an explosive gas atmosphere, for example, a recorder which is not of itself in an explosive gas atmosphere but is connected to a thermocouple situated within an explosive gas atmosphere where only the recorder input circuit is energy limited.

[Definition 3.2 of IEC 60079-0]

NOTE 2 For the purposes of this standard associated apparatus is also electrical apparatus which contains both intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits and is constructed so that the non-intrinsically safe circuits cannot adversely affect the intrinsically safe circuits and includes

- a) electrical apparatus which has another type of protection listed in IEC 60079-0 for use in the appropriate explosive gas atmosphere, or
- b) electrical apparatus not so protected and which, therefore, shall not be used within an explosive gas atmosphere, for example a recorder which is not of itself in an explosive gas atmosphere, but is connected to a thermocouple situated within an explosive atmosphere where only the recorder input circuit is intrinsically safe, or
- c) chargers or interfaces not used in the hazardous area, but which are connected to hazardous area equipment in the safe area for charging, data downloading, etc.

[IEV 426-11-03, modified]

3.1.3

intrinsically safe apparatus

electrical apparatus in which all the circuits are intrinsically safe circuits

3.1.4

intrinsically safe circuit

circuit in which any spark or any thermal effect produced in the conditions specified in this standard, which include normal operation and specified fault conditions, is not capable of causing ignition of a given explosive gas atmosphere

3.1.5**simple apparatus**

electrical component or combination of components of simple construction with well-defined electrical parameters which is compatible with the intrinsic safety of the circuit in which it is used

3.2**coating**

insulating material such as varnish or dry film laid on the surface of the assembly

NOTE Coating and base material of a printed board form an insulating system that may have properties similar to solid insulation.

[Definition 3.5 of IEC 60664-3]

3.3**conformal coating**

electrical insulating material applied as a coating to loaded printed wire boards to produce a thin layer conforming to the surface in order to provide a protective barrier against deleterious effects from environmental conditions

[Definition 2.1 of IEC 61086-1]

3.4**control drawing**

drawing or other document that is prepared by the manufacturer for the intrinsically safe or associated apparatus, detailing the electrical parameters to allow for interconnections to other circuits or apparatus

3.5**diode safety barrier**

assemblies incorporating shunt diodes or diode chains (including Zener diodes) protected by fuses or resistors or a combination of these, manufactured as an individual apparatus rather than as part of a larger apparatus

3.6**entity concept**

method used to determine acceptable combinations of intrinsically safe apparatus and associated apparatus through the use of intrinsically safe parameters assigned to connection facilities

3.7**faults****3.7.1****countable fault**

fault which occurs in parts of electrical apparatus conforming to the constructional requirements of IEC 60079-11 (this standard)

3.7.2**fault**

any defect of any component, separation, insulation or connection between components, not defined as infallible by IEC 60079-11, upon which the intrinsic safety of a circuit depends

3.7.3**non-countable fault**

fault which occurs in parts of electrical apparatus not conforming to the constructional requirements of IEC 60079-11

3.8**normal operation**

operation of apparatus conforming electrically and mechanically with its design specification and used within the limits specified by the manufacturer

NOTE 1 The limits specified by the manufacturer may include persistent operational conditions, e.g. operation of a motor on a duty cycle

NOTE 2 Variation of the supply voltage within stated limits and any other operational tolerance is part of normal operation

[Definition 3.19 of IEC 60079-0]

NOTE 3 This includes opening, shorting and earthing of the external interconnecting cable.

3.9**free space**

intentionally created space surrounding components or space inside components

3.10**fuse rating**

I_n

current rating of a fuse as specified in IEC 60127, ANSI/UL 248-1 or in the manufacturer's specification

3.11**infallibility****3.11.1****infallible component or infallible assembly of components**

component or assembly of components that is considered as not subject to certain fault modes as specified in IEC 60079-11

The probability of such fault modes occurring in service or storage is considered to be so low that they are not to be taken into account.

3.11.2**infallible connection**

connections, including joints and interconnecting wiring and printed circuit board tracks, that are not considered according to IEC 60079-11 as becoming open-circuited in service or storage

The probability of such fault modes occurring in service or storage is considered to be so low that they are not to be taken into account.

3.11.3**infallible separation or insulation**

separation or insulation between electrically conductive parts that is considered as not subject to short circuits as specified in IEC 60079-11

The probability of such fault modes occurring in service or storage is considered to be so low that they are not to be taken into account.

3.12**internal wiring**

wiring and electrical connections that are made within the apparatus by its manufacturer

3.13**live maintenance**

maintenance activities carried out while the associated apparatus, intrinsically safe apparatus and circuits are energized

3.14**maximum external inductance to resistance ratio** L_o/R_o

maximum value of ratio of inductance to resistance which may be connected to the external connection facilities of the electrical apparatus without invalidating intrinsic safety

3.15**maximum internal inductance to resistance ratio** L_i/R_i

maximum value of ratio of inductance to resistance which is considered as appearing at the external connection facilities of the electrical apparatus

3.16**maximum r.m.s. a.c. or d.c. voltage** U_m

maximum voltage that can be applied to the non energy-limited connection facilities of associated apparatus without invalidating the type of protection

[Definition 3.12.11 of IEC 60079-0]

NOTE 1 This additionally applies to the maximum voltage that can be applied to non-intrinsically safe connection facilities of intrinsically safe apparatus (for example, charging connections on battery operated apparatus, where charging is only done in the non-hazardous area).

NOTE 2 The value of U_m may be different at different sets of connection facilities, and may be different for a.c. and d.c. voltages.

3.17**overvoltage category**

numeral defining a transient overvoltage condition

[Definition 1.3.10 of IEC 60664-1]

NOTE Overvoltage categories I, II, III and IV are used, see 2.2.2.1 of IEC 60664-1.

3.18**pollution degree**

numeral characterizing the expected pollution of the micro-environment

[Definition 1.3.13 of IEC 60664-1]

NOTE Pollution degrees 1, 2, 3 and 4 are used.

3.19**protective extra-low voltage (PELV)**

extra-low voltage system which is not electrically separated from earth but which otherwise satisfies the requirements for SELV

NOTE A 50 V centre-tapped earth system is a PELV system.

3.20**rated insulation voltage**

r.m.s. withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation

[Definition 1.3.9.1 of IEC 60664-1]

NOTE The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated voltage of equipment which is primarily related to functional performance.

3.21**recurring peak voltage**

maximum peak value of periodic excursions of the voltage waveform resulting from distortions of an a.c. voltage or from a.c. components superimposed on a d.c. voltage

NOTE Random overvoltages, for example due to occasional switching, are not considered as recurring peak voltages.

3.22**safety extra-low voltage (SELV)**

extra-low voltage system (i.e. normally not exceeding 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c.) electrically separated from earth and from other systems in such a way that a single fault cannot give rise to an electric shock

NOTE A 50 V earth free system is a SELV system.

3.23**spacings****3.23.1****clearance**

shortest distance in air between two conductive parts

NOTE This distance applies only to parts that are exposed to the atmosphere and not to parts which are insulated parts or covered with casting compound.

3.23.2**distance through casting compound**

shortest distance through a casting compound between two conductive parts

3.23.3**distance through solid insulation**

shortest distance through solid insulation between two conductive parts

3.23.4**creepage distance**

shortest distance along the surface of an insulating medium in contact with air between two conductive parts

3.23.5**distance under coating**

shortest distance between conductive parts along the surface of an insulating medium covered with insulating coating

3.24**void**

unintentional space created as a consequence of the encapsulation process

4 Grouping and classification of intrinsically safe apparatus and associated apparatus

Intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be grouped and classified in accordance with Clauses 4 and 5 of IEC 60079-0.

5 Levels of protection and ignition compliance requirements of electrical apparatus

5.1 General

Intrinsically safe apparatus and intrinsically safe parts of associated apparatus shall be placed in levels of protection "ia", "ib" or "ic".

The requirements of this standard shall apply to all levels of protection unless otherwise stated. In the determination of level of protection "ia", "ib" or "ic", failure of components and connections shall be considered in accordance with 7.6. Failure of separations between conductive parts shall be considered in accordance with 6.3. The determination shall include opening, shorting and earthing of the external interconnecting cable.

The maximum intrinsically safe entity parameters for the intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be determined taking into account the requirements for spark ignition compliance of 5.5 and thermal ignition compliance of 5.6.

For circuits of associated apparatus which are connected to safety extra low-voltage circuits (SELV) or protective extra low-voltage circuits (PELV) circuits, U_m shall only be applied as a 'common mode' voltage, with the nominal operating voltage applied for the differential mode signal between the circuit conductors. (Typical examples are RS-232, RS-485 or 4-20 mA circuits). Apparatus relying on SELV or PELV circuits shall be marked with an "X" as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

Where live maintenance procedures are specified by the manufacturer in the documentation provided, the effects of this live maintenance shall not invalidate intrinsic safety and this shall be considered during the testing and assessment.

NOTE 1 Apparatus may be specified with more than one level of protection, and may have different parameters for each level of protection.

NOTE 2 Guidance on the assessment of intrinsically safe circuits for spark ignition circuits is contained in Annex A. Details of the spark test apparatus are given in Annex B.

NOTE 3 For the application of U_m , U_i in the following clauses, any voltage up to the maximum voltage may be applied for the assessment.

NOTE 4 The value of U_m may be different at different sets of connection facilities, and may be different for a.c. and d.c. voltages.

5.2 Level of protection "ia"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "ia" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- in normal operation and with the application of those non-countable faults which give the most onerous condition;

- b) in normal operation and with the application of one countable fault plus those non-countable faults which give the most onerous condition;
- c) in normal operation and with the application of two countable faults plus those non-countable faults which give the most onerous condition.

The non-countable faults applied may differ in each of the above circumstances.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, the following safety factors shall be applied in accordance with 10.1.4.2:

- for both a) and b) 1,5
- for c) 1,0

The safety factor applied to voltage or current for determination of surface temperature classification shall be 1,0 in all cases.

If only one countable fault can occur, the requirements of b) are considered to give a level of protection of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied. If no countable faults can occur the requirements of a) are considered to give a level of protection of "ia" if the test requirements for "ia" can then be satisfied.

5.3 Level of protection "ib"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "ib" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and with the application of those non-countable faults which give the most onerous condition;
- b) in normal operation and with the application of one countable fault plus the application of those non-countable faults which give the most onerous condition.

The non-countable faults applied may differ in each of the above circumstances.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, a safety factor of 1,5 shall be applied in accordance with 10.1.4.2. The safety factor applied to the voltage or current for the determination of surface temperature classification shall be 1,0 in all cases.

If no countable fault can occur the requirements of a) are considered to give a level of protection of "ib" if the test requirements for "ib" can be satisfied.

5.4 Level of protection "ic"

With U_m and U_i applied, the intrinsically safe circuits in electrical apparatus of level of protection "ic" shall not be capable of causing ignition in normal operation. Where distances are critical for safety, they shall meet the requirements of Table 5 or Table F.2.

In testing or assessing the circuits for spark ignition, a safety factor of 1,0 shall be applied in accordance with 10.1.4.2. The safety factor applied to the voltage or current for the determination of surface temperature classification shall be 1,0 in all cases.

NOTE The concept of faults does not apply to this level of protection. Infallible components and assemblies, as in Clause 8, are not applicable. For level of protection "ic", the term 'infallible' should be read as 'meeting the requirements of 7.1'.

5.5 Spark ignition compliance

The circuit shall be assessed and/or tested for the successful limitation of the spark energy that may be capable of causing ignition of the explosive atmosphere, at each point where an interruption or interconnection may occur, in accordance with 10.1.

5.6 Thermal ignition compliance

5.6.1 General

All surfaces of components, enclosures and the wiring which may come in contact with explosive gas atmospheres shall be assessed and/or tested for the maximum temperature. The requirements for the maximum temperature allowable after the application of faults, as provided in 5.2, 5.3 and 5.4, are given in Clause 5 of IEC 60079-0.

Tests, if required, are specified in 10.2.

NOTE 1 The requirements of this clause are not applicable to associated apparatus protected by another type of protection listed in IEC 60079-0 or located outside the hazardous area.

NOTE 2 Care should be taken in the selection of materials to be used adjacent to components that could exhibit excessive temperatures such as cells, batteries, or components that could dissipate power greater than 1,3 W, under the fault conditions defined in Clause 5, to prevent the secondary ignition of the explosive gas atmosphere by for example, heating or burning of the printed circuit boards, coatings or component packaging.

5.6.2 Temperature for small components

Small components, for example transistors or resistors, whose temperature exceeds that permitted for the temperature classification, shall be acceptable providing that, when tested in accordance with 26.5.3 of IEC 60079-0, small components do not cause ignitions.

For Group I, the test mixture shall be $(6,5 \pm 0,3)$ % methane in air.

Alternatively, where no catalytic or other chemical reactions can result, one of the following is acceptable:

- a) for Group II T4 and Group I temperature classification components shall conform to Table 2a), including the relevant reduction of permitted maximum dissipation with increased ambient temperature listed in Table 2b);
- b) for Group II T5 classification the surface temperature of a component with a surface area smaller than 10 cm^2 shall not exceed 150°C .

In addition the permitted higher temperature shall not invalidate the type of protection, for example, by causing the component or adjacent parts of the apparatus to exceed any safety related rating, or to deteriorate or be distorted so as to invalidate critical creepage and clearance distances.

Table 2 – Assessment of temperature classification according to component size and ambient temperature

Table 2a) – Requirements for T4 and Group I

Total surface area excluding lead wires	Group II T4		Group I
			Dust excluded
Maximum surface temperature °C			
<20 mm ²	275		950
≥ 20 mm ² ≤ 10 cm ²	200		450
>10 cm ²	135		450

Table 2b) – Variation in maximum power dissipation with ambient temperature for components not less than 20 mm²

Maximum ambient temperature °C	Apparatus group	40	50	60	70	80
Maximum power dissipation W	Group II	1,3	1,25	1,2	1,1	1,0
	Group I	3,3	3,22	3,15	3,07	3,0

5.6.3 Wiring within apparatus

The maximum permissible current corresponding to the maximum wire temperature due to self-heating shall either be taken from Table 3 for copper wires, or can be calculated from the following equation for metals in general.

$$I = I_f \left[\frac{t(1+aT)}{T(1+at)} \right]^{1/2}$$

where

- a is the temperature coefficient of resistance of the wire material ($0,004\ 284\ K^{-1}$ for copper, $0,004\ 201\ K^{-1}$ for gold);
- I is the maximum permissible current r.m.s., in amperes;
- I_f is the current at which the wire melts at the specified ambient temperature, in amperes;
- T is the melting temperature of the wire material in degrees Celsius ($1\ 083\ ^\circ C$ for copper, $1\ 064\ ^\circ C$ for gold);
- t is the threshold temperature, in degrees Celsius, of the applicable temperature class. The value of t is the wire temperature due to self-heating and ambient temperature.

Example: fine copper wire (Temp Code=T4)

$$a = 0,004\ 284\ K^{-1}$$

$$I_f = 1,6\ A\ (\text{determined experimentally or specified by the wire manufacturer})$$

$$T = 1\ 083\ ^\circ C$$

$$t \text{ for T4 (small component, } t \leq 275\ ^\circ C)$$

Applying the equation

$I = 1,3 \text{ A}$ (This is the maximum normal or fault current which may be allowed to flow to prevent the wire temperature from exceeding 275°C .)

**Table 3 – Temperature classification of copper wiring
(in a maximum ambient temperature of 40°C)**

Diameter (see Note 4) mm	Cross-sectional area (see Note 4) mm ²	Maximum permissible current for temperature classification A		
		T1 to T4 and Group I	T5	T6
0,035	0,000 962	0,53	0,48	0,43
0,05	0,001 96	1,04	0,93	0,84
0,1	0,007 85	2,1	1,9	1,7
0,2	0,031 4	3,7	3,3	3,0
0,35	0,096 2	6,4	5,6	5,0
0,5	0,196	7,7	6,9	6,7

NOTE 1 The value given for maximum permissible current, in amperes, is the r.m.s. a.c. or d.c. value.

NOTE 2 For stranded conductors, the cross-sectional area is taken as the total area of all strands of the conductor.

NOTE 3 The table also applies to flexible flat conductors, such as in ribbon cable, but not to printed circuit conductors for which see 5.6.4.

NOTE 4 Diameter and cross-sectional area are the nominal dimensions specified by the wire manufacturer.

NOTE 5 Where the maximum power does not exceed $1,3 \text{ W}$ the wiring can be assigned a temperature classification of T4 and is acceptable for Group I. For Group I where dust is excluded, a maximum power of $3,3 \text{ W}$ is permitted for ambient temperatures of up to 40°C . Refer to Table 2b) where derating is required for ambient temperatures greater than 40°C .

5.6.4 Tracks on printed circuit boards

The temperature classification of tracks of printed circuit boards shall be determined using available data or by actual measurement.

Where the tracks are made of copper, the temperature classification may be determined using Table 4.

For example, on printed circuit boards of at least $0,5 \text{ mm}$ thickness, having a conducting track of at least $33 \mu\text{m}$ thickness on one or both sides, by applying factors given in Notes 3, 4, 8, 9 of Table 4, a temperature classification of T4 or Group I shall be given to the printed tracks if they have a minimum width of $0,3 \text{ mm}$ and the continuous current in the tracks does not exceed $0,444 \text{ A}$. Similarly, for minimum track widths of $0,5 \text{ mm}$, $1,0 \text{ mm}$ and $2,0 \text{ mm}$, T4 shall be given for corresponding maximum currents of $0,648 \text{ A}$, $1,092 \text{ A}$ and $1,833 \text{ A}$ respectively.

Track lengths of 10 mm or less shall be disregarded for temperature classification purposes.

Where temperature classification of a track is to be experimentally determined, the maximum continuous current shall be used.

Manufacturing tolerances shall not reduce the values stated in this clause by more than 10 % or 1 mm, whichever is the smaller.

In the absence of testing, where the maximum power does not exceed 1,3 W, the tracks are suitable for a temperature classification of T4 or Group I.

For Group I, where dust is excluded, 3,3 W is allowable.

Refer to Table 2b) where a derating is required for ambient temperatures greater than 40 °C.

**Table 4 – Temperature classification of tracks on printed circuit boards
(in a maximum ambient temperature of 40 °C)**

Minimum track width mm	Maximum permissible current for temperature classification		
	T1 to T4 and Group I A	T5 A	T6 A
0,075	0,8	0,6	0,5
0,1	1,0	0,8	0,7
0,125	1,2	1,0	0,8
0,15	1,4	1,1	1,0
0,2	1,8	1,4	1,2
0,3	2,4	1,9	1,9
0,4	3,0	2,4	2,1
0,5	3,5	2,8	2,5
0,7	4,6	3,5	3,2
1,0	5,9	4,8	4,1
1,5	8,0	6,4	5,6
2,0	9,9	7,9	6,9
2,5	11,6	9,3	8,1
3,0	13,3	10,7	9,3
4,0	16,4	13,2	11,4
5,0	19,3	15,5	13,5
6,0	22,0	17,7	15,4

NOTE 1 The value given for maximum permissible current in amperes is the r.m.s. a.c. or d.c. value.

NOTE 2 This table applies to printed boards 1,6 mm or thicker with a single layer of copper of 33 µm thickness.

NOTE 3 For boards with a thickness between 0,5 mm and 1,6 mm, divide the maximum current specified by 1,2.

NOTE 4 For boards with conducting tracks on both sides, divide the maximum current specified by 1,5.

NOTE 5 For multilayer boards, for the track layer under consideration, divide the maximum current specified by 2.

NOTE 6 For 18 µm copper thickness, divide the maximum current by 1,5.

NOTE 7 For 70 µm copper thickness, multiply the maximum current by 1,3.

NOTE 8 For tracks passing under components dissipating 0,25 W or more either normally or under fault conditions, divide the maximum current specified by 1,5.

NOTE 9 At terminations of components dissipating 0,25 W or more either normally or under fault conditions, and for 1,00 mm along the conductor, either multiply the track width by 3 or divide the maximum current specified by 2. If the track goes under the component, apply the factor specified in note 8 in addition.

NOTE 10 For ambient temperature up to 60 °C, divide the maximum current by 1,2.

NOTE 11 For ambient temperature up to 80 °C, divide the maximum current by 1,3.

5.7 Simple apparatus

The following apparatus shall be considered to be simple apparatus:

- a) passive components, for example switches, junction boxes, resistors and simple semiconductor devices;
- b) sources of stored energy consisting of single components in simple circuits with well-defined parameters, for example capacitors or inductors, whose values shall be considered when determining the overall safety of the system;
- c) sources of generated energy, for example thermocouples and photocells, which do not generate more than 1,5 V, 100 mA and 25 mW.

Simple apparatus shall conform to all relevant requirements of this standard. The manufacturer or intrinsically safe system designer shall demonstrate compliance with this clause, including material data sheets and test reports, if applicable. The apparatus need not comply with Clause 12.

The following aspects shall always be considered:

- 1) simple apparatus shall not achieve safety by the inclusion of voltage and/or current-limiting and/or suppression devices;
- 2) simple apparatus shall not contain any means of increasing the available voltage or current, for example DC-DC converters;
- 3) where it is necessary that the simple apparatus maintains the integrity of the isolation from earth of the intrinsically safe circuit, it shall be capable of withstanding the test voltage to earth in accordance with 6.3.12. Its terminals shall conform to 6.2.1;
- 4) non-metallic enclosures and enclosures containing light metals when located in the explosive gas atmosphere shall conform to 7.3 and 8.1 of IEC 60079-0;
- 5) when simple apparatus is located in the explosive gas atmosphere, it shall be temperature classified. When used in an intrinsically safe circuit within their normal rating and at a maximum ambient temperature of 40 °C, switches, plugs, sockets and terminals will have a maximum surface temperature of less than 85 °C, so they can be allocated a T6 temperature classification for Group II applications and are also suitable for Group I applications. Other types of simple apparatus shall be temperature classified in accordance with Clause 4 of this standard.

Where simple apparatus forms part of an apparatus containing other electrical circuits, the whole shall be assessed according to the requirements of this standard.

NOTE 1 Sensors which utilize catalytic reaction or other electro-chemical mechanisms are not normally simple apparatus. Specialist advice on their application should be sought.

NOTE 2 It is not a requirement of this standard that the conformity of the manufacturer's specification of the simple apparatus needs to be verified.

6 Apparatus construction

NOTE The requirements given in this clause apply, unless otherwise stated in the relevant subclauses, only to those features of intrinsically safe apparatus and associated apparatus which contribute to this type of protection.

For example, the requirements for encapsulation with casting compound apply only if encapsulating is required to satisfy 6.3.4 or 6.6.

6.1 Enclosures

Where intrinsic safety can be impaired by access to conducting parts, for example if the circuits contain infallible creepage distances, an enclosure is necessary.

The degree of protection required will vary according to the intended use; for example, a degree of protection of IP54 in accordance with IEC 60529 may be required for Group I apparatus.

The "enclosure" need not be physically the same for protection against contact with live parts and the ingress of solid foreign bodies and liquids.

The designation of the surfaces which form the boundaries of the enclosure shall be the responsibility of the manufacturer and shall be recorded in the definitive documentation (see Clause 13).

6.1.1 Apparatus complying with Table 5

Apparatus meeting the separation requirements of Table 5 shall be provided with an enclosure meeting the requirements of IP20 or greater.

The enclosure does not need to be subjected to the tests for enclosures in 26.4 of IEC 60079-0; however, the drop test 26.4.3 of IEC 60079-0 still applies.

6.1.2 Apparatus complying with Annex F

Apparatus meeting the separation requirements of Annex F shall be provided with protection to achieve pollution degree 2. This can be achieved by:

- a) an enclosure meeting the requirements of IP54 or greater in accordance with IEC 60529. The enclosure shall be subjected to the tests for enclosures in 26.4 of IEC 60079-0.
- b) an enclosure meeting the requirements of IP20 or greater in accordance with IEC 60529 provided that separations are obtained by using coating type 1 or type 2. The enclosure does not need to be subjected to the tests for enclosures in 26.4 of IEC 60079-0.
- c) installation, provided that requirements shall be specified as special conditions for safe use and the apparatus shall be marked with the symbol X according to item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

6.2 Facilities for connection of external circuits

6.2.1 Terminals

In addition to satisfying the requirements of Table 5, terminals for intrinsically safe circuits shall be separated from terminals for non-intrinsically safe circuits by one or more of the methods given in a) or b).

These methods of separation shall also be applied where intrinsic safety can be impaired by external wiring which, if disconnected from the terminal, can come into contact with conductors or components.

NOTE 1 Terminals for connection of external circuits to intrinsically safe apparatus and associated apparatus should be so arranged that components will not be damaged when making the connections.

- a) When separation is accomplished by distance then the clearance between bare conducting parts of terminals shall be at least 50 mm.

NOTE 2 Care must be exercised in the layout of terminals and in the wiring method used so that contact between circuits is unlikely if a wire becomes dislodged.

- b) When separation is accomplished by locating terminals for intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits in separate enclosures or by use of either an insulating partition or an earthed metal partition between terminals with a common cover, the following applies:
- 1) partitions used to separate terminals shall extend to within 1,5 mm of the enclosure walls, or alternatively shall provide a minimum distance of 50 mm between the bare conducting parts of terminals when measured in any direction around the partition;
 - 2) metal partitions shall be earthed and shall have sufficient strength and rigidity to ensure that they are not likely to be damaged during field wiring. Such partitions shall be at least 0,45 mm thick or shall conform to 10.6.3 if of lesser thickness. In addition, metal partitions shall have sufficient current-carrying capacity to prevent burn-through or loss of earth connection under fault conditions;
 - 3) non-metallic insulating partitions shall have an appropriate CTI, sufficient thickness and shall be so supported that they cannot readily be deformed in a manner that would defeat their purpose. Such partitions shall be at least 0,9 mm thick, or shall conform to 10.6.3 if of lesser thickness.

The clearances and creepage distances between the bare conducting parts of terminals of separate intrinsically safe circuits and to earthed or potential-free conducting parts shall be equal to or exceed the values given in Table 5.

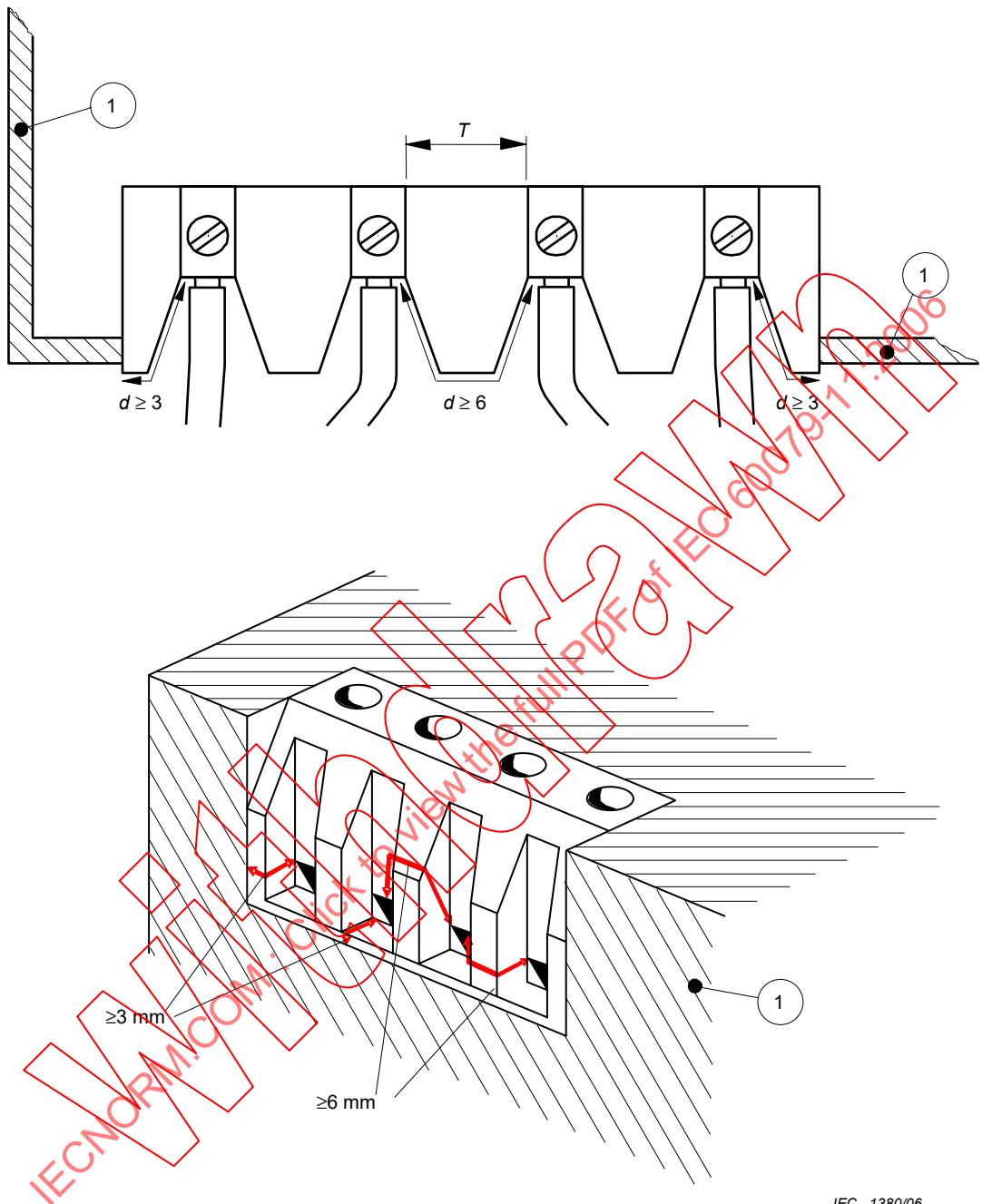
Where separate intrinsically safe circuits are being considered, the clearance distance between bare conducting parts of external connection facilities shall meet the following:

- at least 6 mm between the separate intrinsically safe circuits;
- at least 3 mm from earthed parts, if connection to earth has not been considered in the safety analysis.

See Figure 1 when measuring distances around solid insulating walls or partitions. Any possible movement of metallic parts that are not rigidly fixed shall be taken into account.



Dimensions in millimetres



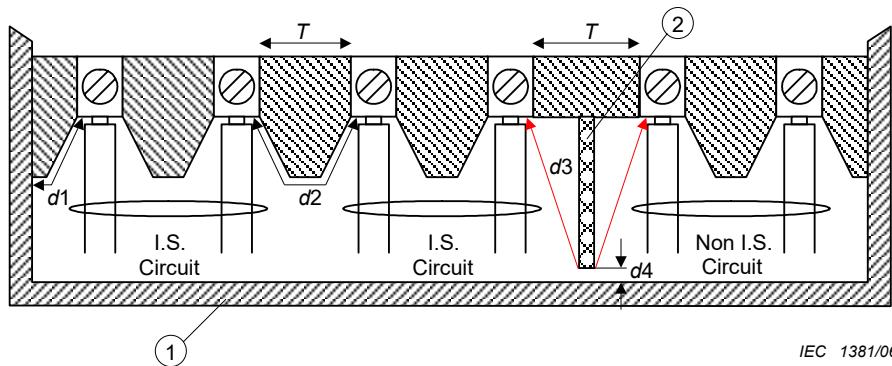
IEC 1380/06

Key

- 1 Conductive cover
 - T* Distances in accordance with Table 5
 - d* Clearance distance at external connection facilities of terminals in accordance with 6.2.1

NOTE The dimensions shown are the creepage and clearance distances around the insulation as indicated above, not the thickness of the insulation.

Figure 1a – Distance requirements for terminals carrying separate intrinsically safe circuits

**Key**

- 1 Cover: non-conductive, or conductive and earthed
 - 2 Partition in accordance with 6.2.1b); in this example, it shall be homogeneous with the base or cemented to it.
- T Distances in accordance with Table 5
- $d_1 \geq 3$ mm; when cover is conductive and earthed
- $d_2 \geq 6$ mm
- $d_3 \geq 50$ mm or $d_4 \leq 1,5$ mm

NOTE The dimensions shown are the clearance distances around the insulation, as indicated above, not the thickness of the insulation.

Figure 1b – Example of separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals through use of a partition

Figure 1 – Separation of intrinsically safe and non-intrinsically safe terminals

6.2.2 Plugs and sockets

Plugs and sockets used for connection of external intrinsically safe circuits shall be separate from and non-interchangeable with those for non-intrinsically safe circuits.

Where intrinsically safe or associated apparatus is fitted with more than one plug and socket for external connections and interchange could adversely affect the type of protection, such plugs and sockets shall either be arranged, for example by keying, so that interchange is not possible, or mating plugs and sockets shall be identified, for example by marking or colour coding, to make interchanging obvious.

Where a plug or a socket is not prefabricated with its wires, the connecting facilities shall conform to 6.2.1. If, however, the connections require the use of a special tool, for example by crimping, such that there is no possibility of a strand of wire becoming free, then the connection facilities need only conform to Table 5.

Where a connector carries earthed circuits and the type of protection depends on the earth connection, then the connector shall be constructed in accordance with 6.5.

6.2.3 Determination of maximum external inductance to resistance ratio (L_o/R_o) for resistance limited power source

The maximum external inductance to resistance ratio (L_o/R_o) which may be connected to a resistance limited power source shall be calculated using the following formula. This formula takes account of a 1,5 factor of safety on current and shall not be used where C_s for the output terminals of the apparatus exceeds 1 % of C_o .

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{8eR_s + (64e^2R_s^2 - 72U_o^2 eL_s)^{1/2}}{4,5 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

where

e is the minimum spark-test apparatus ignition energy in joules, and is for

- Group I apparatus: 525 μJ
- Group IIA apparatus: 320 μJ
- Group IIB apparatus: 160 μJ
- Group IIC apparatus: 40 μJ

R_s is the minimum output resistance of the power source, in ohms;

U_o is the maximum open circuit voltage, in volts;

L_s is the maximum inductance present at the power source terminals, in henries;

C_s is the maximum capacitance present at the power source terminals, in farads

If $L_s = 0$

then

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{32 eR_s}{9U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

Where a safety factor of 1 is required, this value for L_o/R_o shall be multiplied by 2,25.

NOTE 1 The normal application of the L_o/R_o ratio is for distributed parameters, for example cables. Its use for lumped values for inductance and resistance requires special consideration.

NOTE 2 L_o/R_o may be determined experimentally for non-linear power sources by testing the circuit with several discrete values of L_o and R_o using the spark tests in 10.1. The values of R_o used should range from practically a short circuit (maximum I_o) to practically open circuit (I_o nearly zero) and a trend established that ensures that the L_o/R_o will not result in failure of the spark test.

6.2.4 Permanently connected cable

Apparatus which is constructed with an integral cable for external connections shall be subjected to the pull test in 10.9 on the cable if breakage of the terminations inside the apparatus could result in intrinsic safety being invalidated, for example where there is more than one intrinsically safe circuit in the cable and breakage could lead to an unsafe interconnection.

6.3 Separation distances

Requirements for separation distances are given in 6.3.1 to 6.3.13. An alternative method for the dimensioning of separation distances is given in Annex F.

6.3.1 Separation of conductive parts

Separation of conductive parts between

- intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits, or
- different intrinsically safe circuits, or
- a circuit and earthed or isolated metal parts,

shall conform to the following if the type of protection depends on the separation.

Separation distances shall be measured or assessed taking into account any possible movement of the conductors or conductive parts. Manufacturing tolerances shall not reduce the distances by more than 10 % or 1 mm, whichever is the smaller.

Separation distances that comply with the values in 6.1.1 or 6.1.2 shall not be subject to a fault.

6.3.1.1 Distances according to Table 5

For levels of protection "ia" and "ib", smaller separation distances, which are less than the values specified in Table 5 but greater than or equal to one-third of that value, shall be considered as subject to countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

For levels of protection "ia" and "ib", if separation distances are less than one-third of the values specified in Table 5, they shall be considered as subject to non-countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

For level of protection "ic", if separation distances are less than the values specified in Table 5, they shall be considered as short-circuits if this impairs intrinsic safety.

6.3.1.2 Distances according to Annex F

For levels of protection "ia" and "ib", if separation distances are less than the values specified in Annex F, they shall be considered as subject to non-countable short-circuit faults if this impairs intrinsic safety.

For level of protection "ic", if separation distances are less than the values specified in Annex F, they shall be considered as short-circuits if this impairs intrinsic safety.

The fault mode of failure of segregation shall only be a short-circuit.

Separation requirements shall not apply where earthed metal, for example tracks of a printed circuit board or a partition, separates an intrinsically safe circuit from other circuits, provided that breakdown to earth does not adversely affect the type of protection and that the earthed conductive part can carry the maximum current that would flow under fault conditions.

NOTE 1 For example, the type of protection does depend on the separation to earthed or isolated metallic parts if a current-limiting resistor can be bypassed by short-circuits between the circuit and the earthed or isolated metallic part.

An earthed metal partition shall have strength and rigidity so that it is unlikely to be damaged and shall be of sufficient thickness and of sufficient current-carrying capacity to prevent burn-through or loss of earth under fault conditions. A partition either shall be at least 0,45 mm thick and attached to a rigid, earthed metal portion of the device, or shall conform to 10.6.3 if of lesser thickness.

Where a non-metallic insulating partition having an appropriate CTI is placed between the conductive parts, the clearances, creepage distances and other separation distances either shall be measured around the partition provided that the partition has a thickness of at least 0,9 mm, or shall conform to 10.6.3 if of lesser thickness.

NOTE 2 Methods of assessment are given in Annex C.

Table 5 – Clearances, creepage distances and separations

Voltage (peak value) V	Clearance mm	Separation distance through casting compound mm			Separation distance through solid insulation mm			Creepage distance mm			Distance under coating mm			Comparative tracking index (CTI)	
		1	2	3	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia	ib	ic
10	1,5	0,4	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	1,5	1,0	0,5	0,3	–	–	–
30	2,0	0,8	0,7	0,7	0,2	0,5	0,2	0,2	2,0	1,3	0,7	0,3	100	100	100
60	3,0	0,8	1,0	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	3,0	1,9	1,0	0,6	100	100	100
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	4,0	2,1	1,3	0,6	100	100	100
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	8,0	2,5	2,6	1,1	175	175	175
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	1,0	0,6	10,0	4,0	3,3	1,7	175	175	175
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	15,0	6,3	5,0	2,4	275	275	275
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	1,4	0,9	18,0	10,0	6,0	2,9	275	275	275
1 000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,1	1,7	1,1	1,7	25,0	12,5	8,3	4,0	275	275	275
1 300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	2,3	1,7	36,0	13,0	12,0	5,8	275	275	275
1 575	16,0	10,0	5,3	*	2,7	*	49,0	*	15,0	16,3	*	275	275	275	275
3,3 k	*	18,0	9,0	*	4,5	*	*	*	32,0	*	*	*	*	*	*
4,7 k	*	22,0	12,0	*	6,0	*	*	*	50,0	*	*	*	*	*	*
9,5 k	*	45,0	20,0	*	10,0	*	*	*	100,0	*	*	*	*	*	*
15,6 k	*	70,0	33,0	*	16,5	*	*	*	150,0	*	*	*	*	*	*

NOTE 1 * No values for all voltages are proposed at present.

NOTE 2 Evidence of compliance with the CTI requirements of insulating materials must be provided by the manufacturer. At voltages up to 10 V, the CTI of insulating materials is not required to be specified.

IEC 60079-11:2006

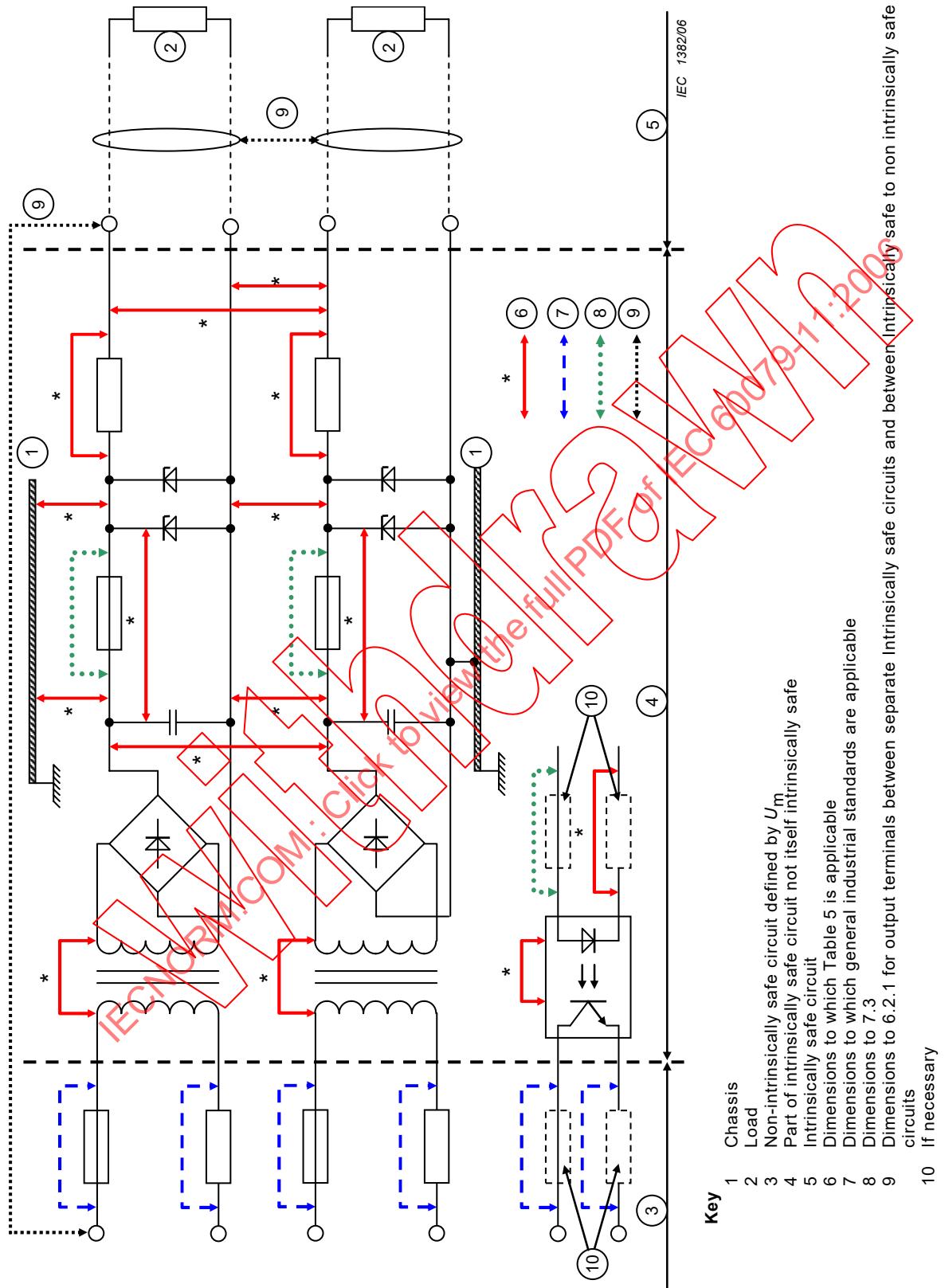


Figure 2 – Example of separation of conducting parts

6.3.2 Voltage between conductive parts

The voltage which is taken into account when using Table 5 or Annex F shall be the voltage between any two conductive parts for which the separation has an effect on the type of protection of the circuit under consideration, that is for example (see Figure 2) the voltage between an intrinsically safe circuit and

- part of the same circuit which is not intrinsically safe, or
- non-intrinsically safe circuits, or
- other intrinsically safe circuits.

The value of voltage to be considered shall be either of the following, as applicable.

- a) For circuits which are galvanically separated within the apparatus, the value of voltage to be considered between the circuits, shall be the highest voltage that can appear across the separation when the two circuits are connected together at any one point, derived from
- the rated voltages of the circuits, or
 - the maximum voltages specified by the manufacturer which may safely be supplied to the circuits, or
 - any voltages generated within the same apparatus.

Where one of the voltages is less than 20 % of the other, it shall be ignored. Mains supply voltages shall be taken without the addition of standard mains tolerances. For such sinusoidal voltages, peak voltage shall be considered to be the following:

$$\sqrt{2} \times \text{r.m.s. value of the rated voltage}$$

- b) Between parts of a circuit: the maximum peak value of the voltage that can occur in either part of that circuit. This may be the sum of the voltages of different sources connected to that circuit. One of the voltages may be ignored if it is less than 20 % of the other.

In all cases voltages which arise during the fault conditions of Clause 5 shall, where applicable, be used to derive the maximum.

Any external voltage shall be assumed to have the value U_m or U_i declared for the connection facilities through which it enters. Transient voltages such as might exist before a protective device, for example a fuse, opens the circuit shall not be considered when evaluating the creepage distance, but shall be considered when evaluating clearances.

6.3.3 Clearance

In measuring or assessing clearances between conductive parts, insulating partitions of less than 0,9 mm thickness, or which do not conform to 10.6.3, shall be ignored. Other insulating parts shall conform to column 4 of Table 5.

For voltages higher than 1 575 V peak, an interposing insulating partition or earthed metal partition shall be used. In either case, the partition shall conform to 6.3.1.

6.3.4 Separation distances through casting compound

Casting compound shall meet the requirements of 6.6. For those parts that require encapsulation, the minimum separation distance between encapsulated conductive parts and components, and the free surface of the casting compound shall be at least half the values shown in column 3 of Table 5, with a minimum of 1 mm. When the casting compound is in

direct contact with and adheres to an enclosure of insulating material conforming to column 4 of Table 5, no other separation is required (see Figure D.1).

The insulation of the encapsulated circuit shall conform to 6.3.12.

The failure of a component which is encapsulated or hermetically sealed, for example a semiconductor, which is used in accordance with 7.1 and in which internal clearances and distances through encapsulant are not defined, is to be considered as a single countable fault.

NOTE Further guidance is given in Annex D.

6.3.5 Separation distances through solid insulation

Solid insulation is insulation which is extruded or moulded but not poured. It shall have a dielectric strength that conforms to 6.3.12 when the separation distance is in accordance with Table 5 or Annex F. The maximum current in the insulated wiring shall not exceed the rating specified by the manufacturer of the wire.

NOTE 1 If the insulator is fabricated from two or more pieces of electrical insulating material which are solidly bonded together, then the composite may be considered as solid.

NOTE 2 For the purpose of this standard, solid insulation is considered to be prefabricated, for example sheet or sleeving or elastomeric insulation on wiring.

NOTE 3 Varnish and similar coatings are not considered to be solid insulation.

6.3.6 Composite separations

Where separations complying with Table 5 are composite, for example through a combination of air and insulation, the total separation shall be calculated on the basis of referring all separations to one column of Table 5. For example at 600 V:

clearance (column 2) = 6 × separation through solid insulation (column 4);

clearance (column 2) = 3 × separation through casting compound (column 3);

equivalent clearance = actual clearance + (3 × any additional separation through encapsulant) + (6 × any additional separation through solid insulation).

For levels of protection "ia" and "ib", for the separation to be infallible, the above result shall be not less than the clearance value specified in Table 5.

Any clearance or separation which is below one-third of the relevant value specified in Table 5 shall be ignored for the purpose of calculation.

For level of protection "ic", the above results shall not be less than the clearance value specified in Table 5.

6.3.7 Creepage distance

For the creepage distances specified in column 5 of Table 5, the insulating material shall conform to column 7 of Table 5 which specifies the minimum comparative tracking index (CTI) measured in accordance with IEC 60112. The method of measuring or assessing these distances shall be in accordance with Figure 3.

Where a joint is cemented, the cement shall have insulation properties equivalent to those of the adjacent material.

Where the creepage distance is made up from the addition of shorter distances, for example where a conductive part is interposed, distances of less than one-third the relevant value in column 5 of Table 5 shall not be taken into account. For voltages higher than 1 575 V_{peak}, an interposing insulating partition or earthed metallic partition shall be used. In either case, the partition shall conform to 6.3.1.



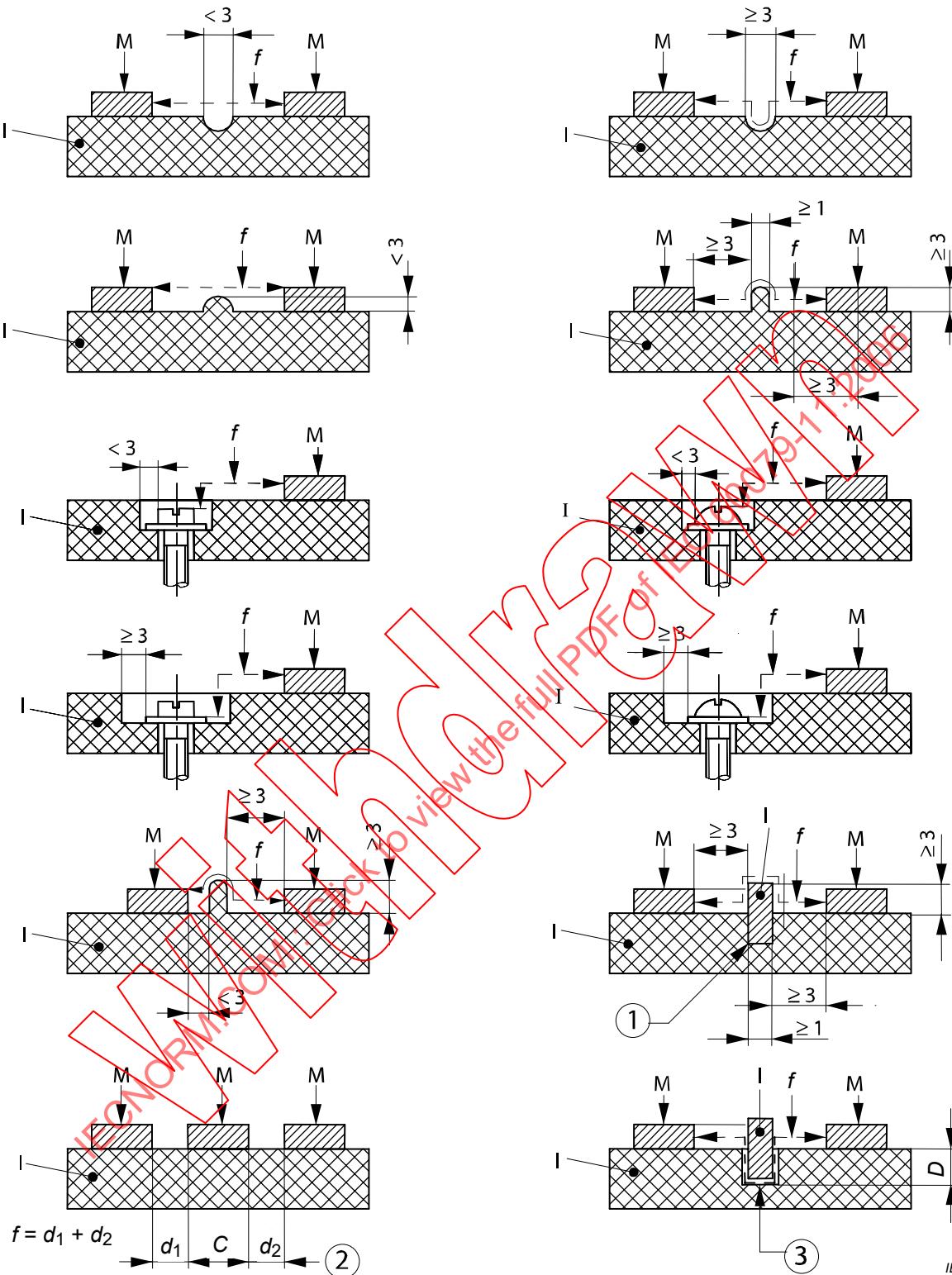


Figure 3 – Determination of creepage distances

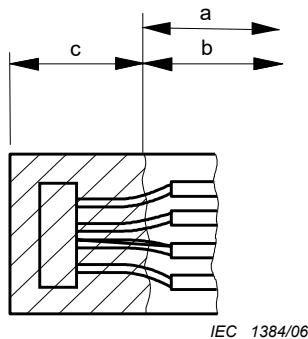


Figure 4a – Partially coated board

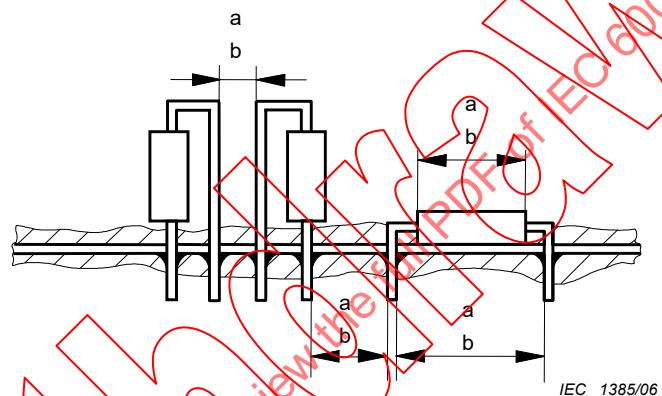


Figure 4b – Board with soldered leads protruding

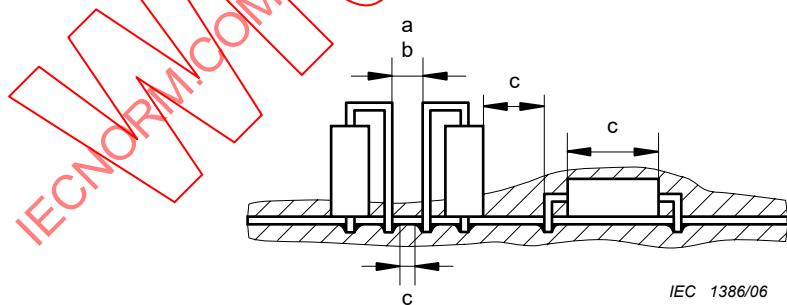


Figure 4c – Board with soldered leads folded or cropped

NOTE The thickness of the coating is not drawn to scale.

Key

- a Apply clearance distance requirements of 6.3.3
- b Apply creepage distance requirements of 6.3.7
- c Apply distance under coating requirements of 6.3.8

Figure 4 – Creepage distances and clearances on printed circuit boards

6.3.8 Distance under coating

A conformal coating shall seal the path between the conductors in question against the ingress of moisture and pollution, and shall give an effective lasting unbroken seal. It shall adhere to the conductive parts and to the insulating material. If the coating is applied by spraying, two separate coats shall be applied.

A solder mask alone is not considered as a conformal coating, but can be accepted as one of the two coats when another non-solder mask coat is applied by spraying, provided the solder mask is not damaged during soldering. Other methods of application require only one coat, for example dip coating, brushing, or vacuum impregnating. A solder mask that meets the requirements of Annex F for Type 1 coatings is considered as a conformal coating and an additional coating is not required. The manufacturer shall provide evidence of conformance with Annex F.

NOTE 1 It is not a requirement of this standard that the conformity of the manufacturer's specification of the coating needs to be verified.

The method used for coating the board shall be specified in the documentation according to Clause 24 of IEC 60079-0. Where the coating is considered adequate to prevent conductive parts, for example soldered joints and component leads, from protruding through the coating, this shall be stated in the documentation and confirmed by examination.

Where bare conductors or conductive parts emerge from the coating the comparative tracking index (CTI) in column 7 of Table 5 shall apply to both insulation and coating.

NOTE 2 The concept of distance under coating was developed for flat surfaces, for example non-flexible printed circuit boards. Flexible printed circuit boards must have suitable elastic coating that does not crack. Radical differences from this format require special consideration.

6.3.9 Requirements for assembled printed circuit boards

Where creepage and clearance distances affect the intrinsic safety of the apparatus, the printed circuit shall conform to the following (see Figure 4):

- a) when a printed circuit is covered by a conformal coating according to 6.3.8, the requirements of 6.3.3 and 6.3.7 shall apply only to any conductive parts which lie outside the coating, including, for example
 - tracks which emerge from the coating;
 - the free surface of a printed circuit which is coated on one side only;
 - bare parts of components able to protrude through the coating;
- b) the requirements of 6.3.8 shall apply to circuits or parts of circuits and their fixed components when the coating covers the connecting pins, solder joints and the conductive parts of any components;
- c) where a component is mounted over or adjacent to tracks on the printed circuit boards, a non-countable fault shall be considered to occur between the conductive part of the component and the track unless;
 - i) the separation is in accordance with 6.3.1 between the conductive part of the component and the track, or
 - ii) failure results in a less onerous condition.

6.3.10 Separation by earth screens

Where separation between circuits or parts of circuits is provided by a metallic screen, the screen, as well as any connection to it, shall be capable of carrying the maximum possible current to which it could be continuously subjected in accordance with Clause 5.

Where the connection is made through a connector, the connector shall be constructed in accordance with 6.5.

6.3.11 Internal wiring

Insulation, except for varnish and similar coatings, covering the conductors of internal wiring shall be considered as solid insulation (see 6.3.5).

The separation of conductors shall be determined by adding together the radial thicknesses of extruded insulation on wires which are lying side by side either as separate wires or in a cable form or in a cable.

The distance between the conductors of any core of an intrinsically safe circuit and that of any core of a non-intrinsically safe circuit shall be in accordance with column 4 of Table 5, taking into account the requirements of 6.3.6 except when one of the following apply:

- the cores of either the intrinsically safe or the non-intrinsically safe circuit are enclosed in an earth screen, or
- in levels of protection "ib" and "ic" electrical apparatus, the insulation of the intrinsically safe cores is capable of withstanding an r.m.s. a.c. test voltage of 2 000 V.

NOTE One method of achieving insulation capable of withstanding this test voltage is to add an insulating sleeve over the core.

6.3.12 Dielectric strength requirement

The insulation between an intrinsically safe circuit and the frame of the electrical apparatus or parts which may be earthed shall normally be capable of complying with the test described in 10.3 at an r.m.s. a.c. test voltage of twice the voltage of the intrinsically safe circuit or 500 V r.m.s., whichever is the greater.

Where the circuit does not satisfy this requirement the apparatus shall be marked with the symbol "X" and the documentation shall indicate the necessary information regarding the correct installation.

The insulation between an intrinsically safe circuit and a non-intrinsically safe circuit shall be capable of withstanding an r.m.s. a.c. test voltage of $2 U + 1 000$ V, with a minimum of 1 500 V r.m.s., where U is the sum of the r.m.s. values of the voltages of the intrinsically safe circuit and the non-intrinsically safe circuit.

Where breakdown between separate intrinsically safe circuits could produce an unsafe condition, the insulation between these circuits shall be capable of withstanding an r.m.s. test voltage of $2 U$, with a minimum of 500 V r.m.s., where U is the sum of the r.m.s. values of the voltages of the circuits under consideration.

6.3.13 Relays

Where the coil of a relay is connected to an intrinsically safe circuit, the contacts in normal operation shall not exceed their manufacturer's rating and shall not switch more than the nominal value of 5 A r.m.s. or 250 V r.m.s. or 100 VA. When the values switched by the contacts exceed these values but do not exceed 10 A or 500 VA, the values for creepage distance and clearance from Table 5 for the relevant voltage shall be doubled.

For higher values, intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits shall be connected to the same relay only if they are separated by an earthed metal barrier or an insulating barrier conforming to 6.3.1. The dimensions of such an insulating barrier shall take into account the ionization arising from operation of the relay which would generally require creepage distances and clearances greater than those given in Table 5.

Where a relay has contacts in intrinsically safe circuits and other contacts in non-intrinsically safe circuits, the intrinsically safe and non-intrinsically safe contacts shall be separated by an insulating or earthed metal barrier conforming to 6.3.1 in addition to Table 5. The relay shall be designed such that broken or damaged contact arrangements cannot become dislodged and impair the integrity of the separation between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits.

Alternatively, segregation of relays may be assessed by application of Annex F, taking into account ambient conditions and applicable overvoltage categories as given in Annex F. The requirements for earthed metal or insulating barriers above shall also be applied in this case. If the insulating or earthed metal barrier is embedded in a closed relay enclosure then 10.6.3 shall be applied to the closed relay enclosure and not to the insulating or earthed metal barrier itself.

6.4 Protection against polarity reversal

Protection shall be provided within intrinsically safe apparatus to prevent invalidation of the type of protection as a result of reversal of the polarity of supplies to that apparatus or at connections between cells of a battery where this could occur. For this purpose, a single diode shall be acceptable.

6.5 Earth conductors, connections and terminals

Where earthing, for example of enclosures, conductors, metal screens, tracks on a printed circuit board, segregation contacts of plug-in connectors and diode safety barriers, is required to maintain the type of protection, the cross-sectional area of any conductors, connectors and terminals used for this purpose shall be such that they are rated to carry the maximum possible current to which they could be continuously subjected under the conditions specified in Clause 5. Components shall also conform to Clause 7.

Where a connector carries earthed circuits and the type of protection depends on the earthed circuit, the connector shall comprise at least three independent connecting elements for "ia" circuits and at least two for "ib" circuits (see Figure 5). These elements shall be connected in parallel. Where the connector can be removed at an angle, one connection shall be present at, or near to, each end of the connector.

Terminals shall be fixed in their mountings without possibility of self-loosening and shall be constructed so that the conductors cannot slip out from their intended location. Proper contact shall be assured without deterioration of the conductors, even if multi-stranded cores are used in terminals which are intended for direct clamping of the cores. The contact made by a terminal shall not be appreciably impaired by temperature changes in normal service. Terminals which are intended for clamping stranded cores shall include resilient intermediate part. Terminals for conductors of cross-sections up to 4 mm² shall also be suitable for the effective connection of conductors having a smaller cross-section. Terminals which comply with the requirements of IEC 60079-7 are considered to conform to these requirements.

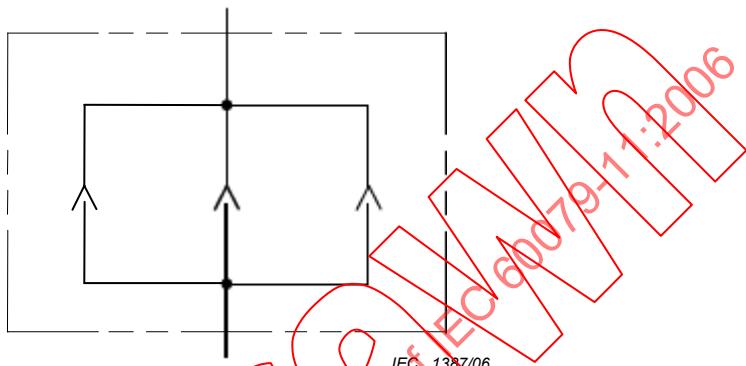


Figure 5a – Example of three independent connecting elements

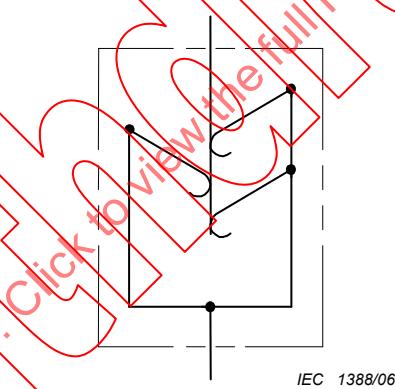


Figure 5b – Example of three connecting elements which are not independent

Figure 5 – Examples of independent and non-independent connecting elements

The following shall not be used:

- terminals with sharp edges which could damage the conductors;
- terminals which may turn, be twisted or permanently deformed by normal tightening;
- insulating materials which transmit contact pressure in terminals.

6.6 Encapsulation

Where a casting compound is used, it shall conform to the following:

- a) have a temperature rating, specified by the manufacturer of the casting compound or apparatus, which is at least equal to the maximum temperature achieved by any component under encapsulated conditions.
Alternatively higher temperatures than the rated casting compound temperature shall be accepted provided that they do not cause any damage to the casting compound that would adversely affect the type of protection;
- b) have at its free surface a CTI value of at least that specified in Table 5 if any bare conductive parts protrude from the casting compound;
- c) only materials passing the test in 10.6.1 shall have its free surface exposed and unprotected, thus forming part of the enclosure;
- d) be adherent to all conductive parts, components and substrates except when they are totally enclosed by the casting compound;
- e) be specified by its generic name and type designation given by the manufacturer of the casting compound.

For intrinsically safe apparatus, all circuits connected to the encapsulated conductive parts and/or components and/or bare parts protruding from the casting compound shall be intrinsically safe. Fault conditions within the casting compound shall be assessed but the possibility of spark ignition inside the encapsulation shall not be considered.

For associated apparatus, fault conditions within the casting compound shall be assessed.

The casting compound shall be free of voids, except that encapsulation of components containing free space (transistors, relays, fuses etc) is allowed.

If circuits connected to the encapsulated conductive parts and/or components and/or bare parts protruding from the casting compound are not intrinsically safe, they shall be protected by another type of protection listed in IEC 60079-0.

NOTE Further guidance is given in Annex D.

In addition, where a casting compound is used to reduce the ignition capability of hot components, for example diodes and resistors, the volume and thickness of the casting compound shall reduce the maximum surface temperature of the casting compound to the desired value.

7 Components on which intrinsic safety depends

7.1 Rating of components

For level of protection "ia" and "ib" in both normal operation and after application of the fault conditions given in Clause 5, any remaining components on which the type of protection depends, except such devices as transformers, fuses, thermal trips, relays, opto-couplers and switches, shall not operate at more than two-thirds of their maximum current, voltage and power related to the rating of the device, the mounting conditions and the temperature range specified. For level of protection "ic", in normal operation, components on which the type of protection depends shall not operate at more than their maximum current and voltage and no more than two-thirds of their power. These maximum rated values shall be the normal commercial ratings specified by the manufacturer of the component.

NOTE 1 Transformers, fuses, thermal trips, relays, opto-couplers and switches are allowed to operate at their normal ratings in order to function correctly.

Account shall also be taken of the effects of the mounting conditions and ambient temperature range specified by the manufacturer of the apparatus and by 5.1 of IEC 60079-0. For example, in the case of a semiconductor the power dissipation shall not exceed two-thirds of that which will cause the maximum junction temperature to be reached under the particular mounting conditions.

The rating of components shall be as above when connected to any other apparatus used in the non-hazardous area, e.g. during charging, routine maintenance, data downloading operations, including the application of required faults in the intrinsically safe apparatus.

In-circuit programming connectors that are not accessible by the user, and which are only used at manufacture, during repair or overhaul, are exempt from the requirements of this clause.

Where a resistor and capacitor are connected in series to protect the discharge from the capacitor, the resistor may be considered to dissipate power in watts numerically equal to CV^2 , where C is capacitance in farads, V is voltage in volts.

Detailed testing or analysis of components and assemblies of components to determine the parameters, for example voltage and current, to which the safety factors are applied shall not be performed since the factors of safety of 5.2 and 5.3 obviate the need for detailed testing or analysis. For example, a Zener diode stated by its manufacturer to be 10 V + 10 % shall be taken to be 11 V maximum without the need to take into account effects such as voltage elevation due to rise in temperature.

NOTE 2 However, when determining the power rating or junction temperature, account should be taken of mounting conditions and ambient temperature, as indicated earlier in this clause.

7.2 Connectors for internal connections, plug-in cards and components

These connectors shall be designed in such a manner that an incorrect connection or interchangeability with other connectors in the same electrical apparatus is not possible unless it does not result in an unsafe condition or the connectors are identified in such a manner that incorrect connection is obvious.

Where the type of protection depends on a connection, the failure to open circuit of a connection shall be a countable fault in accordance with Clause 5.

If a connector carries earthed circuits and the type of protection depends on the earth connection, then the connector shall be constructed in accordance with 6.5.

7.3 Fuses

Where fuses are used to protect other components, $1,7 I_n$ shall be assumed to flow continuously. The cold resistance of the fuse at the minimum specified ambient temperature may be taken as an infallible resistance complying with 8.4 for current limiting purposes. (In the absence of available information, this may be taken as the minimum resistance at the minimum specified ambient temperature when measured on 10 samples as required in 10.4.) The fuse time-current characteristics shall ensure that the transient ratings of protected components are not exceeded. Where the fuse time-current characteristic is not available from the manufacturer's data, a type test shall be carried out in accordance with 10.4 on at least 10 samples. This test shows the capability of the sample to withstand 1,5 times any transient which can occur when U_m is applied through a fuse.

Fuses for levels of protection "ia" and "ib", which may carry current when located in the explosive atmospheres, shall be encapsulated in accordance with 6.6.

The rupture of fuses for level of protection "ic", is not considered for thermal ignition purposes.

Where fuses are encapsulated, the casting compound shall not enter the fuse interior. This requirement shall be satisfied by testing samples in accordance with 10.6.2 or by a declaration from the fuse manufacturer confirming acceptability of the fuse for encapsulation. Alternatively, the fuse shall be sealed prior to encapsulation.

Fuses used to protect components shall be replaceable only by opening the apparatus enclosure. For replaceable fuses the type designation and the fuse rating I_n or the characteristics important to intrinsic safety shall be marked adjacent to the fuses.

Fuses shall have a rated voltage of at least U_m (or U_i in intrinsically safe apparatus and circuits) although they do not have to conform to Table 5. General industrial standards for the construction of fuses and fuseholders shall be applied and their method of mounting including the connecting wiring shall not reduce the clearances, creepage distances and separations afforded by the fuse and its holder. Where required for intrinsic safety, the distances to other parts of the circuit shall comply with 6.1.1 or 6.1.2.

NOTE 1 Microfuses conforming to IEC 60127 are acceptable.

A fuse shall have a breaking capacity not less than the maximum prospective current of the circuit in which it is installed. For mains electricity supply systems not exceeding 250 V a.c., the prospective current shall normally be considered to be 1 500 A a.c. The breaking capacity of the fuse is determined according to IEC 60127 or ANSI/UL 248-1 and shall be stated by the manufacturer of the fuses.

NOTE 2 Higher prospective currents may be present in some installations, for example at higher voltages.

If a current-limiting device is necessary to limit the prospective current to a value not greater than the rated breaking capacity of the fuse, this device shall be infallible in accordance with Clause 8 and the rated values shall be at least:

- current rating $1.5 \times 1.7 \times I_n$;
- voltage rating U_m or U_i ;
- power rating $1.5 \times (1.7 \times I_n)^2 \times$ maximum resistance of limiting device.

Creepage and clearance distances across the current limiting resistor and its connecting tracks shall be calculated using the voltage of $1.7 \times I_n \times$ maximum resistance of the current limiting resistor. The transient voltage shall not be considered. The separation distances between the resistor and other parts of the circuit shall comply with 6.1.1 or 6.1.2.

7.4 Primary and secondary cells and batteries

Contrary to 23.1 of IEC 60079-0 cells and batteries are permitted to be connected in parallel in intrinsically safe apparatus provided that intrinsic safety is not impaired.

NOTE The parallel battery requirement of 23.1 of IEC 60079-0 does not apply to cells and batteries in associated apparatus unless they are protected by one of the types of protection listed in IEC 60079-0.

7.4.1 General

Some types of cells and batteries, for example some lithium types, may explode if short-circuited or subjected to reverse charging. Where such an explosion could adversely affect intrinsic safety, the use of such cells and batteries must be confirmed by their manufacturer as being safe for use in any particular intrinsically safe or associated apparatus when 5.2, 5.3 or 5.4, as appropriate, is applied. The documentation and, if practicable, the marking for the apparatus shall draw attention to the safety precautions to be observed.

Where batteries are intended to be replaced by the user, the apparatus shall be marked with a warning label as specified in item a) of 12.3.

NOTE Attention is drawn to the fact that the cell or battery manufacturer often specifies precautions for the safety of personnel.

7.4.2 Electrolyte leakage and ventilation

Either cells and batteries shall be of a type from which there can be no spillage of electrolyte or they shall be enclosed to prevent damage by the electrolyte to the component upon which safety depends. Cells and batteries shall be tested in accordance with 10.5.2, or written confirmation shall be obtained from the cell/battery manufacturer that the product conforms to 10.5.2. If cells and batteries which leak electrolyte are encapsulated in accordance with 6.6, they shall be tested in accordance with 10.5.2 after encapsulation.

Where the apparatus contains cells or batteries that are charged within them, the battery manufacturer shall demonstrate that the concentration of hydrogen in the free volume of the battery container cannot exceed 2 % by volume, or the degassing apertures of all cells shall be so arranged that the escaping gases are not vented into any enclosure of the apparatus containing electrical or electronic components or connections. Alternatively, where the apparatus meets the requirements for Level of Protection "ia" or "ib" and apparatus group IIC, the requirement of degassing apertures or limitation of hydrogen concentration is not necessary.

NOTE 1 It is not a requirement of this standard that the conformity of the battery manufacturer's specification of the concentration of hydrogen needs to be verified.

The pressure above atmospheric inside the battery container shall not exceed 30 kPa (0,3 bar). Battery containers that are sealed shall be tested in accordance with 10.5.4.

NOTE 2 This may be achieved by a vent.

NOTE 3 In "sealed" cells, a higher pressure is permissible, but each cell should then be provided with a pressure relief device or means to limit the pressure to a value that can be contained by the cell, as specified by the manufacturer.

7.4.3 Cell voltages

For the purpose of evaluation and test, the cell voltage shall be that specified in Tables 6 and 7 of IEC 60079-0. When a cell is not listed in these tables, it shall be tested in accordance with 10.5 to determine the maximum open circuit voltage, and the nominal voltage shall be that specified by the cell manufacturer.

7.4.4 Internal resistance of cell or battery

Where required, the internal resistance of a cell or battery shall be determined in accordance with 10.5.3.

7.4.5 Batteries in apparatus protected by other means of protection

NOTE 1 This clause refers to equipment that is protected by flameproof (or other technique), but contains a battery and associated circuits that require intrinsic safety protection when the mains supply is withdrawn and the enclosure is opened in the explosive gas atmosphere.

The battery housing or means of attachment to apparatus shall be constructed so that the battery can be installed and replaced without adversely affecting the intrinsic safety of the apparatus.

Where a current limiting resistor is used to limit the current that may be withdrawn from the battery, it is to be rated in accordance with 7.1. Current limiting resistors in series with cells or batteries shall be rated at the maximum voltage U_m unless otherwise protected. In this instance protection can be achieved by use of a single zener diode rated in accordance with 7.1.

NOTE 2 Where a current-limiting device is necessary to ensure the safety of the battery output, there is no requirement for the current-limiting device to be an integral part of the battery.

7.4.6 Batteries used and replaced in explosive gas atmospheres

Where a battery requires current-limiting devices to ensure the safety of the battery itself and is intended to be used and to be replaced in an explosive gas atmosphere, it shall form a completely replaceable unit with its current-limiting devices. The unit shall be encapsulated or enclosed so that only the intrinsically safe output terminals and suitably protected intrinsically safe terminals for charging purposes (if provided) are exposed.

The unit shall be subjected to the drop test in accordance with 26.4.3 of IEC 60079-0 except that the prior impact test shall be omitted. The construction of the unit shall be considered adequate if the test does not result in the ejection or separation of the cells from the unit and/or current-limiting device in such a way as to invalidate the intrinsic safety of the unit.

7.4.7 Batteries used but not replaced in explosive gas atmospheres

If the cell or battery, requiring current-limiting devices to ensure the safety of the battery itself, is not intended to be replaced in the explosive gas atmosphere, it shall either be protected in accordance with 7.4.6 or alternatively it may be housed in a compartment with special fasteners, for example those specified by IEC 60079-0. It shall also conform to the following:

- a) the cell or battery housing or means of attachment shall be arranged so that the cell or battery can be installed and replaced without reducing the intrinsic safety of the apparatus;
- b) handheld electrical apparatus or electrical apparatus carried on the person, ready for use, such as radio receivers and transceivers shall be subjected to the drop test in accordance with 26.4.3 of IEC 60079-0 except that the prior impact test shall be omitted. The construction of the apparatus shall be considered adequate if the test does not result in the ejection or separation of the cells from the apparatus in such a way as to invalidate the intrinsic safety of the apparatus or battery;
- c) the apparatus shall be marked with a warning label as specified in item b) of 12.3 or item b) of 29.8 of IEC 60079-0.

7.4.8 External contacts for charging batteries

Cell or battery assemblies with external charging contacts shall be provided with means to prevent short-circuiting or to prevent the cells and batteries from delivering ignition-capable energy to the contacts when any pair of the contacts is accidentally short-circuited. This shall be accomplished in one of the following ways:

- a) blocking diodes or an infallible series resistor shall be placed in the charging circuits. For level of protection "ia" three diodes, for level of protection "ib" two diodes, and for level of protection "ic" one diode, shall be used. To protect these diodes or resistors against excess currents or voltages during charging, either a battery charger shall be defined or the diodes or resistor shall be protected by an appropriately rated fuse. The fuse shall either be encapsulated or shall not carry any current when situated in an explosive gas atmosphere;
- b) for Group II electrical apparatus, a degree of protection by enclosure of at least IP30 shall be provided for the suitably protected charging circuit and shall be marked with a warning label as specified in item c) of 12.3 (or item b) of 29.8 of IEC 60079-0). The separation distances between the charging contacts shall comply with 6.3 considering the open-circuit voltage of the battery.

The maximum voltage U_m which can be applied to these connection facilities shall be marked on the apparatus and may be stated in the control drawing.

7.4.9 Battery construction

The spark ignition capability and surface temperature of cells and batteries shall be tested or assessed in accordance with 10.5.3. The cell or battery construction shall be one of the following types:

- a) sealed (gas-tight) cells or batteries;
- b) sealed (valve-regulated) cells or batteries;
- c) cells or batteries which are intended to be sealed in a similar manner to items a) and b) apart from a pressure relief device.

Such cells or batteries shall not require addition of electrolyte during their life and shall have a sealed metallic or plastics enclosure conforming to the following:

- 1) without seams or joints, for example solid-drawn, spun or moulded, joined by fusion, eutectic methods, welding or adhesives sealed with elastomeric or plastics sealing devices retained by the structure of the enclosure and held permanently in compression, for example washers and "o" rings;
- 2) swaged, crimped, shrunk on or folded construction of parts of the enclosure which do not conform with the above or parts using materials which are permeable to gas, for example paper based materials, shall not be considered to be sealed;

- 3) seals around terminals shall be either constructed as above or be poured seals of thermosetting or thermoplastic compound;
- d) cells or batteries encapsulated in a casting compound specified by the manufacturer of the casting compound as being suitable for use with the electrolyte concerned and conforming to 6.6.

A declaration of conformance to a) or b) shall be obtained from the manufacturer of the cell or battery. Conformance to c) or d) shall be determined by physical examination of the cell or battery and where necessary its constructional drawings.

NOTE It is not a requirement of this standard that the conformity of the cell or battery manufacturer's specification needs to be verified.

7.5 Semiconductors

7.5.1 Transient effects

In associated apparatus, semiconductor devices shall be capable of withstanding the peak of the a.c. voltage and the maximum d.c. voltage divided by any infallible series resistance.

In an intrinsically safe apparatus, any transient effects generated within the apparatus and its power sources shall be ignored.

7.5.2 Shunt voltage limiters

Semiconductors may be used as shunt voltage limiting devices provided that they conform to the following requirements and provided that relevant transient conditions are taken into account. For example, the inclusion of a single fuse and zener rated in accordance with 7.1 is considered as an adequate means of limiting transients for circuits connected at the zener.

Semiconductors shall be capable of carrying, without open-circuiting, 1,5 times the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode. In the following cases, this shall be confirmed from their manufacturer's data by:

- a) diodes, diode connected transistors, thyristors and equivalent semiconductor devices having a forward current rating of at least 1,5 times the maximum possible short-circuit current for level of protection "ia" or "ib", and 1,0 times the maximum possible short-circuit current for level of protection "ic",
- b) Zener diodes being rated:
 - 1) in the Zener direction at 1,5 times the power that would be dissipated in the Zener mode, and
 - 2) in the forward direction at 1,5 times the maximum current that would flow if they were short-circuited for level of protection "ia" or "ib", and 1,0 times the maximum current that would flow if they were short-circuited for level of protection "ic".

For level of protection "ia", the application of controllable semiconductor components as shunt voltage limiting devices, for example transistors, thyristors, voltage/current regulators, etc., is permitted if both the input and output circuits are intrinsically safe circuits or where it can be shown that they cannot be subjected to transients from the power supply network. In circuits complying with the above, two devices are considered to be an infallible assembly.

For level of protection "ia", three thyristors may be used in associated apparatus provided the transient conditions of 7.5.1 are met. Circuits using shunt thyristors shall also be tested in accordance with 10.1.5.3.

7.5.3 Series current limiters

The use of three series blocking diodes in circuits of level of protection "ia" is permitted, however, other semiconductors and controllable semiconductor devices shall be used as series current-limiting devices only in level of protection "ib" or "ic" apparatus.

However, for power limitation purposes, level of protection "ia" apparatus may use series current limiters consisting of controllable and non-controllable semiconductor devices.

NOTE The use of semiconductors and controllable semiconductor devices as current-limiting devices for spark ignition limitation is not permitted for level of protection "ia" apparatus because of their possible use in areas in which a continuous or frequent presence of an explosive gas atmosphere may coincide with the possibility of a brief transient which could cause ignition. The maximum current that may be delivered may have a brief transient but will not be taken as I_o , because the compliance with the spark ignition test of 10.1 would have established the successful limitation of the energy in this transient.

7.6 Failure of components, connections and separations

For levels of protection "ia" and "ib", where a component is rated in accordance with 7.1, its failure shall be a countable fault. For level of protection "ic", where a component is rated in accordance with 7.1, it is not considered to fail.

The application of 5.2 and 5.3 shall include the following:

- a) where a component is not rated in accordance with 7.1, its failure shall be a non-countable fault. Where a component is rated in accordance with 7.1, its failure shall be a countable fault;
- b) where a fault can lead to a subsequent fault or faults, then the primary and subsequent faults shall be considered to be a single fault;
- c) the failure of resistors to any value of resistance between open circuit and short circuit shall be taken into account (but see 8.4);
- d) semiconductor devices shall be considered to fail to short circuit or to open circuit and to the state to which they can be driven by failure of other components:
 - for surface temperature classification, failure of any semiconductor device to a condition where it dissipates maximum power shall be taken into account. However, diodes (including LED's and zener diodes) operated within the requirements of 7.1 shall only be considered for the power they shall dissipate in the forward conducting mode, or zener mode, if applicable;
 - integrated circuits can fail so that any combination of short and open circuits can exist between their external connections. Although any combination can be assumed, once that fault has been applied, it cannot be changed, for example by application of a second fault. Under this fault situation any capacitance and inductance connected to the device shall be considered in their most onerous connection as a result of the applied fault;
 - when considering the voltage available on the external pins of an integrated circuit that includes voltage converters (for example for voltage increase or voltage inversion), the internal voltages need not be considered, provided that the enhanced voltage is not present at any external pin and no external components like capacitors or inductors are used for the conversion e.g. EEPROMS. If the enhanced voltage is available at any external pin, then the enhanced voltage shall be assumed to be present on all external pins of the integrated circuit;

NOTE It is not a requirement of this standard that the manufacturer's specification for the integrated circuit needs to be verified.

- e) connections shall be considered to fail to open-circuit and, if free to move, may connect to any part of the circuit within the range of movement. The initial break is one countable fault and the reconnection is a second countable fault (but see 8.7);
- f) clearances, creepage and separation distances shall be taken into account in accordance with 6.3;
- g) failure of capacitors to open-circuit, short-circuit and any value less than the maximum specified value shall be taken into account (but see 8.5);
- h) failure of inductors to open-circuit and any value between nominal resistance and short-circuit but only to inductance to resistance ratios lower than that derived from the inductor specifications shall be taken into account;
- i) open-circuit failure of any wire or printed circuit track, including its connections, shall be considered as a single countable fault.

Insertion of the spark test apparatus to effect an interruption, short-circuit or earth fault shall not be considered as a countable fault but as a test in normal operation.

Infallible connections and separations in accordance with Clause 8 shall not be considered as producing a fault and the spark test apparatus shall not be inserted in series with such connections or across such separations. However, where infallible connections and separations are not encapsulated or covered by a coating in accordance with Clause 6 or do not maintain an enclosure integrity of at least IP20 when exposing connection facilities, the spark test apparatus shall be inserted in series with such connections or across such separations.

7.7 Piezo-electric devices

Piezo-electric devices shall be tested in accordance with 10.7.

7.8 Electrochemical cells for the detection of gases

Electrochemical cells used for detection of gases shall be considered for their addition to voltages and currents which may affect spark ignition assessment and testing. However, they need not be considered for their addition to the power for thermal ignition assessment of the apparatus.

8 Infallible components, infallible assemblies of components and infallible connections on which intrinsic safety depends

The requirements of this clause do not apply to level of protection “ic”.

8.1 Mains transformers

Infallible mains transformers shall be considered as not being capable of failing to a short-circuit between any winding supplying an intrinsically safe circuit and any other winding. Short-circuits within windings and open circuits of windings shall be considered to occur. The combination of faults which would result in an increased output voltage or current shall not be considered.

8.1.1 Protective measures

The input circuit of infallible mains transformers intended for supplying intrinsically safe circuits shall be protected either by a fuse conforming to 7.3 or by a suitably rated circuit-breaker.

If the input and output windings are separated by an earthed metal screen (see type 2b) construction in 8.1.2), each non-earthed input line shall be protected by a fuse or circuit-breaker.

Where, in addition to the fuse or circuit-breaker, an embedded thermal fuse or other thermal device is used for protection against overheating of the transformer, a single device shall be sufficient.

Fuses, fuseholders, circuit-breakers and thermal devices shall conform to an appropriate recognized standard.

NOTE It is not a requirement of this standard that the manufacturer's specification for the fuses, fuseholders, circuit-breakers and thermal devices needs to be verified.

8.1.2 Transformer construction

All windings for supplying intrinsically safe circuits shall be separated from all other windings by one of the following types of construction.

For type 1 construction, the windings shall be placed either

- a) on one leg of the core, side by side, or
- b) on different legs of the core.

The windings shall be separated in accordance with Table 5.

For type 2 construction, the windings shall be wound one over another with either

- a) solid insulation in accordance with Table 5 between the windings, or
- b) an earthed screen (made of copper foil) between the windings or an equivalent wire winding (wire screen). The thickness of the copper foil or the wire screen, shall be in accordance with Table 6.

NOTE This ensures that, in the event of a short-circuit between any winding and the screen, the screen will withstand, without breakdown, the current which flows until the fuse or circuit-breaker functions.

Manufacturer's tolerances shall not reduce the values given in Table 6 by more than 10 % or 0,1 mm, whichever is the smaller.

Table 6 – Minimum foil thickness or minimum wire diameter of the screen in relation to the rated current of the fuse

Rating of the fuse A	0,1	0,5	1	2	3	5
Minimum thickness of the foil screen mm	0,05	0,05	0,075	0,15	0,25	0,3
Minimum diameter of the wire of the screen mm	0,2	0,45	0,63	0,9	1,12	1,4

The foil screen shall be provided with two mechanically separate leads to the earth connection, each of which is rated to carry the maximum continuous current which could flow before the fuse or circuit-breaker operates, for example $1,7 I_n$ for a fuse.

A wire screen shall consist of at least two electrically independent layers of wire, each of which is provided with an earth connection rated to carry the maximum continuous current which could flow before the fuse or circuit-breaker operates. The only requirement of the insulation between the layers is that it shall be capable of withstanding a 500 V test in accordance with 10.3.

The cores of all mains supply transformers shall be provided with an earth connection, except where earthing is not required for the type of protection, for example when transformers with insulated cores are used. For transformers using ferrite cores, there is no requirement for grounding the core, but the ferrite shall be considered as conductive for segregation purposes, unless adequate information is available to prove that the core material is insulating.

Windings supplying separate intrinsically safe circuits shall be separated from each other and all other windings in accordance to Table 5.

The transformer windings shall be consolidated, for example by impregnation or encapsulation.

NOTE Use of impregnation to consolidate the windings may not meet the requirements for separation.

8.1.3 Transformer type tests

The transformer together with its associated devices, for example fuses, circuit breakers, thermal devices and resistors connected to the winding terminations, shall maintain a safe electrical isolation between the power supply and the intrinsically safe circuit even if any one of the output windings is short-circuited and all other output windings are subjected to their maximum rated electrical load.

Where a series resistor is either incorporated within the transformer, or encapsulated with the transformer so that there is no bare live part between the transformer and the resistor, or mounted so as to provide creepage distances and clearances conforming to Table 5, and if the resistor remains in circuit after the application of Clause 5, then the output winding shall not be considered as subject to short-circuit except through the resistor.

Transformers shall comply with the tests specified in 10.10.

8.1.4 Routine test of mains transformers

Each mains transformer shall be tested in accordance with 11.2.

8.2 Transformers other than mains transformers

The infallibility and failure modes of these transformers shall conform to 8.1.

NOTE These transformers can be coupling transformers such as those used in signal circuits or transformers for other purposes, for example those used for inverter supply units.

The construction and testing of these transformers shall conform to 8.1 except that they shall be tested at the load that gives maximum power dissipation in the transformer without open circuiting the windings, to ensure that the insulation is rated correctly. Where it is not practicable to operate the transformer under alternating current conditions, each winding shall be subjected to a direct current of $1,7 I_n$ in the type test of 8.1.3. However, the routine test in accordance with 11.2 shall use a reduced voltage between the input and output windings of $2 U + 1\ 000 \text{ V r.m.s. or } 1\ 500 \text{ V}$, whichever is the greater, U being the highest rated voltage of any winding under test.

If such transformers are connected on both sides to intrinsically safe circuits, then a reduced voltage of 500 V between the primary winding and the secondary winding must be applied for a routine test, as given in 11.2

When such transformers are connected to non-intrinsically safe circuits derived from mains voltages, then either protective measures in accordance with 8.1.1 or a fuse and Zener diode shall be included at the supply connection in accordance with 8.8 so that unspecified power shall not impair the infallibility of the transformer creepage distances and clearances. The rated input voltage of 8.1.3 shall be that of the Zener diode.

When such transformers are connected to intrinsically safe circuits and a fuse is not present, then each winding shall be subjected to the maximum current that can flow under the faults specified in Clause 5.

8.3 Infallible windings

8.3.1 Damping windings

Damping windings used as short-circuited turns to minimize the effects of inductance shall be considered not to be subject to open-circuit faults if they are of reliable mechanical construction, for example seamless metal tubes or windings of bare wire continuously short-circuited by soldering.

8.3.2 Inductors made by insulated conductors

Inductors made from insulated conductors are not considered to fail to a resistance or inductance value lower than the nominal resistance and inductance (taking into account the tolerances) if they comply with the following:

- the nominal conductor diameter of wires used for inductor wiring shall be at least 0,05 mm;
- the conductor shall be covered with at least two layers of insulation, or a single layer of solid insulation of thickness greater than 0,5 mm between adjacent conductors, or be made of enamelled round wire in accordance with:

- a) grade 1 of IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 or IEC 60317-13.

There shall be no failure with the minimum values of breakdown voltage listed for grade 2 and when tested in accordance with Clause 14 of IEC 60317-3, IEC 60317-7 or IEC 60317-8 there shall be no more than six faults per 30 m of wire irrespective of diameter, or

- b) grade 2 of IEC 60317-3, IEC 60317-7, IEC 60317-8 or IEC 60317-13.

The manufacturer shall provide evidence of conformance with the above requirements.

NOTE It is not a requirement of this standard that the conformity of the manufacturer's specification of the insulation to Grade 1 or Grade 2 needs to be verified.

- windings after having been fastened or wrapped shall be dried to remove moisture before impregnation with a suitable substance by dipping, trickling or vacuum impregnation. Coating by painting or spraying is not recognized as impregnation;
- the impregnation shall be carried out in compliance with the specific instructions of the manufacturer of the relevant type of impregnating substance and in such a way that the spaces between the conductors are filled as completely as possible and that good cohesion between the conductors is achieved;
- if impregnating substances containing solvents are used, the impregnation and drying process shall be carried out at least twice.

8.4 Current-limiting resistors

Current-limiting resistors shall be one of the following types:

- a) film type;
- b) wire wound type with protection to prevent unwinding of the wire in the event of breakage;
- c) printed resistors as used in hybrid and similar circuits covered by a coating conforming to 6.3.8 or encapsulated in accordance with 6.3.4.

An infallible current-limiting resistor shall be considered as failing only to an open-circuit condition which shall be considered as one countable fault.

A current-limiting resistor shall be rated in accordance with the requirements of 7.1, to withstand at least 1,5 times the maximum voltage and to dissipate at least 1,5 times the maximum power that can arise in normal operation and under the fault conditions defined in Clause 5. Faults between turns of correctly rated wire wound resistors with coated windings shall not be taken into account. The coating of the winding shall be assumed to comply with the required CTI value in accordance with Table 5 at its manufacturer's voltage rating.

Cold resistance (at the minimum ambient temperature) of fuses and filaments of the bulbs may be considered as infallible current limiting resistors where they are used within their normal operating conditions. The filament of the bulb is only permitted to be assessed as current limiting component for hand lights and cap lights. In the absence of available information, this may be taken as the minimum resistance at the minimum ambient temperature when measured as required in 10.4.

NOTE The bulb needs to be protected by a type of protection other than intrinsic safety.

8.5 Blocking capacitors

Either of the two series capacitors in an infallible arrangement of blocking capacitors shall be considered as being capable of failing to short or open circuit. The capacitance of the assembly shall be taken as the most onerous value of either capacitor and a safety factor of 1,5 shall be used in all applications of the assembly.

Blocking capacitors shall be of a high reliability solid dielectric type. Electrolytic or tantalum capacitors shall not be used. The external connections of the assembly shall comply with 6.3 but these separation requirements shall not be applied to the interior of the blocking capacitors.

The insulation of each capacitor shall conform to the dielectric strength requirements of 6.3.12 applied between its electrodes and also between each electrode and external conducting parts. Where blocking capacitors are used between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, the blocking capacitors are to be assessed as a capacitive coupling between these circuits. The energy transmitted is calculated using U_m and the most onerous value of either capacitor and shall be in accordance with the permissible ignition energy of 10.7. All possible transients shall be taken into account, and the effect of the highest nominal operating frequency (as that supplied by the manufacturer) in that part of the circuit shall be considered.

Where such an assembly also conforms to 8.8, it shall be considered as providing infallible galvanic separation for direct current.

Capacitors connected between the frame of the apparatus and an intrinsically safe circuit shall conform to 6.3.12. Where their failure by-passes a component on which the intrinsic safety of the circuit depends, they shall also conform to the requirements for blocking capacitors.

NOTE The normal purpose of capacitors connected between the frame and circuit is the rejection of high frequencies.

8.6 Shunt safety assemblies

8.6.1 General

An assembly of components shall be considered as a shunt safety assembly when it ensures the intrinsic safety of a circuit by the utilization of shunt components.

Where diodes or Zener diodes are used as the shunt components in an infallible shunt safety assembly, they shall form at least two parallel paths of diodes. In level of protection "ia" shunt safety assemblies, only the failure of one diode shall be taken into account in the application of Clause 5. Diodes shall be rated to carry the current which would flow at their place of installation if they failed in the short-circuit mode.

NOTE 1 To prevent spark ignition when a connection breaks, encapsulation in accordance with 6.3.4 may be required.

NOTE 2 The shunt components used in these assemblies may conduct in normal operation.

Where shunt safety assemblies are subjected to power faults specified only by a value of U_m , the components of which they are formed shall be rated in accordance with 7.1. Where the components are protected by a fuse, the fuse shall be in accordance with 7.3 and the components shall be assumed to carry a continuous current of $1.7 I_h$ of the fuse. The ability of the shunt components to withstand transients shall either be tested in accordance with 10.8 or be determined by comparison of the fuse-current time characteristic of the fuse and the performance characteristics of the device.

Where a shunt safety assembly is manufactured as an individual apparatus rather than as part of a larger apparatus, then the construction of the assembly shall be in accordance with 9.2.

When considering the utilization of a shunt safety assembly as an infallible assembly, the following shall be considered:

- a) the shunt safety assembly shall not be considered to fail to an open-circuit condition;
- b) the voltage of the assembly shall be that of the highest voltage shunt path;
- c) the failure of either shunt path to short-circuit shall be considered as one fault;
- d) circuits using shunt thyristors shall be tested in accordance with 10.1.5.3.

8.6.2 Safety shunts

A shunt safety assembly shall be considered as a safety shunt when it ensures that the electrical parameters of a specified component or part of an intrinsically safe circuit are controlled to values which do not invalidate intrinsic safety.

Safety shunts shall be subjected to the required analysis of transients when they are connected to power supplies defined only by U_m in accordance with 8.6.1, except when used as follows:

- a) for the limitation of the discharge from energy storing devices, for example inductors or piezo-electric devices;
- b) for the limitation of voltage to energy storing devices, for example capacitors.

An assembly of suitably rated bridge-connected diodes shall be considered as an infallible safety shunt.

8.6.3 Shunt voltage limiters

A shunt safety assembly shall be considered as a shunt voltage limiter when it ensures that a defined voltage level is applied to an intrinsically safe circuit.

Shunt voltage limiters shall be subjected to the required analysis of transients when they are connected to power supplies defined only by U_m in accordance with 8.6.1, except when the assembly is fed from one of the following:

- a) an infallible transformer in accordance with 8.1;
- b) a diode safety barrier in accordance with Clause 9;
- c) a battery in accordance with 7.4;
- d) an infallible shunt safety assembly in accordance with 8.6.

8.7 Wiring, printed circuit board tracks, and connections

Wiring, printed circuit board tracks, including its connections which forms part of the apparatus, shall be considered as infallible against open circuit failure in the following cases:

- a) for wires:
 - 1) where two wires are in parallel, or
 - 2) where a single wire has a diameter of at least 0,5 mm and has an unsupported length of less than 50 mm or is mechanically secured adjacent to its point of connection, or
 - 3) where a single wire is of stranded or flexible ribbon type construction has a cross-sectional area of at least 0,125 mm² (0,4 mm diameter), is not flexed in service and is either less than 50 mm long or is secured adjacent to its point of connection;
- b) for printed circuit board tracks:
 - 1) where two tracks of at least 1 mm width are in parallel, or
 - 2) where a single track is at least 2 mm wide or has a width of 1 % of its length, whichever is greater.

In both the above cases, the printed circuit board track must comply with either of the following:

- each track is formed from copper cladding having a nominal thickness of not less than 33 μm ; or
- the current carrying capacity of a single track or a combination of tracks is tested for 1 h with a current of 1,5 times the maximum continuous current which can flow in the track under normal and fault condition. The application of this test current should not cause the tested track to fail to open-circuit or to be separated from its substrate at any point;

- 3) where tracks on different layers are connected by either a single via of at least 2 mm circumference and, or two parallel vias of at least 1 mm circumference, and these vias are joined to each other in accordance with 8.7b) 1) or 8.7b) 2).

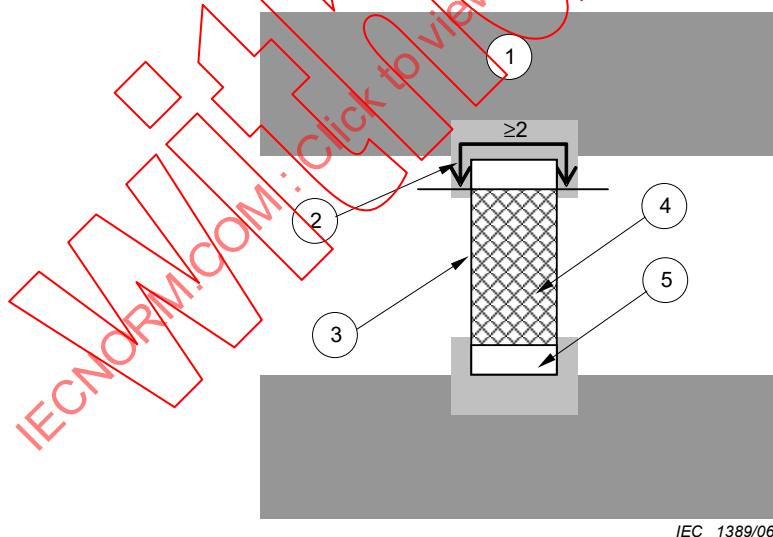
The vias must comply with either of the following:

- not less than 33 μm plating thickness; or
- the current carrying capacity of a single via is tested for 1 h with a current of 1,5 times the maximum continuous current which can flow at that point under normal and fault condition. The application of this test current should not cause the tested via to fail to open circuit or to be separated from its substrate at any point;

- c) for connections (excluding external plugs, sockets and terminals):

- 1) where there are two connections in parallel; or
- 2) where there is a single soldered joint in which the wire passes through the board (including through-plated holes) and is either bent over before soldering or, if not bent over, machine soldered or has a crimped connection or is brazed or welded; or
- 3) where there is a soldered joint of a surface mount component of at least 2 mm in length (see Figure 6); or
- 4) where there is a single connection which is screwed or bolted and conforms to 60079-7; or
- 5) where there is an internal connector within the enclosure, and the connection is comprised of at least three independent connecting elements for "ia" and at least two for "ib", with these elements connected in parallel (see Figure 5). Where the connector may be removed at an angle, one connection element shall be present at, or near to, each end of the connector.

NOTE When the connector is completely disconnected, the circuits should remain intrinsically safe.



Dimensions in millimetres

Key

- 1 PCB circuit track
- 2 Solder interface between board pad and component pad (≥ 2 mm)
- 3 Infallibly connected component
- 4 Component solder pad
- 5 PCB solder pad dimensioned per component manufacturer's specification

Figure 6 – Infallible solder connection of surface mount component in accordance with 8.7 c) 3)

8.8 Galvanically separating components

8.8.1 General

An infallible isolating component conforming to the following shall be considered as not being capable of failing to a short-circuit across the infallible separation.

8.8.2 Isolating components between intrinsically safe and non-intrinsically safe circuits

Isolating components shall comply with the following.

- a) The requirements of Table 5 shall also apply to the isolating element except that for inside sealed devices, e.g. opto-couplers, column 5, 6 and 7 shall not apply. If Table F.1 is applied, column 2 shall not apply.
- b) The non-intrinsically safe circuit connections shall be provided with protection to ensure that the ratings of the devices in accordance with 7.1 (with the exceptions given in that clause still being applicable) are not exceeded unless it can be shown that the circuits connected to these terminals cannot invalidate the infallible separation of the devices. For example, the inclusion of a single shunt zener diode protected by a suitably rated fuse according to 7.3, or a thermal device, shall be considered as sufficient protection. For this purpose Table 5 shall not be applied to the fuse and zener diode. The zener diode power rating shall be at least $1.7 I_n$ times the diode maximum zener voltage. General industrial standards for the construction of fuses and fuseholders shall be applied and their method of mounting including the connecting wiring shall not reduce the clearances, creepage distances and separations afforded by the fuse and its holder. In some applications the intrinsically safe circuit connections may require the application of similar protective techniques to avoid exceeding the rating of the opto-couplers.
- c) The components shall comply with the dielectric strength requirements in accordance with 6.3.12 between the non-intrinsically safe circuit terminals and the intrinsically safe terminals. The manufacturer's insulation test voltage for the infallible separation of the component shall be not less than the test voltage required by 6.3.12.

Galvanically separating relays shall conform to 6.3.13 and any winding shall be capable of dissipating the maximum power to which it is connected.

NOTE Derating of the relay winding in accordance with 7.1 is not required.

8.8.3 Isolating components between separate intrinsically safe circuits

Isolating components shall be considered to provide infallible separation of separate intrinsically safe circuits if the following conditions are satisfied:

- a) the rating of the device shall be according to 7.1 (with the exceptions given in that clause still being applicable) unless it can be shown that the circuits connected to these terminals cannot invalidate the infallible separation of the devices. Protective techniques (such as those indicated in 8.8.2) may be necessary to avoid exceeding the rating of the opto-coupler;
- b) the device shall comply with the dielectric strength requirements in accordance with 6.3.12. The manufacturer's insulation test voltage for the infallible separation of the component under test shall be not less than the test voltage required by 6.3.12.

9 Diode safety barriers

9.1 General

The diodes within a diode safety barrier limit the voltage applied to an intrinsically safe circuit and a following infallible current-limiting resistor limits the current which can flow into the circuit. These assemblies are intended for use as interfaces between intrinsically safe circuits and non-intrinsically safe circuits, and shall be subject to the routine test of 11.1.

The ability of the safety barrier to withstand transient faults shall be tested in accordance with 10.8.

Safety barriers containing only two diodes or diode chains and used for level of protection "ia" shall be acceptable as infallible assemblies in accordance with 8.6, provided the diodes have been subjected to the routine tests specified in 11.1.2. In this case, only the failure of one diode shall be taken into account in the application of Clause 5.

In level of protection "ic" safety barriers, the minimum requirement is a single zener diode and a current limiting resistor. These shall be adequately rated based on U_m .

9.2 Construction

9.2.1 Mounting

The construction shall be such that, when groups of barriers are mounted together, any incorrect mounting is obvious, for example by being asymmetrical in shape or colour in relation to the mounting.

9.2.2 Facilities for connection to earth

In addition to any circuit connection facility which may be at earth potential, the barrier shall have at least one more connection facility or shall be fitted with an insulated wire having a cross-sectional area of at least 4 mm² for the additional earth connection.

9.2.3 Protection of components

The assembly shall be protected against access, in order to prevent repair or replacement of any components on which safety depends either by encapsulation in accordance with 6.3.4 or by an enclosure which forms a non-recoverable unit. The entire assembly shall form a single entity.

10 Type verifications and type tests

10.1 Spark ignition test

10.1.1 General

All circuits requiring spark ignition testing shall be tested to show that they are incapable of causing ignition under the conditions specified in Clause 5 for the appropriate level of protection of apparatus.

Normal and fault conditions shall be simulated during the tests. Safety factors shall be taken into account as described in Annex A. The spark test apparatus shall be inserted in the circuit under test at each point where it is considered that an interruption, short circuit, or earth fault may occur. The spark test apparatus shall be operated in a chamber filled with the most readily ignited mixture of the test gas with air, within the limits specified in 10.1.3.1.

A circuit may be exempted from a type test with the spark-test apparatus if its structure and its electrical parameters are sufficiently well defined for its safety to be deduced from the reference curves, Figures A.1 to A.6 or Tables A.1 and A.2, by the methods described in Annex A.

Where voltages and currents are specified without specific tolerances, a tolerance of $\pm 1\%$ is to be used.

NOTE 1 A circuit assessed using the reference curves and tables may cause ignition when tested using the spark test apparatus. The sensitivity of the spark test apparatus varies, and the curves and tables are derived from a large number of such tests.

NOTE 2 Bent and frayed tungsten wires of the spark test apparatus can increase its sensitivity. This may cause invalid test results.

10.1.2 Spark test apparatus

The spark test apparatus shall be that described in Annex B except where Annex B indicates that it is not suitable. In these circumstances, an alternative test apparatus of equivalent sensitivity shall be used and justification for its use shall be included in the definitive documentation.

For level of protection "ia" and "ib", the use of the spark test apparatus to produce short circuits, interruptions and earth faults shall be a test of normal operation and is a non-countable fault

- at connection facilities,
- at internal connections or across internal creepage distances, clearances, distances through casting compound and distances through solid insulation not conforming to 6.1.1. or 6.1.2.

The spark test apparatus shall not be used

- across infallible separations, or in series with infallible connections,
- across creepage distances, clearances, distances through casting compound and distances through solid insulation conforming to Table 5 or Annex F,
- within associated apparatus other than at its intrinsically safe circuit terminals,
- between terminals of separate circuits conforming to 6.2.1, apart from the exceptions described in 7.6i).

For level of protection "ic", the spark test apparatus shall be considered for the following situations:

- across separations less than the values specified in Table 5 or Annex F;
- in place of normally sparking contacts such as plugs/sockets, switches, pushbuttons, potentiometers;
- in place of components that are not suitably rated under normal operating conditions.

10.1.3 Test gas mixtures and spark test apparatus calibration current

10.1.3.1 Explosive test mixtures suitable for tests with a safety factor of 1,0 and calibration current of the spark test apparatus

The explosive test mixtures as given in Table 7 shall be used, according to the stated apparatus group which is being tested. The explosive mixtures specified in this clause do not contain a safety factor. If a safety factor of 1,5 is required, the electrical values of the circuit shall be increased according to 10.1.4.2 a).

The sensitivity of the spark test apparatus shall be checked before each test series is carried out in accordance with 10.1.5. For this purpose, the test apparatus shall be operated in a 24 V d.c. circuit containing a 95 (± 5) mH air-cored coil. The current in this circuit shall be set at the value given in Table 7 for the appropriate group. The sensitivity shall be considered to be satisfactory if an ignition of the explosive test mixture occurs within 440 revolutions of the wire holder with the wire holder at positive polarity.

Table 7 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,0 safety factor

Group	Compositions of explosive test mixtures Vol. % in air	Current in the calibration circuit mA
I	(8,3 \pm 0,3) % methane	110 – 111
IIA	(5,25 \pm 0,25) % propane	100 – 101
IIB	(7,8 \pm 0,5) % ethylene	65 – 66
IIC	(21 \pm 2) % hydrogen	30 – 30,5

In special cases, apparatus which is to be tested and marked for use in a particular gas or vapour shall be tested in the most easily ignited concentration of that gas or vapour in air.

NOTE The purity of commercially available gases and vapours is normally adequate for these tests, but those of purity less than 95 % should not be used. The effect of normal variations in laboratory temperature and air pressure and of the humidity of the air in the explosive test mixture is also likely to be small. Any significant effects of these variations will become apparent during the routine calibration of the spark test apparatus.

10.1.3.2 Explosive test mixtures suitable for tests with a safety factor of 1,5 and calibration current of the spark test apparatus

The preferred test mixtures are those specified in 10.1.3.1 with a safety factor applied by the increase of voltage or current as applicable. Where this is not practical and a more severe test mixture is used to achieve a factor of safety, a safety factor of 1,5 is considered as having been applied for the purpose of this standard when the composition shall be as given Table 8.

Table 8 – Compositions of explosive test mixtures adequate for 1,5 safety factor

Group	Compositions of explosive test mixtures Volume %					Current in the calibration circuit mA	
	Oxygen-hydrogen-air mixture			Oxygen-hydrogen mixture			
	Hydrogen	Air	Oxygen	Hydrogen	Oxygen		
I	52 \pm 0,5	48 \pm 0,5	–	85 \pm 0,5	15 \pm 0,5	73 – 74	
IIA	48 \pm 0,5	52 \pm 0,5	–	81 \pm 0,5	19 \pm 0,5	66 – 67	
IIB	38 \pm 0,5	62 \pm 0,5	–	75 \pm 0,5	25 \pm 0,5	43 – 44	
IIC	30 \pm 0,5	53 \pm 0,5	17 \pm 0,5	60 \pm 0,5	40 \pm 0,5	20 – 21	

10.1.4 Tests with the spark test apparatus

10.1.4.1 Circuit test

The circuit to be tested shall be based on the most incendive circuit that can arise, toleranced in accordance with Clause 7 and taking into account a 10 % variation in the mains supply voltage.

The spark test apparatus shall be inserted in the circuit under test at each point where it is considered that an interruption or interconnection may occur. Tests shall be made with the circuit in normal operation, and also with one or two faults, as appropriate to the level of protection of electrical apparatus in accordance with Clause 5, and with the maximum values of the external capacitance (C_0) and inductance (L_0) or inductance to resistance ratio (L_0/R_0) for which the apparatus is designed.

Each circuit shall be tested for the following number of revolutions, with a tolerance of $+10\%$ of 0% of the wire holder in the spark test apparatus:

- a) for d.c. circuits, 400 revolutions (5 min), 200 revolutions at each polarity;
 - b) for a.c. circuits, 1 000 revolutions (12,5 min);
 - c) for capacitive circuits, 400 revolutions (5 min), 200 revolutions at each polarity. Care shall be taken to ensure that the capacitor has sufficient time to recharge (at least three time constants). The normal time for recharge is about 20 ms and where this is inadequate it shall be increased by removing one or more of the wires or by slowing the speed of rotation of the spark test apparatus. When wires are removed, the number of revolutions shall be increased to maintain the same number of sparks.

After each test in accordance with a), b) or c), calibration of the spark test apparatus shall be repeated. If the calibration does not conform to 10.1.3.2, the ignition test on the circuit under investigation shall be considered invalid.

~~10.1.4.2 Safety factors~~

NOTE The purpose of the application of a safety factor is to ensure either that a type test or assessment is carried out with a circuit which is demonstrably more likely to cause ignition than the original, or that the original circuit is tested in a more readily ignited gas mixture. In general, it is not possible to obtain exact equivalence between different methods of achieving a specified factor of safety, but the following methods provide acceptable alternatives.

Where a safety factor of 1.5 is required it shall be obtained by one of the following methods:

- a) increase the mains (electrical supply system) voltage to 110 % of the nominal value to allow for mains variations, or set other voltages, for example batteries, power supplies and voltage limiting devices at the maximum value in accordance with Clause 7, then:

 - 1) for inductive and resistive circuits, increase the current to 1,5 times the fault current by decreasing the values of limiting resistance, if the 1,5 factor cannot be obtained, further increase the voltage;
 - 2) for capacitive circuits, increase the voltage to obtain 1,5 times the fault voltage. Alternatively when an infallible current-limiting resistor is used with a capacitor, consider the capacitor as a battery and the circuit as resistive.

When using the curves in Figures A.1 to A.6 or Tables A.1 and A.2 for assessment, this same method shall be used.

- b) use the more easily ignited explosive test mixtures in accordance with Table 8.

Where a safety factor of 1,0 is required the test mixture specified in Table 7 shall be used.

10.1.5 Testing considerations

10.1.5.1 General

Spark ignition tests shall be carried out with the circuit arranged to give the most incendiive conditions. For simple circuits of the types for which the curves in Figures A.1 to A.6 apply, a short-circuit test is the most onerous. For more complex circuits, the conditions vary and a short-circuit test may not be the most onerous, for example, for constant voltage current-limited power supplies, the most onerous condition usually occurs when a resistor is placed in series with the output of the power supply and limits the current to the maximum which can flow without any reduction in voltage.

NOTE Non-linear power supplies require special consideration.

10.1.5.2 Circuits with both inductance and capacitance

Where a circuit contains energy stored in both capacitance and inductance, it may be difficult to assess such a circuit from the curves in Figures A.1 to A.6, for example where the capacitive stored energy may reinforce the power source feeding an inductor. Where the total inductance, or capacitance assessed against the requirements of Clause 5, is less than 1 % of the value allowable by using the ignition curves or tables given in Annex A, then the maximum allowable capacitance, or inductance, respectively, may be taken as that allowed by the curves or tables

The circuit shall be assessed for compliance with either of the following methods:

- a) tested with the combination of capacitance and inductance, or
- b) where linear (resistive current limiting) circuits are being considered
 - for distributed inductance and capacitance e.g. as in a cable, allow the values of L and C, determined by the ignition curves and tables given in Annex A;
 - for circuits containing up to 1 % inductance or up to 1 % capacitance determined against the requirements of Clause 5 in combination with a cable, allow the values of L and C, determined by the ignition curves and tables given in Annex A;
 - for connection of the combined inductance and capacitance where both are greater than 1 % of the allowed value (excluding the cable), allow up to 50 % each of the values of L and C, determined by the ignition curves and tables given in Annex A, when read with a safety factor of 1,5 on the current or voltage, as applicable.

10.1.5.3 Circuits using shunt short-circuit (crowbar) protection

After the output voltage has stabilized, the circuit shall be incapable of causing ignition for the appropriate level of protection of apparatus in the conditions of Clause 5. Additionally, where the type of protection relies on operation of the crowbar caused by other circuit faults, the let-through energy of the crowbar during operation shall not exceed the following value for the appropriate group:

- Group IIC apparatus 20 µJ
- Group IIB apparatus 80 µJ
- Group IIA apparatus 160 µJ
- Group I apparatus 260 µJ

As ignition tests with the spark test apparatus are not appropriate for testing the crowbar let-through energy, this let-through energy shall be assessed, for example from oscilloscope measurements.

NOTE A method of performing this test is available in Annex E.

10.1.5.4 Results of spark tests

No ignition shall occur in any test series at any of the chosen test points.

10.2 Temperature tests

All temperature data shall be referred to a reference ambient temperature of 40 °C or the maximum ambient temperature marked on the apparatus. Tests to be based on a reference ambient temperature shall be conducted at any ambient temperature between 20 °C and the reference ambient temperature. The difference between the ambient temperature at which the test was conducted and the reference ambient temperature shall then be added to the temperature measured unless the thermal characteristics of the component are non-linear, for example batteries. If the temperature rise is measured at the reference ambient temperature, that value shall be used in determining the temperature classification.

Temperatures shall be measured by any convenient means. The measuring element shall not substantially lower the measured temperature.

An acceptable method of determining the rise in temperature of a winding is as follows:

- measure the winding resistance with the winding at a recorded ambient temperature;
- apply the test current or currents and measure the maximum resistance of the winding, and record the ambient temperature at the time of measurement;
- calculate the rise in temperature from the following equation:

$$t = \frac{R}{r} (k + t_1) - (k + t_2)$$

where

t is the temperature rise, in kelvins;

r is the resistance of the winding at the ambient temperature t_1 , in ohms;

R is the maximum resistance of the winding under the test current conditions, in ohms;

t_1 is the ambient temperature, in degrees Celsius, when r is measured;

t_2 is the ambient temperature, in degrees Celsius, when R is measured;

k is the inverse of the temperature coefficient of resistance of the winding at 0 °C and has the value of 234,5 K for copper.

10.3 Dielectric strength tests

Dielectric strength tests shall be in accordance with the appropriate IEC standard.

Where there is no such standard, the following test method shall be used. The test shall be performed either with an alternating voltage of substantially sinusoidal waveform at a power frequency between 48 Hz and 62 Hz or with a d.c. voltage having no more than 3 % peak-to-peak ripple at a level 1,4 times the specified a.c. voltage.

The supply shall have sufficient volt-ampere capacity to maintain the test voltage, taking into account any leakage current which may occur.

The voltage shall be increased steadily to the specified value in a period of not less than 10 s and then maintained for at least 60 s.

The applied voltage shall remain constant during the test. The current flowing during the test shall not exceed 5 mA r.m.s. at any time.

10.4 Determination of parameters of loosely specified components

Ten unused samples of the component shall be obtained from any source or sources of supply and their relevant parameters shall be measured. Tests shall normally be carried out at, or referred to, the specified maximum ambient temperature, for example 40 °C, but where necessary, temperature-sensitive components, for example nickel cadmium cells/batteries, shall be tested at lower temperatures to obtain their most onerous conditions.

The most onerous values for the parameters, not necessarily taken from the same sample, obtained from the tests on the 10 samples shall be taken as representative of the component.

10.5 Tests for cells and batteries

10.5.1 General

Rechargeable cells or batteries shall be fully charged and then discharged at least twice before any tests are carried out. On the second discharge, or the subsequent one as necessary, the capacity of the cell or battery shall be confirmed as being within its manufacturer's specification to ensure that tests can be carried out on a fully charged cell or battery which is within its manufacturer's specification.

When a short-circuit is required for test purposes the resistance of the short-circuit link, excluding connections to it, either shall not exceed 3 mΩ or have a voltage drop across it not exceeding 200 mV or 15 % of the cell e.m.f. The short-circuit shall be applied as close to the cell or battery terminals as practicable.

10.5.2 Electrolyte leakage test for cells and batteries

Ten test samples shall be subjected to the most onerous of the following:

- short circuit until discharged;
- application of input or charging currents within the manufacturer's recommendations;
- charging a battery within the manufacturer's recommendations with one cell fully discharged or suffering from polarity reversal.

The conditions above shall include any reverse charging due to conditions arising from the application of 5.2 and 5.3. They shall not include the use of an external charging circuit which exceeds the charging rates recommended by the manufacturer of the cell or battery.

The test samples shall be placed with any case discontinuities, for example seals, facing downward or in the orientation specified by the manufacturer of the device, over a piece of blotting paper for a period of at least 12 h after the application of the above tests. There shall be no visible sign of electrolyte on the blotting paper or on the external surfaces of the test samples. Where casting compound has been applied to achieve conformance to 7.4.9, examination of the cell at the end of the test shall show no damage which would invalidate conformance with 7.4.9.

10.5.3 Spark ignition and surface temperature of cells and batteries

If a battery comprises a number of discrete cells or smaller batteries combined in a well-defined construction conforming to the segregation and other requirements of this standard, then each discrete element shall be considered as an individual component for the purpose of testing. Except for specially constructed cells where it can be shown that short circuits between cells cannot occur, the failure of each element shall be considered as a single fault. In less well-defined circumstances, the battery shall be considered to have a short-circuit failure between its external terminals.

Cells and batteries which conform to 7.4.9 shall be tested or assessed as follows.

- a) Spark ignition assessment or testing shall be carried out at the cell or battery external terminals, except where a current-limiting device is included and the junction of this device and the cell or battery conforms to 6.6. The test or assessment shall then include the current-limiting device.

Where the apparatus contains cells that shall not be charged in the explosive gas atmosphere, the spark ignition discharge at the terminals of a single cell does not require to be tested, provided that:

- the single cell delivers a peak open-circuit voltage of less than 4,5 V, and
- the product of the maximum voltage and transient current at the cell terminals does not exceed 33 W.

NOTE 1 This relaxation of not requiring to test the spark discharge at the terminals of a single cell is based on the fact that at 4,5 V, the voltage is too low to strike an arc in the absence of inductance, and the resistive ignition curves in Annex A allow up to 33 W as a product of voltage and current, with a safety factor of 1,5 for Group IIC included.

When the internal resistance of a cell or battery is to be included in the assessment of intrinsic safety, its minimum resistance value shall be specified. If the cell/battery manufacturer is unable to confirm the minimum value of internal resistance, the most onerous value of short-circuit current from a test of 10 samples of the cell/battery together with the peak open-circuit voltage in accordance with 7.4.3 of the cell/battery to determine the internal resistance.

- b) The maximum surface temperature shall be determined as follows. All current-limiting devices external to the cell or battery shall be short-circuited for the test. Any external sheath (of paper or metal, etc.) not forming part of the actual cell enclosure shall be removed for the test. The temperature shall be determined on the outer enclosure of each cell or battery and the maximum figure taken. The test shall be carried out both with internal current-limiting devices in circuit and with the devices short-circuited using 10 cells in each case. The 10 samples having the internal current-limiting devices short-circuited shall be obtained from the cell/battery manufacturer together with any special instructions or precautions necessary for safe use and testing of the samples.

NOTE 2 When determining the surface temperature of most batteries, the effect of built-in protective devices, for example fuses or PTC resistors, is not taken into account because this is an assessment of a possible internal fault, for example failure of a separator.

NOTE 3 While determining the maximum surface temperature of a battery comprising more than one cell, provided that the cells are adequately segregated from each other, only one cell must be shorted at one time to determine this maximum surface temperature. (This is based on the extreme unlikelihood of more than one cell shorting at one time.)

10.5.4 Battery container pressure tests

Five samples of the battery container shall be subjected to a pressure test to determine the venting pressure. Pressure shall be applied to the inside of the container. The pressure is to be gradually increased until venting occurs. The maximum venting pressure shall be recorded and shall not exceed 30 kPa.

The maximum recorded venting pressure shall be applied to a sample of the battery container for a period of at least 60 s. There shall be no drop in pressure. After testing the sample shall be subjected to a visual inspection. There shall be no visible damage or permanent deformation.

If spacings within the battery container are based on Table 5, then the pressure test need not be carried out on a sample that has been submitted to the thermal endurance tests of IEC 60079-0. If spacings within the battery container are based on Annex F then the pressure test shall be carried out on a sample that has been submitted to the thermal endurance tests and additionally, if portable apparatus, the drop test of IEC 60079-0.

10.6 Mechanical tests

10.6.1 Casting compound

A force of 30 N shall be applied perpendicular to the exposed surface of casting compound with a 6 mm diameter flat ended metal rod for 10 s. No damage to or permanent deformation of the encapsulation or movement greater than 1 mm shall occur.

Where a free surface of casting compound occurs, in order to ensure that the compound is rigid but not brittle, one of the following impact tests shall be carried out on the surface of the casting compound at $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ using the test apparatus described in Annex C of IEC 60079-0:

- a) for Group I applications where casting compound forms part of the external enclosure and is used to exclude an explosive gas atmosphere, a minimum impact energy of 20 J shall be used;
- b) for all other applications, a minimum impact energy of 2 J shall be used.

The casting compound shall remain intact and no permanent deformation shall occur. Minor surface cracks shall be ignored.

10.6.2 Sealing of components before encapsulation

Where components are required to be encapsulated, and the encapsulation could enter the interior of the component and affect safety, the following test is to be performed on five samples of each component before encapsulation is applied.

With the test samples at an initial temperature of $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, they shall be immersed suddenly in water at a temperature of $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ to a depth of not less than 25 mm for 1 min. The devices are considered to be satisfactory if no bubbles emerge from the sample during this test.

10.6.3 Partitions

Partitions shall withstand a minimum force of 30 N applied by a 6 mm diameter solid test rod. The force shall be applied to the approximate centre of the partition for at least 10 s. There shall be no deformation of the partition that would make it unsuitable for its purpose.

10.7 Tests for apparatus containing piezoelectric devices

Measure both the capacitance of the device and also the voltage appearing across it when any part of the apparatus which is accessible in service is impact tested in accordance with the "high" column of Table 8 in IEC 60079-0 carried out at $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ using the test apparatus in Annex C of IEC 60079-0. For the value of voltage, the higher figure of the two tests on the same sample shall be used.

When the apparatus containing the piezoelectric device includes a guard to prevent a direct physical impact, the impact test shall be carried out on the guard with both the guard and the apparatus mounted as intended by the manufacturer.

The maximum energy stored by the capacitance of the crystal at the maximum measured voltage shall not exceed the following:

- for Group I apparatus: 1 500 μ J
- for Group IIA apparatus: 950 μ J
- for Group IIB apparatus: 250 μ J
- for Group IIC apparatus: 50 μ J

Where the electrical output of the piezoelectric device is limited by protective components or guards, these components or guards shall not be damaged by the impact in such a way as to allow the type of protection to be invalidated.

Where it is necessary to protect the apparatus from external physical impact in order to prevent the impact energy exceeding the specified values, details of the requirements shall be specified as special conditions for safe use and the apparatus shall be marked with the symbol X as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

10.8 Type tests for diode safety barriers and safety shunts

The following tests are used to demonstrate that the safety barrier or safety shunt can withstand the effects of transients.

Infallibly rated resistors shall be considered to be capable of withstanding any transient to be expected from the specified supply.

The diodes shall be shown to be capable of withstanding the peak U_m divided by the value (at the minimum ambient temperature) of the fuse resistance and any infallible resistance in series with the fuse, either by the diode manufacturer's specification or by the following test.

Subject each type of diode in the direction of utilization (for Zener diodes, the Zener direction) to five rectangular current pulses each of 50 μ s duration repeated at 20 ms intervals, with a pulse amplitude of the peak of the U_m divided by the "cold" resistance value of the fuse at the minimum ambient temperature (plus any infallible series resistance which is in circuit). Where the manufacturer's data shows a pre-arching time greater than 50 μ s at this current, the pulse width will be changed to represent the actual pre-arching time. Where the pre-arching time cannot be obtained from the available manufacturer's data, 10 fuses shall be subjected to the calculated current, and their pre-arching time measured. This value, if greater than 50 μ s, shall be used.

The diode voltage shall be measured at the same current before and after this test. The test current shall be typically that specified by the component manufacturer. The measured voltages shall not differ by more than 5 % (the 5 % includes the uncertainties of the test apparatus). The highest voltage elevation observed during the test shall be used as the peak value of a series of pulses to be applied in a similar manner as above to any semiconductor current-limiting devices. After testing, these devices shall again be checked for conformity to the component manufacturer's specification.

From a generic range manufactured by a particular manufacturer, it is necessary to test only a representative sample of a particular voltage to demonstrate the acceptability of the generic range.

10.9 Cable pull test

The cable pull test shall be carried out as follows:

- apply a tensile force of minimum value 30 N on the cable in the direction of the cable entrance into the apparatus for the duration of at least 1 h;
- although the cable sheath may be displaced, no visible displacement of the cable terminations shall be observed;
- this test shall not be applied to individual conductors which are permanently connected and do not form part of a cable.

10.10 Transformer tests

The requirement for safe electrical isolation is satisfied if the transformer passes the routine test, the type test described below and subsequently withstands a test voltage (see 10.3) of $2 U + 1\,000$ V or 1 500 V, whichever is the greater, between any winding(s) used to supply intrinsically safe circuits and all other windings, U being the highest rated voltage of any winding under test.

The input voltage is set to the rated voltage of the transformer. The input current shall be adjusted up to $1,7 I_n \pm 10\%$ of the fuse or to the maximum continuous current which the circuit-breaker will carry without operating by increasing the load on the secondary windings. Where the increase of load is limited by reaching a short circuit on all secondary windings, the test shall proceed using the rated input voltage and the maximum input current reached under these conditions.

The test shall continue for at least 6 h or until the non-resetting thermal trip operates. When a self-resetting thermal trip is used, the test period shall be extended to at least 12 h.

For type 1 and type 2a) transformers, the transformer winding temperature shall not exceed the permissible value for the class of insulation given in IEC 60085. The winding temperature shall be measured in accordance with 10.2.

For type 2b) transformers where insulation from earth of the windings used in the intrinsically safe circuit is required, then the requirement shall be as above. However, if insulation from earth is not required, then the transformer shall be accepted providing that it does not burst into flames.

11 Routine verifications and tests

11.1 Routine tests for diode safety barriers

11.1.1 Completed barriers

A routine test shall be carried out on each completed barrier to check correct operation of each barrier component and the resistance of any fuse. The use of removable links to allow this test shall be acceptable provided that intrinsic safety is maintained with the links removed.

11.1.2 Diodes for 2-diode "ia" barriers

The voltage across the diodes shall be measured as specified by their manufacturer at ambient temperature before and after the following tests:

- subject each diode to a temperature of 150 °C for 2 h;
- subject each diode to the pulse current test in accordance with 10.8.

11.2 Routine tests for infallible transformers

For routine tests, the voltages applied to infallible transformers shall conform to the values given in Table 9, where U is the highest rated voltage of any winding under test. The test voltage shall be applied for a period of at least 60 s.

Alternatively, the test may be carried out at 1,2 times the test voltage, but with reduced duration of at least 1 s.

The applied voltage shall remain constant during the test. The current flowing during the test shall not increase above that which is expected from the design of the circuit and shall not exceed 5 mA r.m.s. at any time.

During these tests, there shall be no breakdown of the insulation between windings or between any winding and the core or screen.

Table 9 – Routine test voltages for infallible transformers

Where applied	RMS test voltage		
	Mains transformer	Non-mains transformer	Transformers with both primary and secondary windings in an intrinsically safe circuit
Between input and output windings	4 U or 2 500 V, whichever is the greater	2 U + 1 000 V or 1 500 V, whichever is the greater	500 V
Between all the windings and the core or screen	2 U or 1 000 V, whichever is the greater	2 U or 500 V, whichever is the greater	500 V
Between each winding which supplies an intrinsically safe circuit and any other output winding	2 U + 1 000 V or 1 500 V, whichever is the greater	2 U or 500 V, whichever is the greater	500 V
Between each intrinsically safe circuit winding	2 U or 500 V, whichever is the greater	2 U or 500 V, whichever is the greater	500 V

12 Marking

12.1 General

Intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall carry at least the minimum marking specified in IEC 60079-0. The text of the warning markings, when applicable, shall be derived from 29.8 of 60079-0.

Apparatus meeting the requirements of 5.4 shall be marked with the symbol "ic". Where it is necessary to include marking from one of the other methods of protection listed in IEC 60079-0, the symbol "ic" shall occur first.

NOTE 1 For associated apparatus the symbol Ex ia, Ex ib or Ex ic (or ia or ib or ic, if Ex is already marked) must be enclosed in square brackets.

All relevant parameters should be marked, for example U_m , L_i , C_i , L_o , C_o , wherever practicable.

NOTE 2 Standard symbols for marking and documentation are given in Clause 3 and in IEC 60079-0.

Practical considerations may restrict or preclude the use of italic characters or of subscripts, and a simplified presentation may be used, for example U_0 rather than U_{o} .

In the case of apparatus meeting the requirements of 6.1.2 a), the IP rating shall be marked.

In the case of apparatus meeting the requirements of 6.1.2 c), the apparatus shall be marked with an "X" as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

In the case of intrinsically safe apparatus level of protection "ic" in which the transient limiting is to be supplied externally to the apparatus, then the apparatus shall be marked with an "X" as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

In the case of apparatus not meeting the requirements of 6.3.12, the apparatus shall be marked with an "X" as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

Where it is necessary to protect the apparatus from external physical impact in order to prevent the impact energy of 10.7 exceeding the specified values, details of the requirements shall be specified as special conditions for safe use and the apparatus shall be marked with the symbol X as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.

12.2 Marking of connection facilities

Connection facilities, terminal boxes, plugs and sockets of intrinsically safe apparatus and associated apparatus shall be clearly marked and shall be clearly identifiable. Where a colour is used for this purpose, it shall be light blue.

Where parts of an apparatus or different pieces of apparatus are interconnected using plugs and sockets, these plugs and sockets shall be identified as containing only intrinsically safe circuits. Where a colour is used for this purpose, it shall be light blue.

In addition, sufficient and adequate marking shall be provided to ensure correct connection for the continued intrinsic safety of the whole.

NOTE It may be necessary to include additional labels, for example on or adjacent to plugs and sockets, to achieve this. If clarity of intention is maintained, the apparatus label may suffice.

12.3 Warning markings

Where any of the following warning markings are required on the apparatus, the text as described in Table 10, following the word "WARNING," may be replaced by technically equivalent text. Multiple warnings may be combined into one equivalent warning.

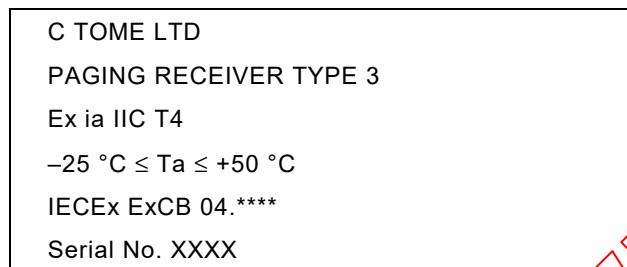
Table 10 – Text of warning markings

Item	Reference	WARNING Marking
a)	7.4.1	WARNING – USE ONLY YYYY BATTERIES (where Y is the cell manufacturers name and the type number of the cell or battery).
b)	7.4.7	WARNING – DO NOT REPLACE BATTERY WHEN AN EXPLOSIVE GAS ATMOSPHERE MAY BE PRESENT
c)	7.4.8	WARNING – DO NOT CHARGE THE BATTERY IN HAZARDOUS LOCATION

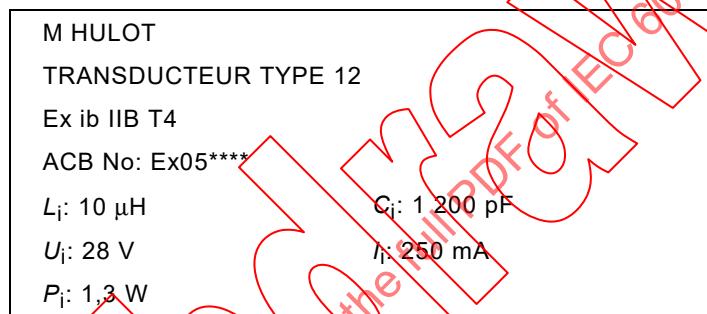
12.4 Examples of marking

The following are examples of marking.

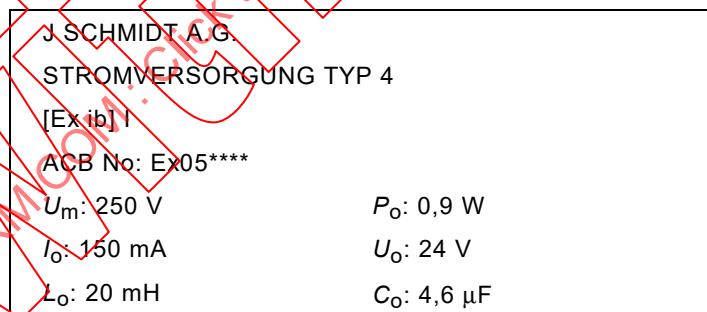
a) Self-contained intrinsically safe apparatus



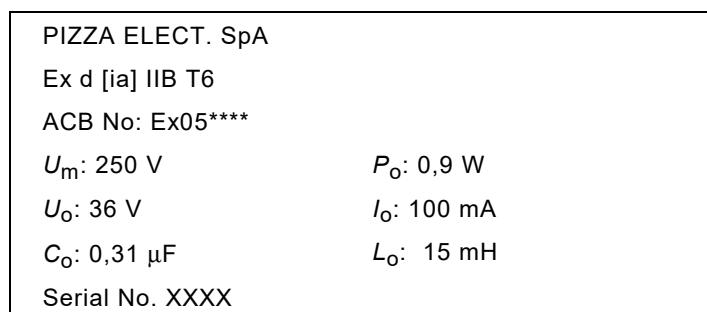
b) Intrinsically safe apparatus designed to be connected to other apparatus



c) Associated apparatus



d) Associated apparatus protected by a flameproof enclosure



- e) Intrinsically safe apparatus level of protection “ic”

M HULOT	
TRANSDUCTEUR TYPE 12A	
Ex ic IIB T4	
ACB No: Ex05****	
U_i : 28 V	$C_i = 0$

where ACB represents the initials of the certifying body, as applicable.

13 Documentation

The documentation shall include the instructions required by Clause 30 of IEC 60079-0, and shall include the following information as applicable:

- a) electrical parameters for the entity apparatus:
 - 1) power sources: output data such as U_o , I_o , P_o and, if applicable, C_o , L_o and/or the permissible L_o/R_o ratio;
 - 2) power receivers: input data such as U_i , I_i , P_i , C_i , L_i and the L_i/R_i ratio;
- b) any special requirements for installation, live maintenance and use;
NOTE A control drawing is a recommended form of consolidating connection information and special requirements for installation and use.
- c) the maximum value of U_m which may be applied to terminals of non-intrinsically safe circuits or associated apparatus;
- d) any special conditions which are assumed in determining the type of protection, for example that the voltage is to be supplied from a protective transformer or through a diode safety barrier;
- e) conformance or non-conformance with 6.3.12;
- f) the designation of the surfaces of any enclosure only in circumstances where this is relevant to intrinsic safety;
- g) the environment for which the apparatus is suitable;
- h) If Annex F has been applied, the documentation shall state the ambient pollution degree and overvoltage category.

IECNORM
IEC 60079-11
2006

Annex A (normative)

Assessment of intrinsically safe circuits

A.1 Basic criteria

An intrinsically safe circuit shall satisfy three basic criteria:

- a) no spark ignition shall result when the circuit is tested, or assessed as required by Clause 10 for the specified level of protection (see Clause 5) and grouping (see Clause 4) of electrical apparatus;
- b) the temperature classification of intrinsically safe apparatus shall be carried out in accordance with 5.6 and Clause 5 of IEC 60079-0 so as to ensure that ignition is not caused by hot surfaces. Temperature classification shall not apply to associated apparatus;
- c) the circuit shall be adequately separated from other circuits.

NOTE 1 Criterion a) may be satisfied by assessment. Information relating to voltage, current and circuit parameters such as capacitance and inductance at the boundary for ignition is necessary. The circuit can then be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition.

NOTE 2 Criterion b) may be satisfied by estimating the maximum surface temperatures of components from a knowledge of their thermal behaviour and the maximum power to which they may be subjected under the appropriate fault conditions.

NOTE 3 Criterion c) may be satisfied by the provision of adequate creepage distances and clearances, and by the use of components conforming to Clause 8, for example transformers and current-limiting resistors.

NOTE 4 With a safety factor of 1,5 applied, the maximum output parameters of an intrinsically safe output power supply should not exceed the parameters specified in the ignition curves and tables, irrespective of the construction of the power supply (using resistors or semiconductor current limiting devices). Further requirements for the combination of supplies are given in IEC 60079-25.

A.2 Assessment using reference curves and tables

Where the circuit to be assessed for ignition capability approximates to the simple circuit from which the curve is derived, Figures A.1 to A.6 or Tables A.1 and A.2 shall be used in the assessment. The fault conditions in accordance with Clause 5 and the safety factors in accordance with 10.1.4.2 shall also be taken into account.

Generally, the following procedure shall be applied:

- determine the worst practical situation taking account of component tolerances, supply voltage variations, insulation faults and component faults;
- then apply the appropriate safety factors, which depend on the type of circuit (see 10.1.4.2) as well as on the level of protection of the electrical apparatus (see Clause 5), in order to derive a circuit to be subjected to assessment;
- then check that the parameters of the resultant circuit are acceptable according to the reference curves in Figures A.1 to A.6 or according to Tables A.1 and A.2.

The circuit derived for assessment purposes may be tested using the spark-test apparatus if testing is preferred to assessment.

NOTE The information provided in Figures A.1 to A.6 and Tables A.1 and A.2 relates only to simple circuits and it may be difficult in some cases to apply the information to the design of practical circuits. For example, many power supplies have non-linear output characteristics and are not assessable from the reference curves because Figure A.1 can only be used when the circuit can be represented by a cell or battery and a series current-limiting resistor. Because of this, non-linear circuits, for example constant current circuits, will give ignition at lower values of current than would be predicted from Figure A.1 on the basis of open-circuit voltage and short-circuit current. In some types of non-linear circuit, the maximum permitted current may be only one-fifth of that predicted from reference curves. Great care is therefore needed to ensure that assessments are made only when the circuit under consideration can, for practical purposes, be represented by one of the simple circuits for which information is provided. The information available is limited and cannot cover all the detailed problems that arise in the design of intrinsically safe circuits.

A.3 Examples of simple circuits

a) Simple inductive circuit

To illustrate the procedure in more detail, consider a circuit for Group IIC consisting of a power supply comprising a 20 V battery with a suitably mounted infallible 300 Ω current-limiting resistor feeding into a 1 100 Ω , 100 mH inductor as shown in Figure A.7.

The 300 Ω and 1 100 Ω values are minimum values and 100 mH is a maximum value. Two separate assessments are made: one to ensure that the power supply itself is intrinsically safe and the other to take account of the effect of the connected load as follows.

1) Power supply

The steps in the assessment are the following.

- i) The value of the current-limiting resistor is quoted as 300 Ω minimum and this represents the worst situation as far as the resistor is concerned. If this resistor does not conform to the requirements for infallibility (see 8.4), application of a single fault (see Clause 5) would produce a modified circuit in which the resistor would be assumed to be short-circuited. With such a fault, the power supply would not be intrinsically safe.

It is also necessary to determine a maximum value for the battery voltage in accordance with 7.4.3. Assume the maximum battery voltage derived is 22 V.

- ii) The maximum short-circuit current is $22/300 = 73,3$ mA.

Since the circuit is resistive, application of the requirements of Clause 5 and 10.1.4.2 give rise to a modified circuit in which the short-circuit current is increased to $1,5 \times 73,3 = 110$ mA.

- iii) From Table A.1, it can be seen that, for Group IIC, the minimum igniting current for a resistive circuit at 22 V is 337 mA. The power supply can therefore be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition.

2) Connection of load

The steps in the assessment are as follows.

- i) The maximum battery voltage is 22 V. Since 300 Ω and 1 100 Ω are minimum values, the maximum possible current in the load is $22/(300 + 1100) = 15,7$ mA. No faults need to be applied since the 300 Ω resistor is infallible and short-circuit failure of the inductor leads to the circuit considered above.
- ii) Application of the requirements of Clause 5 and 10.1.4.2 requires that, for a safety factor of 1,5, the current in the circuit be increased to $1,5 \times 15,7 = 23,6$ mA.

- iii) Reference to Figure A.4 for Group IIC shows that, for a 100 mH inductor, the minimum igniting current for a source of 24 V is 28 mA. The circuit can therefore be assessed as intrinsically safe in regard to spark ignition for Group IIC applications.

NOTE 1 For open-circuit voltages significantly below 24 V, Figure A.6 should be used.

NOTE 2 The above assessment assumes that the inductor is air-cored. If the inductor is not air-cored, such assessments can be regarded as only approximate and it is necessary to test the circuit with the spark-test apparatus (Annex B) in order to establish whether or not it is intrinsically safe. In practice, if the assessment is based on a measured inductance value, the actual minimum igniting current is usually, although not always, greater than the assessed value.

b) Simple capacitive circuit

Consider now the circuit of Figure A.8 which is intended for Group I application. It consists of a 30 V battery connected to a 10 μF capacitor through a suitably mounted infallible 10 $\text{k}\Omega$ resistor. For the purpose of this example, the values of 30 V and 10 μF are taken as maximum values, and 10 $\text{k}\Omega$ as a minimum value.

Two separate assessments are made: one to ensure that the power supply itself is intrinsically safe and the other to take account of the presence of the capacitor.

1) Power supply

Since the procedure is almost exactly that described in a) 1), no detail need be given. The power supply circuit alone can be readily assessed as being intrinsically safe in regard to spark ignition with a safety factor exceeding 100.

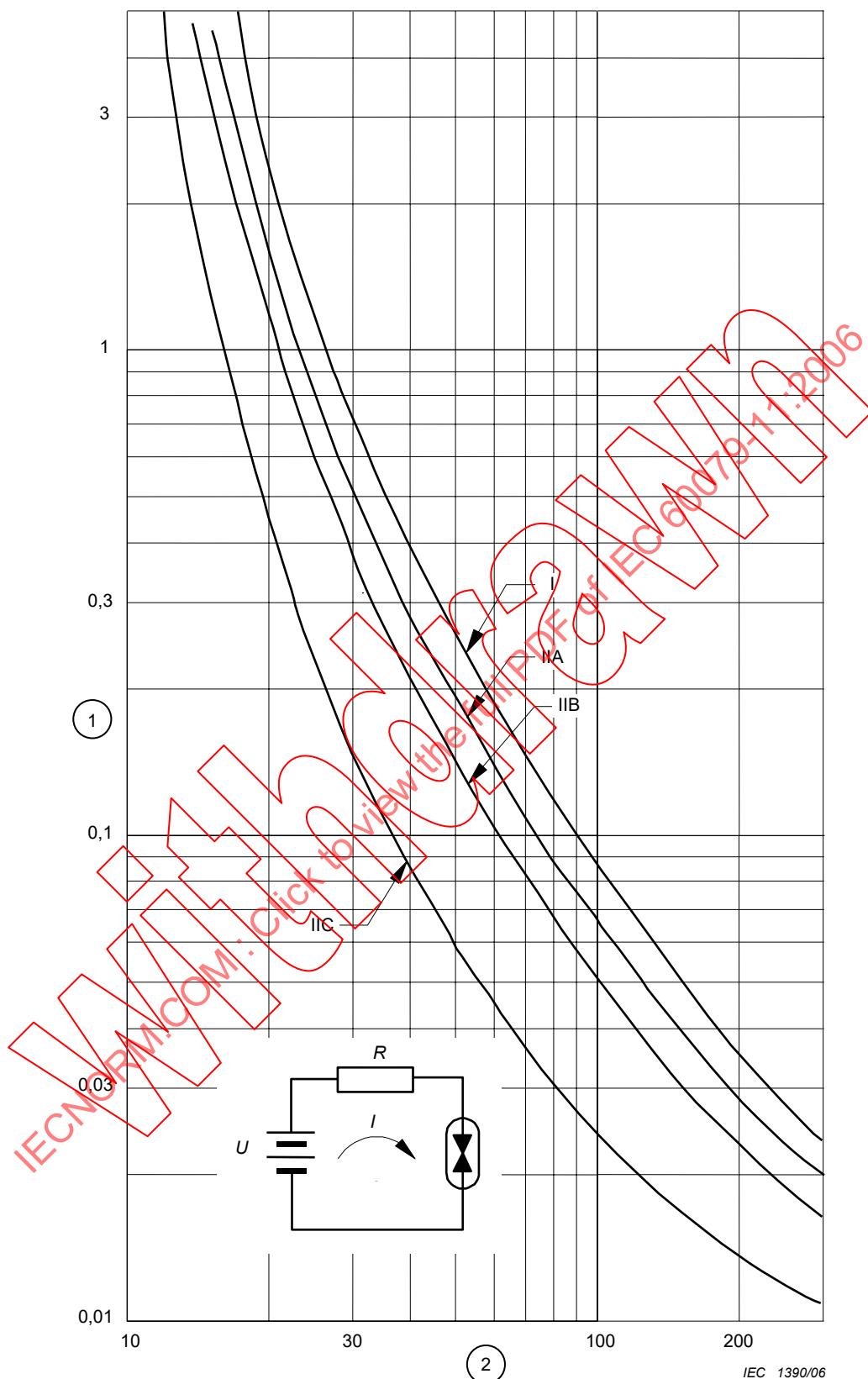
2) Capacitor

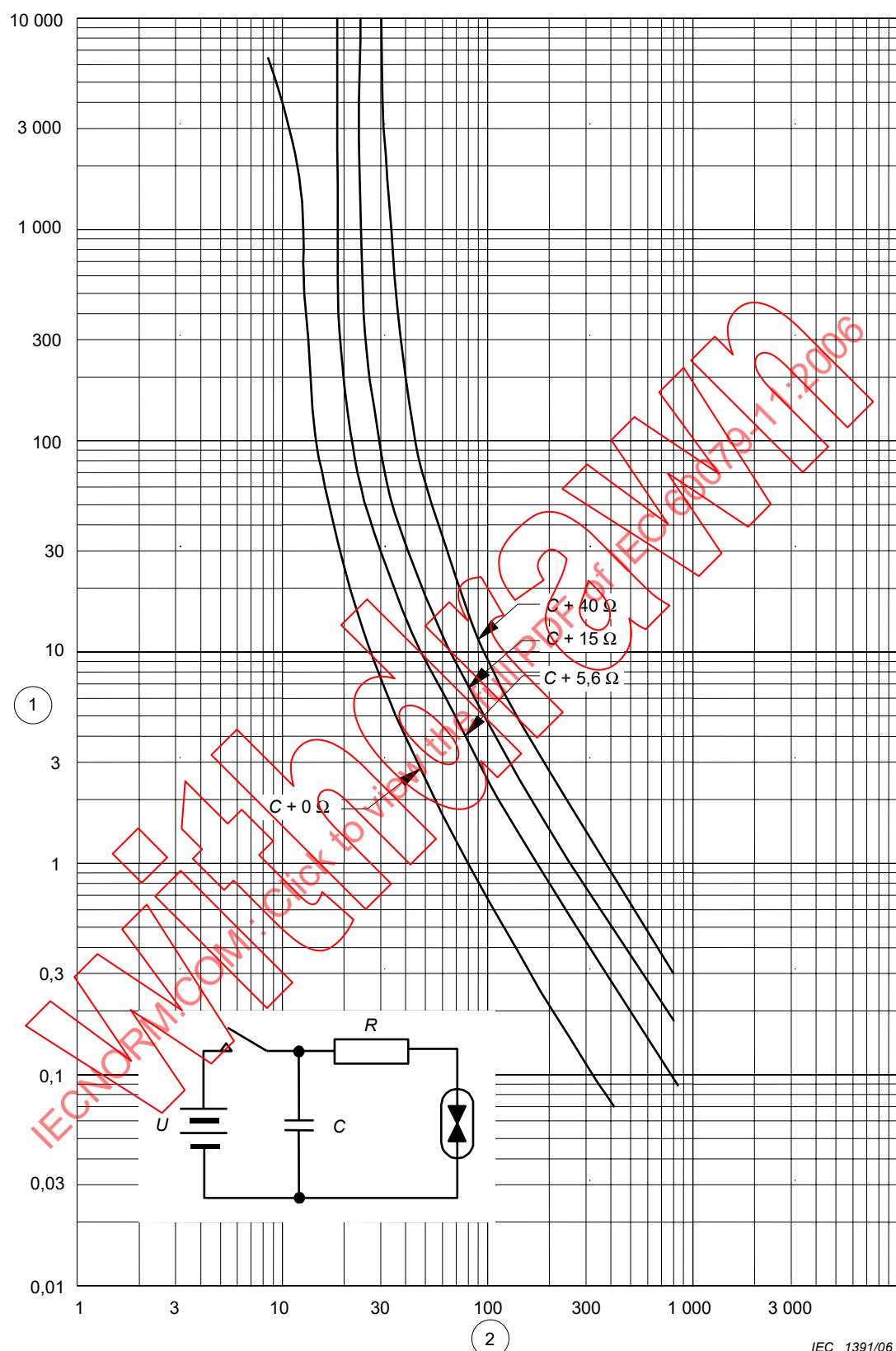
The steps in the assessment are as follows.

- i) The maximum battery voltage is 30 V, and 10 μF is the maximum capacitance value. No faults are applied since the 10 $\text{k}\Omega$ resistor is infallible and either short-circuit or open-circuit failure of the capacitor gives rise to the circuit considered in b) 1).
- ii) Application of the requirements of Clause 5 and 10.1.4.2 requires that, for a safety factor of 1,5, the voltage be increased to $1,5 \times 30 \text{ V} = 45 \text{ V}$.
- iii) Reference to Figure A.2 for Group I shows that at 45 V the minimum value of capacitance to give ignition is only 3 μF and at 30 V only 7,2 μF , so that the circuit cannot be assessed as intrinsically safe.

NOTE 3 To modify the circuit so that it may be assessed as being intrinsically safe, there are several possibilities. The circuit voltage or capacitance values could be reduced, or an infallible resistor could be inserted in series with the 10 μF capacitor. Reference to Figure A.2 shows that the minimum igniting voltage for 10 μF is 26 V, so that the battery voltage would have to be reduced to $26/1,5 = 17,3 \text{ V}$ if the value of 10 μF were to be maintained. Alternatively, the capacitance value could be reduced to 3 μF , or, since $10 \mu\text{F} + 5,6 \Omega$ gives a minimum igniting voltage of 48 V, insertion of an infallible resistor having a minimum value of 5,6 Ω in series with the capacitor would also produce a circuit which could be assessed as intrinsically safe as regards spark ignition for Group I.

One problem ignored in the above discussion is that, strictly speaking, the minimum igniting voltage curves for capacitive circuits in Figures A.2 and A.3 relate to a charged capacitor not directly connected to a power supply. In practice, provided the power supply considered by itself has a large safety factor, as in the above example, the reference curves can be applied. If, however, the power supply alone has only a minimum safety factor, interconnecting it with a capacitor can lead to a situation where the circuit is not intrinsically safe even though intrinsic safety may be inferred from Figures A.2 and A.3. In general, such circuits cannot be reliably assessed in the manner described above and should be tested with the spark test apparatus (see Annex B).

**Key**1 Minimum ignition current I (A)2 Source voltage U (V)**Figure A.1 – Resistive circuits**

**Key**

- 1 Capacitance C (μF)
- 2 Minimum igniting voltage U (V)

NOTE The curves correspond to values of current-limiting resistance as indicated.

Figure A.2 – Group I capacitive circuits

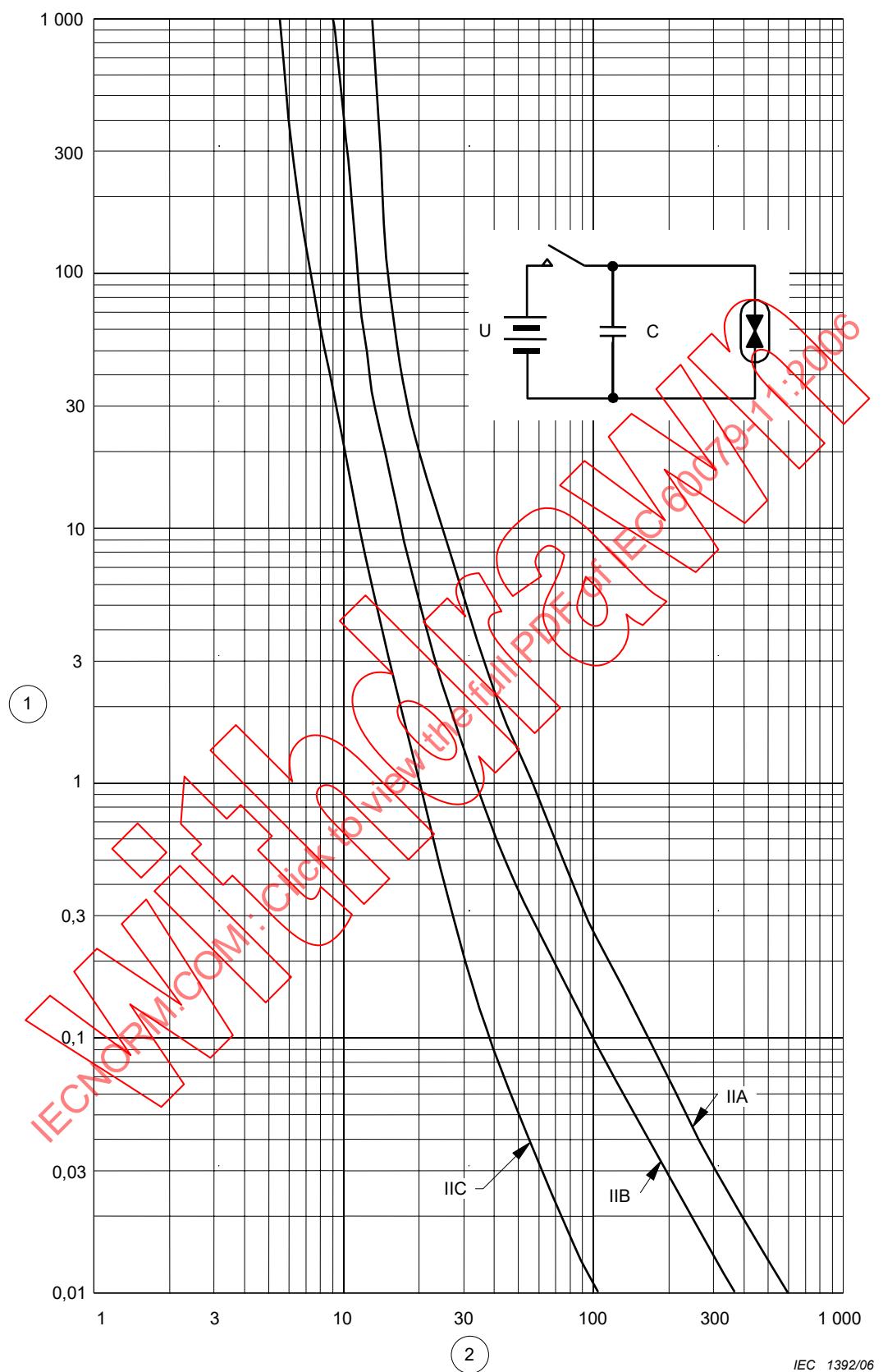
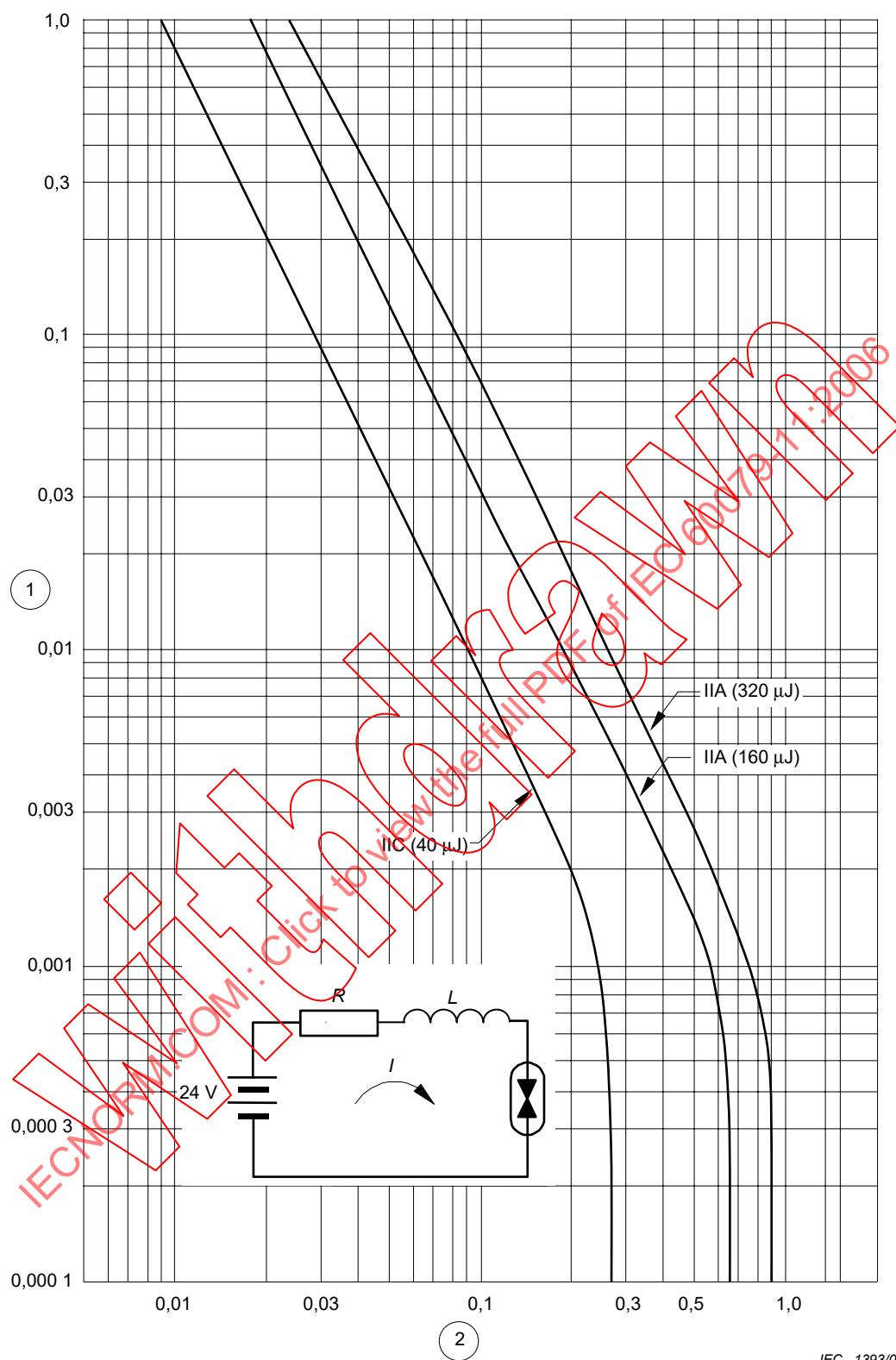


Figure A.3 – Group II capacitive circuits

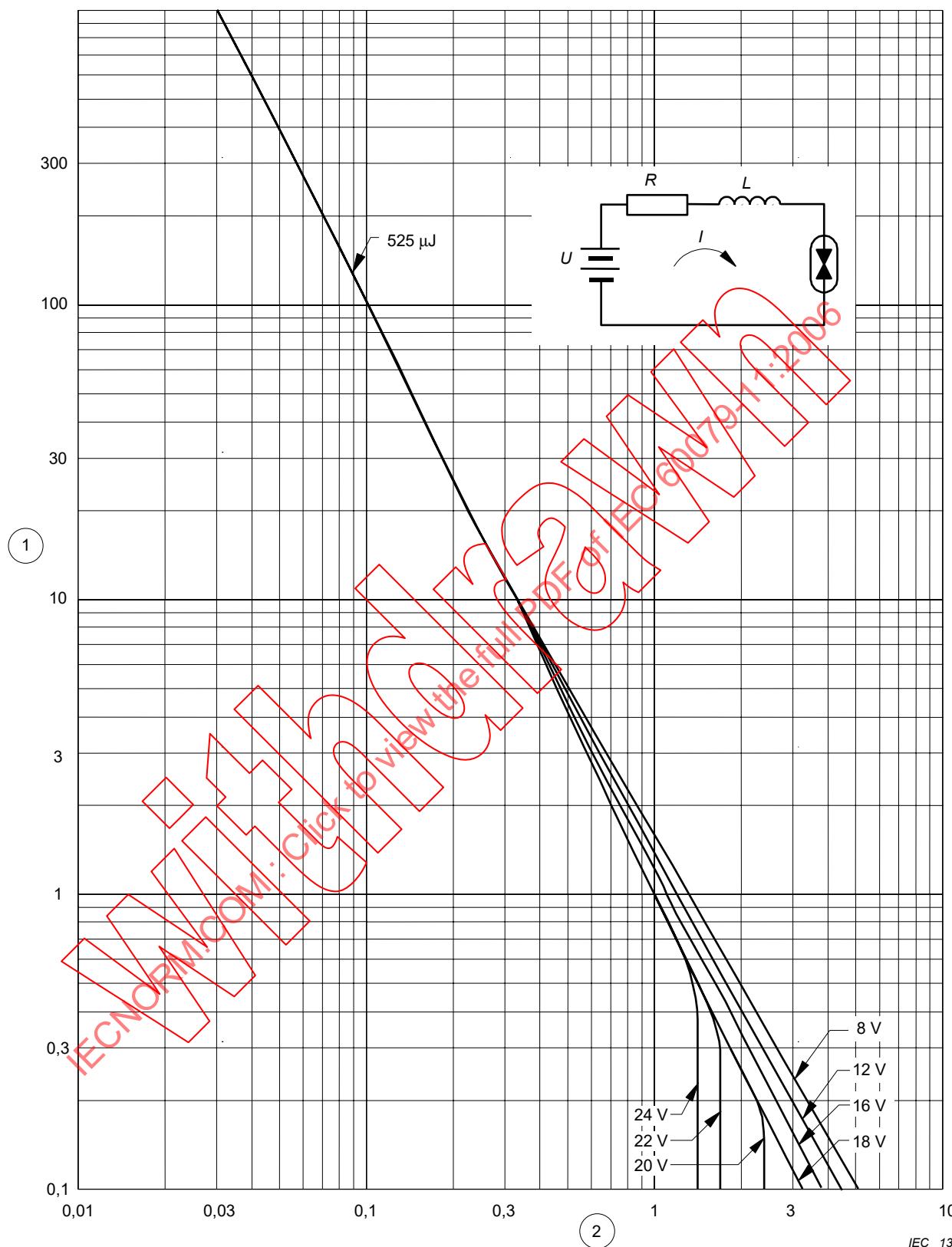
**Key**1 Inductance L (H)2 Minimum igniting current I (A)

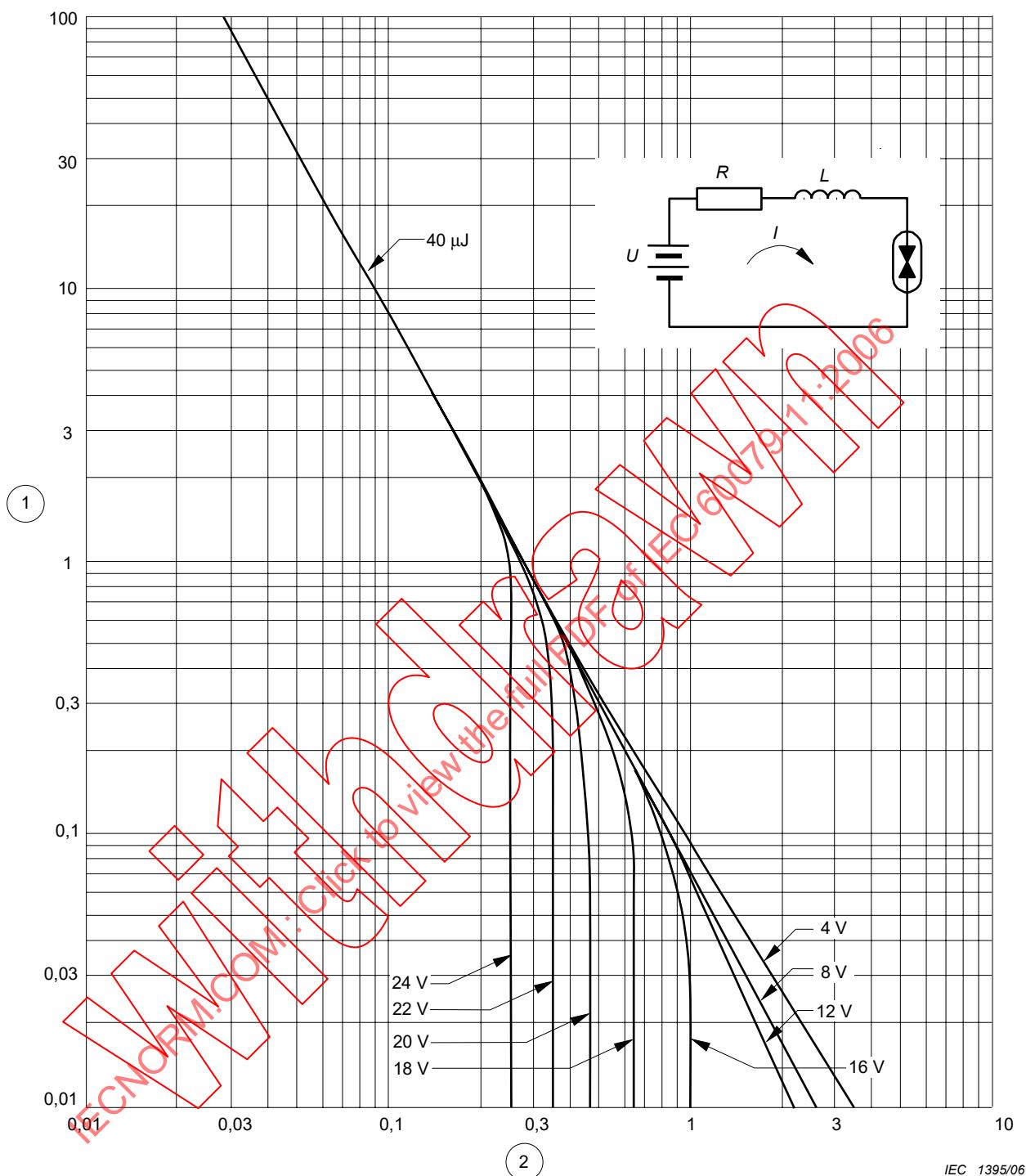
NOTE 1 The circuit test voltage is 24 V.

NOTE 2 The energy levels indicated refer to the constant energy portion of the curve.

IEC 1393/06

Figure A.4 – Inductive circuits of Group II

**Key**1 Inductance L (mH)2 Minimum igniting current I (A)NOTE 1 The curves correspond to values of circuit voltage U as indicated.NOTE 2 The energy level of $525 \mu\text{J}$ refers to the constant energy portion of the curve.**Figure A.5 – Group I inductive circuits**

**Key**

- 1 Inductance L (mH)
- 2 Minimum igniting current I (A)

NOTE 1 The curves correspond to values of circuit voltage U as indicated.

NOTE 2 The energy level of $40 \mu\text{J}$ refers to the constant energy portion of the curve.

Figure A.6 – Group IIC inductive circuits

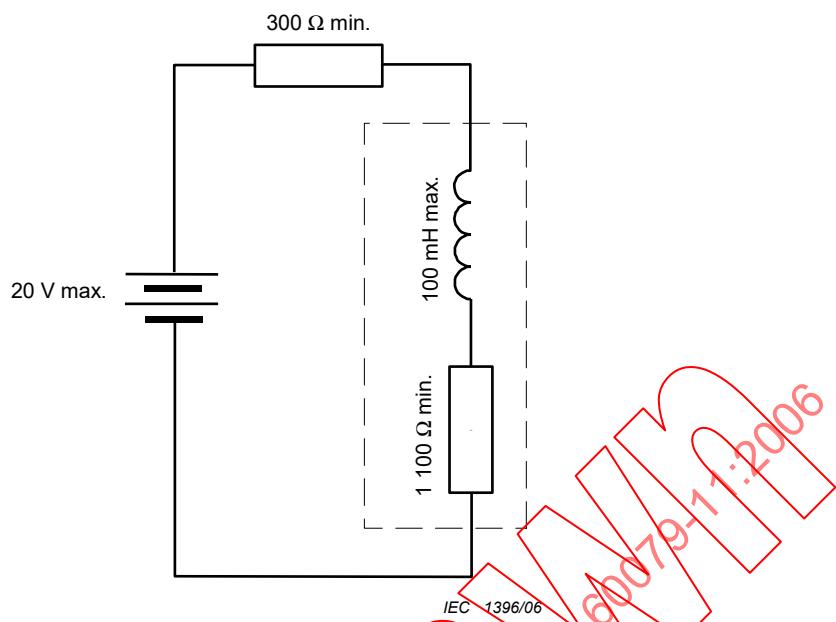


Figure A.7 – Simple inductive circuit

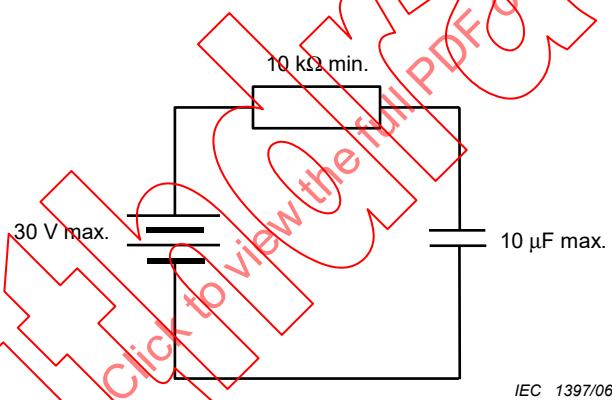


Figure A.8 – Simple capacitive circuit

Table A.1 – Permitted short-circuit current corresponding to the voltage and the apparatus group

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
12								
12,1	5000	3330						
12,2	4720	3150						
12,3	4460	2970						
12,4	4210	2810						
12,5	3980	2650						
12,6	3770	2510						
12,7	3560	2370						
12,8	3370	2250						
12,9	3190	2130						
13	3020	2020						
13,1	2870	1910						
13,2	2720	1810						
13,3	2580	1720						
13,4	2450	1630						
13,5	2320	1550	5000	3330				
13,6	2210	1470	4860	3240				
13,7	2090	1400	4720	3140				
13,8	1990	1330	4580	3050				
13,9	1890	1260	4450	2970				
14	1800	1200	4330	2880				
14,1	1750	1160	4210	2800				
14,2	1700	1130	4090	2730				
14,3	1650	1100	3980	2650				
14,4	1600	1070	3870	2580				
14,5	1550	1040	3760	2510				
14,6	1510	1010	3660	2440				
14,7	1470	980	3560	2380				
14,8	1430	950	3470	2310	5000	3330		
14,9	1390	930	3380	2250	4860	3240		
15	1350	900	3290	2190	4730	3150		
15,1	1310	875	3200	2140	4600	3070		
15,2	1280	851	3120	2080	4480	2990		
15,3	1240	828	3040	2030	4360	2910		
15,4	1210	806	2960	1980	4250	2830		
15,5	1180	784	2890	1920	4140	2760		
15,6	1150	769	2810	1880	4030	2690		
15,7	1120	744	2740	1830	3920	2620		
15,8	1090	724	2680	1780	3820	2550		
15,9	1060	705	2610	1740	3720	2480		
16	1030	687	2550	1700	3630	2420	5000	3330
16,1	1000	669	2480	1660	3540	2360	4830	3220
16,2	980	652	2420	1610	3450	2300	4660	3110
16,3	950	636	2360	1570	3360	2240	4490	2990
16,4	930	620	2310	1540	3280	2190	4320	2880
16,5	910	604	2250	1500	3200	2130	4240	2830
16,6	880	589	2200	1470	3120	2080	4160	2770
16,7	860	575	2150	1430	3040	2030	4080	2720
16,8	840	560	2100	1400	2970	1980	4000	2670
16,9	820	547	2050	1370	2900	1930	3740	2490
17	800	533	2000	1340	2830	1890	3480	2320
17,1	780	523	1960	1310	2760	1840	3450	2300
17,2	770	513	1930	1280	2700	1800	3420	2280
17,3	750	503	1890	1260	2630	1760	3390	2260
17,4	740	493	1850	1240	2570	1720	3360	2240
17,5	730	484	1820	1210	2510	1680	3320	2210
17,6	710	475	1790	1190	2450	1640	3300	2200
17,7	700	466	1750	1170	2400	1600	3260	2170

This is a sample page from the IEC 60079-11:2006 standard. It is not a final version and is subject to change.

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
17,8	690	457	1720	1150	2340	1560	3230	2150
17,9	670	448	1690	1130	2290	1530	3200	2130
18	660	440	1660	1110	2240	1490	3170	2110
18,1	648	432	1630	1087	2188	1459	3083	2055
18,2	636	424	1601	1068	2139	1426	3000	2000
18,3	625	417	1573	1049	2091	1394	2935	1956
18,4	613	409	1545	1030	2045	1363	2871	1914
18,5	602	402	1518	1012	2000	1333	2807	1871
18,6	592	394	1491	995	1967	1311	2743	1828
18,7	581	387	1466	977	1935	1290	2679	1786
18,8	571	380	1441	960	1903	1269	2615	1743
18,9	561	374	1416	944	1872	1248	2551	1700
19	551	367	1392	928	1842	1228	2487	1658
19,1	541	361	1368	912	1812	1208	2465	1643
19,2	532	355	1345	897	1784	1189	2444	1629
19,3	523	348	1323	882	1755	1170	2423	1615
19,4	514	342	1301	867	1727	1152	2401	1600
19,5	505	337	1279	853	1700	1134	2380	1586
19,6	496	331	1258	839	1673	1116	2359	1572
19,7	484	325	1237	825	1648	1098	2337	1558
19,8	480	320	1217	811	1622	1081	2316	1544
19,9	472	314	1197	798	1597	1065	2295	1530
20	464	309	1177	785	1572	1048	2274	1516
20,1	456	304	1158	772	1549	1032	2219	1479
20,2	448	299	1140	760	1525	1016	2164	1443
20,3	441	294	1122	748	1502	1001	2109	1406
20,4	434	289	1104	736	1479	986	2054	1369
20,5	427	285	1087	724	1457	971	2000	1333
20,6	420	280	1069	713	1435	957	1924	1283
20,7	413	275	1053	702	1414	943	1849	1233
20,8	406	271	1036	691	1393	929	1773	1182
20,9	400	267	1020	680	1373	915	1698	1132
21	394	262	1004	670	1353	902	1623	1082
21,1	387	258	989	659	1333	889	1603	1069
21,2	381	254	974	649	1314	876	1583	1055
21,3	375	250	959	639	1295	863	1564	1043
21,4	369	246	945	630	1276	851	1544	1029
21,5	364	243	930	620	1258	839	1525	1017
21,6	358	239	916	611	1240	827	1505	1003
21,7	353	235	903	602	1222	815	1485	990
21,8	347	231	889	593	1205	804	1466	977,3
21,9	342	228	876	584	1189	792	1446	964
22	337	224	863	575	1172	781	1427	951,3
22,1	332	221	851	567	1156	770	1394	929,3
22,2	327	218	838	559	1140	760	1361	907,3
22,3	322	215	826	551	1124	749	1328	885,3
22,4	317	211	814	543	1109	739	1296	864
22,5	312	208	802	535	1093	729	1281	854
22,6	308	205	791	527	1078	719	1267	844,7
22,7	303	202	779	520	1064	709	1253	835,3
22,8	299	199	768	512	1050	700	1239	826
22,9	294	196	757	505	1036	690	1225	816,7
23	290	193	747	498	1022	681	1211	807,3
23,1	287	191	736	491	1008	672	1185	790
23,2	284	189	726	484	995	663	1160	773,3
23,3	281	187	716	477	982	655	1135	756,7
23,4	278	185	706	471	969	646	1110	740
23,5	275	183	696	464	956	638	1085	723,3
23,6	272	182	687	458	944	629	1079	719,3

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
23,7	270	180	677	452	932	621	1073	715,3
23,8	267	178	668	445	920	613	1068	712
23,9	264	176	659	439	908	605	1062	708
24	261	174	650	433	896	597	1057	704,7
24,1	259	173	644	429	885	590	1048	698,7
24,2	256	171	637	425	873	582	1040	693,3
24,3	253	169	631	421	862	575	1032	688
24,4	251	167	625	416	852	568	1024	682,7
24,5	248	166	618	412	841	561	1016	677,3
24,6	246	164	612	408	830	554	1008	672
24,7	244	163	606	404	820	547	1000	666,7
24,8	241	161	601	400	810	540	991	660,7
24,9	239	159	595	396	800	533	983	655,3
25	237	158	589	393	790	527	975	650
25,1	234	156	583	389	780	520	964	642,7
25,2	232	155	578	385	771	514	953	635,3
25,3	230	153	572	381	762	508	942	628
25,4	228	152	567	378	752	502	931	620,7
25,5	226	150	561	374	743	496	920	613,3
25,6	223	149	556	371	734	490	916	610,7
25,7	221	148	551	367	726	484	912	608
25,8	219	146	546	364	717	478	908	605,3
25,9	217	145	541	360	708	472	904	602,7
26	215	143	536	357	700	467	900	600
26,1	213	142	531	354	694	463	890	593,3
26,2	211	141	526	350	688	459	881	587,3
26,3	209	139	521	347	683	455	871	580,7
26,4	207	138	516	344	677	451	862	574,7
26,5	205	137	512	341	671	447	853	568,7
26,6	203	136	507	338	666	444	847	564,7
26,7	202	134	502	335	660	440	841	560,7
26,8	200	133	498	332	655	437	835	556,7
26,9	198	132	493	329	649	433	829	552,7
27	196	131	489	326	644	429	824	549,3
27,1	194	130	485	323	639	426	818	545,3
27,2	193	128	480	320	634	422	813	542
27,3	191	127	476	317	629	419	808	538,7
27,4	189	126	472	315	624	416	803	535,3
27,5	188	125	468	312	619	412	798	532
27,6	186	124	464	309	614	409	793	528,7
27,7	184	123	460	306	609	406	788	525,3
27,8	183	122	456	304	604	403	783	522
27,9	181	121	452	301	599	399	778	518,7
28	180	120	448	299	594	396	773	515,3
28,1	178	119	444	296	590	393	768	512
28,2	176	118	440	293	585	390	764	509,3
28,3	175	117	436	291	581	387	760	506,7
28,4	173	116	433	288	576	384	756	504
28,5	172	115	429	286	572	381	752	501,3
28,6	170	114	425	284	567	378	747	498
28,7	169	113	422	281	563	375	743	495,3
28,8	168	112	418	279	559	372	739	492,7
28,9	166	111	415	277	554	370	735	490
29	165	110	411	274	550	367	731	487,3
29,1	163	109	408	272	546	364	728	485,3
29,2	162	108	405	270	542	361	726	484
29,3	161	107	401	268	538	358	724	482,7
29,4	159	106	398	265	534	356	722	481,3
29,5	158	105	395	263	530	353	720	480

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
29,6	157	105	392	261	526	351	718	478,7
29,7	155	104	388	259	522	348	716	477,3
29,8	154	103	385	257	518	345	714	476
29,9	153	102	382	255	514	343	712	474,7
30	152	101	379	253	510	340	710	473,3
30,2	149	99,5	373	249	503	335	690	460
30,4	147	97,9	367	245	496	330	671	447,3
30,6	145	96,3	362	241	489	326	652	434,7
30,8	142	94,8	356	237	482	321	636	424
31	140	93,3	350	233	475	317	621	414
31,2	138	92,2	345	230	468	312	614	409,3
31,4	137	91	339	226	462	308	607	404,7
31,6	135	89,9	334	223	455	303	600	400
31,8	133	88,8	329	219	449	299	592	394,7
32	132	87,8	324	216	442	295	584	389,3
32,2	130	86,7	319	213	436	291	572	381,3
32,4	129	85,7	315	210	431	287	560	373,3
32,6	127	84,7	310	207	425	283	548	365,3
32,8	126	83,7	305	204	419	279	536	357,3
33	124	82,7	301	201	414	276	525	350
33,2	123	81,7	297	198	408	272	520	346,7
33,4	121	80,8	292	195	403	268	515	343,3
33,6	120	79,8	288	192	398	265	510	340
33,8	118	78,9	284	189	393	262	505	336,7
34	117	78	280	187	389	259	500	333,3
34,2	116	77,2	277	185	384	256	491	327,3
34,4	114	76,3	274	183	380	253	482	321,3
34,6	113	75,4	271	181	376	251	473	315,3
34,8	112	74,6	269	179	372	248	464	309,3
35	111	73,8	266	177	368	245	455	303,3
35,2	109	73	263	175	364	242	450	300
35,4	108	72,2	260	174	360	240	446	297,3
35,6	107	71,4	258	172	356	237	442	294,7
35,8	106	70,6	255	170	352	235	438	292
36	105	69,9	253	168	348	232	434	289,3
36,2	104	69,1	250	167	345	230	431	287,3
36,4	103	68,4	248	165	341	227	429	286
36,6	102	67,7	245	164	337	225	426	284
36,8	100	66,9	243	162	334	223	424	282,7
37	99,4	66,2	241	160	330	220	422	281,3
37,2	98,3	65,6	238	159	327	218	419	279,3
37,4	97,3	64,9	236	157	324	216	417	278
37,6	96,3	64,2	234	156	320	214	414	276
37,8	95,3	63,6	231	154	317	211	412	274,7
38	94,4	62,9	229	153	314	209	410	273,3
38,2	93,4	62,3	227	151	311	207	408	272
38,4	92,5	61,6	225	150	308	205	407	271,3
38,6	91,5	61	223	149	304	203	405	270
38,8	90,6	60,4	221	147	301	201	404	269,3
39	89,7	59,8	219	146	298	199	403	268,7
39,2	88,8	59,2	217	145	296	197	399	266
39,4	88	58,6	215	143	293	195	395	263,3
39,6	87,1	58,1	213	142	290	193	391	260,7
39,8	86,3	57,5	211	141	287	191	387	258
40	85,4	57	209	139	284	190	383	255,3
40,5	83,4	55,6	205	136	278	185	362	241,3
41	81,4	54,3	200	133	271	181	342	228
41,5	79,6	53	196	131	265	177	336	224
42	77,7	51,8	192	128	259	173	331	220,7
42,5	76	50,6	188	125	253	169	321	214

Table A.1 (continued)

Voltage V	Permitted short-circuit current mA							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5	×1	×1,5
43	74,3	49,5	184	122	247	165	312	208
43,5	72,6	48,4	180	120	242	161	307	204,7
44	71	47,4	176	117	237	158	303	202
44,5	69,5	46,3	173	115	231	154	294	196
45	68	45,3	169	113	227	151	286	190,7

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006

Table A.2 – Permitted capacitance corresponding to the voltage and the apparatus group

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
5,0		100						
5,1		88						
5,2		79						
5,3		71						
5,4		65						
5,5		58						
5,6	1000	54						
5,7	860	50						
5,8	750	46						
5,9	670	43						
6,0	600	40		1000				
6,1	535	37		880				
6,2	475	34		790				
6,3	420	31		720				
6,4	370	28		650				
6,5	325	25		570				
6,6	285	22		500				
6,7	250	19,6		430				
6,8	220	17,9		380				
6,9	200	16,8		335				
7,0	175	15,7		300				
7,1	155	14,6		268				
7,2	136	13,5		240				
7,3	120	12,7		216				
7,4	110	11,9		195				
7,5	100	11,1		174				
7,6	92	10,4		160				
7,7	85	9,8		145				
7,8	79	9,3		130				
7,9	74	8,8		115				
8,0	69	8,4		100				
8,1	65	8,0		90				
8,2	61	7,6		81			1000	
8,3	56	7,2		73			960	
8,4	54	6,8		66			802	
8,5	51	6,5		60			636	
8,6	49	6,2		55			548	
8,7	47	5,9		50		1000	450	
8,8	45	5,5		46		730	361	
8,9	42	5,2		43		590	285	
9,0	40	4,9	1000	40		500	226	
9,1	38	4,6	920	37		446	180	
9,2	36	4,3	850	34		390	140	
9,3	34	4,1	790	31		345	122	
9,4	32	3,9	750	29		300	112	
9,5	30	3,7	700	27		255	105	
9,6	28	3,6	650	26		210	99	
9,7	26	3,5	600	24		170	95	
9,8	24	3,3	550	23		135	91	
9,9	22	3,2	500	22		115	87	
10,0	20,0	3,0	450	20,0		100	83	
10,1	18,7	2,87	410	19,4		93	79	
10,2	17,8	2,75	380	18,7		88	76	
10,3	17,1	2,63	350	18,0		83	72	
10,4	16,4	2,52	325	17,4		79	69	
10,5	15,7	2,41	300	16,8		75	66	
10,6	15,0	2,32	280	16,2		72	63	
10,7	14,2	2,23	260	15,6		69	60	
10,8	13,5	2,14	240	15,0		66	58	
10,9	13,0	2,05	225	14,4		63	55	
11,0	12,5	1,97	210	13,8		60	53	
11,1	11,9	1,90	195	13,2		57,0	51	
11,2	11,4	1,84	180	12,6		54,0	49	

REMOVED - Click to view full PDF at www.iec.ch - 2006-11-07

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
11,3	10,9	1,79	170	12,1		51,0		47
11,4	10,4	1,71	160	11,7		48,0		45
11,5	10,0	1,64	150	11,2		46,0		43
11,6	9,6	1,59	140	10,8		43,0		41
11,7	9,3	1,54	130	10,3		41,0		40
11,8	9,0	1,50	120	9,9		39,0		38
11,9	8,7	1,45	110	9,4		37,0		36
12,0	8,4	1,41	100	9,0		36,0		35
12,1	8,1	1,37	93	8,7		34,0		34
12,2	7,9	1,32	87	8,4		33,0		33
12,3	7,6	1,28	81	8,1		31,0		32
12,4	7,2	1,24	75	7,9		30,0	1000	31
12,5	7,0	1,2	70	7,7		28,0	903	30
12,6	6,8	1,15	66	7,4		27,0	802	29
12,7	6,6	1,10	62	7,1		25,4	713	28
12,8	6,4	1,06	58	6,8		24,2	626	27
12,9	6,2	1,03	55	6,5		23,2	548	26
13,0	6,0	1,0	52	6,2	1000	22,5	485	26
13,1	5,7	0,97	49	6,0	850	21,7	428	25
13,2	5,4	0,94	46	5,8	730	21,0	361	25
13,3	5,3	0,91	44	5,6	630	20,2	306	24
13,4	5,1	0,88	42	5,5	560	19,5	261	23
13,5	4,9	0,85	40	5,3	500	19,0	220	23
13,6	4,6	0,82	38	5,2	450	18,6	186	22
13,7	4,4	0,79	36	5,0	420	18,1	158	22
13,8	4,2	0,76	34	4,9	390	17,7	140	21
13,9	4,1	0,74	32	4,7	360	17,3	128	20
14,0	4,0	0,73	30	4,60	330	17,0	119	20
14,1	3,9	0,71	29	4,49	300	16,7	112	19,4
14,2	3,8	0,70	28	4,39	270	16,4	107	18,9
14,3	3,7	0,68	27	4,28	240	16,1	103	18,4
14,4	3,6	0,67	26	4,18	210	15,8	99	17,9
14,5	3,5	0,65	25	4,07	185	15,5	96	17,5
14,6	3,4	0,64	24	3,97	160	15,2	93	17,2
14,7	3,3	0,62	23	3,86	135	14,9	91	16,9
14,8	3,2	0,61	22	3,76	120	14,6	88	16,6
14,9	3,1	0,59	21	3,65	110	14,3	85	16,3
15,0	3,0	0,58	20,2	3,55	100	14,0	83	16,0
15,1	2,9	0,57	19,7	3,46	95	13,7	80	15,7
15,2	2,82	0,55	19,2	3,37	91	13,4	77	15,4
15,3	2,76	0,53	18,7	3,28	88	13,1	75	15,1
15,4	2,68	0,521	18,2	3,19	85	12,8	73	14,8
15,5	2,60	0,508	17,8	3,11	82	12,5	71	14,5
15,6	2,52	0,497	17,4	3,03	79	12,2	69	14,2
15,7	2,45	0,487	17,0	2,95	77	11,9	67	13,9
15,8	2,38	0,478	16,6	2,88	74	11,6	65	13,6
15,9	2,32	0,469	16,2	2,81	72	11,3	63	13,3
16,0	2,26	0,460	15,8	2,75	70	11,0	61	13,0
16,1	2,20	0,451	15,4	2,69	68	10,7	59	12,7
16,2	2,14	0,442	15,0	2,63	66	10,5	58	12,4
16,3	2,08	0,433	14,6	2,57	64	10,2	56	12,1
16,4	2,02	0,424	14,2	2,51	62	10,0	55	11,9
16,5	1,97	0,415	13,8	2,45	60	9,8	53	11,7
16,6	1,92	0,406	13,4	2,40	58	9,6	51	11,6
16,7	1,88	0,398	13,0	2,34	56	9,4	49	11,5
16,8	1,84	0,390	12,6	2,29	54	9,3	48	11,3
16,9	1,80	0,382	12,3	2,24	52	9,1	47	11,2
17,0	1,76	0,375	12,0	2,20	50	9,0	46	11,0
17,1	1,71	0,367	11,7	2,15	48	8,8	45	10,9
17,2	1,66	0,360	11,4	2,11	47	8,7	43	10,8
17,3	1,62	0,353	11,1	2,06	45	8,5	43	10,6
17,4	1,59	0,346	10,8	2,02	44	8,4	41	10,4

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
17,5	1,56	0,339	10,5	1,97	42	8,2	40	10,2
17,6	1,53	0,333	10,2	1,93	40	8,1	39	10,0
17,7	1,50	0,327	9,9	1,88	39	8,0	38	9,8
17,8	1,47	0,321	9,6	1,84	38	7,9	37	9,5
17,9	1,44	0,315	9,3	1,80	37	7,7	36	9,2
18,0	1,41	0,309	9,0	1,78	36	7,6	35	9,0
18,1	1,38	0,303	8,8	1,75	35	7,45	34	8,8
18,2	1,35	0,297	8,6	1,72	34	7,31	33	8,7
18,3	1,32	0,291	8,4	1,70	33	7,15	33	8,6
18,4	1,29	0,285	8,2	1,69	32	7,0	32	8,5
18,5	1,27	0,280	8,0	1,67	31	6,85	31	8,5
18,6	1,24	0,275	7,9	1,66	30	6,70	30	8,4
18,7	1,21	0,270	7,8	1,64	29	6,59	29	8,3
18,8	1,18	0,266	7,6	1,62	28	6,48	29	8,2
18,9	1,15	0,262	7,4	1,60	27	6,39	28	8,1
19,0	1,12	0,258	7,2	1,58	26	6,3	27	8,0
19,1	1,09	0,252	7,0	1,56	25,0	6,21	27	7,9
19,2	1,06	0,251	6,8	1,55	24,2	6,12	27	7,8
19,3	1,04	0,248	6,6	1,52	23,6	6,03	26	7,7
19,4	1,02	0,244	6,4	1,51	23,0	5,95	26	7,6
19,5	1,00	0,240	6,2	1,49	22,5	5,87	26	7,5
19,6	0,98	0,235	6,0	1,47	22,0	5,8	25	7,5
19,7	0,96	0,231	5,9	1,45	21,5	5,72	25	7,4
19,8	0,94	0,227	5,8	1,44	21,0	5,65	25	7,4
19,9	0,92	0,223	5,7	1,42	20,5	5,57	24	7,3
20,0	0,90	0,220	5,6	1,41	20,0	5,5	24	7,2
20,1	0,88	0,217	5,5	1,39	19,5	5,42	23	7,1
20,2	0,86	0,213	5,4	1,38	19,2	5,35	23	7,0
20,3	0,84	0,209	5,3	1,36	18,9	5,27	23	6,9
20,4	0,82	0,206	5,2	1,35	18,6	5,2	22	6,8
20,5	0,8	0,203	5,1	1,33	18,3	5,12	22	6,7
20,6	0,78	0,200	5,0	1,32	18,0	5,05	22	6,6
20,7	0,76	0,197	4,9	1,31	17,7	4,97	21	6,5
20,8	0,75	0,194	4,8	1,30	17,4	4,9	21	6,4
20,9	0,74	0,191	4,7	1,28	17,2	4,84	20	6,3
21,0	0,73	0,188	4,6	1,27	17,0	4,78	20	6,3
21,1	0,72	0,185	4,52	1,25	16,8	4,73	19,6	6,2
21,2	0,71	0,183	4,45	1,24	16,6	4,68	19,2	6,1
21,3	0,7	0,181	4,39	1,23	16,4	4,62	18,9	6,1
21,4	0,69	0,179	4,32	1,22	16,2	4,56	18,5	6,0
21,5	0,68	0,176	4,25	1,20	16,0	4,5	18,2	6,0
21,6	0,67	0,174	4,18	1,19	15,8	4,44	17,8	5,9
21,7	0,66	0,172	4,11	1,17	15,6	4,38	17,7	5,90
21,8	0,65	0,169	4,04	1,16	15,4	4,32	17,4	5,80
21,9	0,64	0,167	3,97	1,15	15,2	4,26	17,2	5,80
22,0	0,63	0,165	3,90	1,14	15,0	4,20	17,0	5,80
22,1	0,62	0,163	3,83	1,12	14,8	4,14	16,8	5,70
22,2	0,61	0,160	3,76	1,11	14,6	4,08	16,6	5,70
22,3	0,6	0,158	3,69	1,10	14,4	4,03	16,4	5,60
22,4	0,59	0,156	3,62	1,09	14,2	3,98	16,2	5,50
22,5	0,58	0,154	3,55	1,08	14,0	3,93	16,0	5,40
22,6	0,57	0,152	3,49	1,07	13,8	3,88	15,8	5,30
22,7	0,56	0,149	3,43	1,06	13,6	3,83	15,6	5,30
22,8	0,55	0,147	3,37	1,05	13,4	3,79	15,4	5,20
22,9	0,54	0,145	3,31	1,04	13,2	3,75	15,2	5,20
23,0	0,53	0,143	3,25	1,03	13,0	3,71	15,0	5,20
23,1	0,521	0,140	3,19	1,02	12,8	3,67	14,8	5,10
23,2	0,513	0,138	3,13	1,01	12,6	3,64	14,6	5,10
23,3	0,505	0,136	3,08	1,0	12,4	3,60	14,4	5,10
23,4	0,497	0,134	3,03	0,99	12,2	3,57	14,2	5,00
23,5	0,49	0,132	2,98	0,98	12,0	3,53	18,0	5,00

~~NO PART OF THIS PUBLICATION MAY BE REPRODUCED, STORED IN A RETRIEVAL SYSTEM, OR TRANSMITTED, IN WHOLE OR IN PART, WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF IEC, EXCEPT AS PROVIDED FOR IN SECTION 7.1.1 OF THE IEC PUBLICATION CONTRACT.~~~~IEC 60079-11:2006~~

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
23,6	0,484	0,130	2,93	0,97	11,8	3,50	13,8	4,95
23,7	0,478	0,128	2,88	0,96	11,6	3,46	13,6	4,80
23,8	0,472	0,127	2,83	0,95	11,4	3,42	13,4	4,75
23,9	0,466	0,126	2,78	0,94	11,2	3,38	13,2	4,70
24,0	0,46	0,125	2,75	0,93	11,0	3,35	13,0	4,60
24,1	0,454	0,124	2,71	0,92	10,8	3,31	12,8	4,55
24,2	0,448	0,122	2,67	0,91	10,7	3,27	12,6	4,50
24,3	0,442	0,120	2,63	0,90	10,5	3,23	12,4	4,50
24,4	0,436	0,119	2,59	0,89	10,3	3,20	12,2	4,45
24,5	0,43	0,118	2,55	0,88	10,2	3,16	12,0	4,45
24,6	0,424	0,116	2,51	0,87	10,0	3,12	11,9	4,40
24,7	0,418	0,115	2,49	0,87	9,9	3,08	11,8	4,40
24,8	0,412	0,113	2,44	0,86	9,8	3,05	11,7	4,35
24,9	0,406	0,112	2,4	0,85	9,6	3,01	11,6	4,30
25,0	0,4	0,110	2,36	0,84	9,5	2,97	11,5	4,25
25,1	0,395	0,108	2,32	0,83	9,4	2,93	11,4	4,20
25,2	0,390	0,107	2,29	0,82	9,3	2,90	11,3	4,15
25,3	0,385	0,106	2,26	0,82	9,2	2,86	11,2	4,10
25,4	0,380	0,105	2,23	0,81	9,1	2,82	11,1	4,08
25,5	0,375	0,104	2,20	0,80	9,0	2,78	11,0	4,07
25,6	0,37	0,103	2,17	0,80	8,9	2,75	10,9	4,06
25,7	0,365	0,102	2,14	0,79	8,8	2,71	10,8	4,04
25,8	0,36	0,101	2,11	0,78	8,7	2,67	10,7	4,03
25,9	0,355	0,100	2,08	0,77	8,6	2,63	10,6	4,02
26,0	0,35	0,099	2,05	0,77	8,5	2,60	10,5	4,00
26,1	0,345	0,098	2,02	0,76	8,4	2,57	10,4	3,99
26,2	0,341	0,097	1,99	0,75	8,3	2,54	10,3	3,97
26,3	0,337	0,097	1,96	0,74	8,2	2,51	10,1	3,95
26,4	0,333	0,096	1,93	0,74	8,1	2,48	10,0	3,93
26,5	0,329	0,095	1,90	0,73	8,0	2,45	9,8	3,92
26,6	0,325	0,094	1,87	0,73	8,0	2,42	9,7	3,91
26,7	0,321	0,093	1,84	0,72	7,9	2,39	9,5	3,90
26,8	0,317	0,092	1,82	0,72	7,8	2,37	9,4	3,85
26,9	0,313	0,091	1,80	0,71	7,7	2,35	9,2	3,80
27,0	0,309	0,090	1,78	0,705	7,6	2,33	9,0	3,75
27,1	0,305	0,089	1,76	0,697	7,5	2,31	8,9	3,70
27,2	0,301	0,089	1,74	0,690	7,42	2,30	8,8	3,65
27,3	0,297	0,088	1,72	0,683	7,31	2,28	8,7	3,60
27,4	0,293	0,087	1,71	0,677	7,21	2,26	8,6	3,55
27,5	0,289	0,086	1,70	0,672	7,10	2,24	8,6	3,55
27,6	0,285	0,086	1,69	0,668	7,00	2,22	8,5	3,50
27,7	0,281	0,085	1,68	0,663	6,90	2,20	8,5	3,45
27,8	0,278	0,084	1,67	0,659	6,80	2,18	8,4	3,45
27,9	0,275	0,084	1,66	0,654	6,70	2,16	8,4	3,45
28,0	0,272	0,083	1,65	0,650	6,60	2,15	8,3	3,40
28,1	0,269	0,082	1,63	0,645	6,54	2,13	8,2	3,40
28,2	0,266	0,081	1,62	0,641	6,48	2,11	8,2	3,35
28,3	0,263	0,08	1,60	0,636	6,42	2,09	8,1	3,35
28,4	0,26	0,079	1,59	0,632	6,36	2,07	8,0	3,30
28,5	0,257	0,078	1,58	0,627	6,30	2,05	8,0	3,30
28,6	0,255	0,077	1,57	0,623	6,24	2,03	7,9	3,25
28,7	0,253	0,077	1,56	0,618	6,18	2,01	7,8	3,25
28,8	0,251	0,076	1,55	0,614	6,12	2,00	7,8	3,20
28,9	0,249	0,075	1,54	0,609	6,06	1,98	7,7	3,20
29,0	0,247	0,074	1,53	0,605	6,00	1,97	7,6	3,15
29,1	0,244	0,074	1,51	0,600	5,95	1,95	7,6	3,15
29,2	0,241	0,073	1,49	0,596	5,90	1,94	7,5	3,10
29,3	0,238	0,072	1,48	0,591	5,85	1,92	7,4	3,10
29,4	0,235	0,071	1,47	0,587	5,80	1,91	7,4	3,10
29,5	0,232	0,071	1,46	0,582	5,75	1,89	7,3	3,05

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
29,6	0,229	0,070	1,45	0,578	5,70	1,88	7,4	3,05
29,7	0,226	0,069	1,44	0,573	5,65	1,86	7,3	3,05
29,8	0,224	0,068	1,43	0,569	5,60	1,85	7,3	3,00
29,9	0,222	0,067	1,42	0,564	5,55	1,83	7,2	3,00
30,0	0,220	0,066	1,41	0,560	5,50	1,82	7,2	3,00
30,2	0,215	0,065	1,39	0,551	5,40	1,79	7,0	2,95
30,4	0,210	0,064	1,37	0,542	5,30	1,76	6,9	2,90
30,6	0,206	0,0626	1,35	0,533	5,20	1,73	6,8	2,85
30,8	0,202	0,0616	1,33	0,524	5,10	1,70	6,6	2,80
31,0	0,198	0,0605	1,32	0,515	5,00	1,67	6,5	2,75
31,2	0,194	0,0596	1,30	0,506	4,90	1,65	6,4	2,70
31,4	0,190	0,0587	1,28	0,497	4,82	1,62	6,4	2,70
31,6	0,186	0,0578	1,26	0,489	4,74	1,60	6,3	2,65
31,8	0,183	0,0569	1,24	0,482	4,68	1,58	6,2	2,65
32,0	0,180	0,0560	1,23	0,475	4,60	1,56	6,2	2,60
32,2	0,177	0,0551	1,21	0,467	4,52	1,54	6,1	2,60
32,4	0,174	0,0542	1,19	0,460	4,44	1,52	6,0	2,55
32,6	0,171	0,0533	1,17	0,453	4,36	1,50	5,9	2,55
32,8	0,168	0,0524	1,15	0,444	4,28	1,48	5,9	2,50
33,0	0,165	0,0515	1,14	0,437	4,20	1,46	5,8	2,50
33,2	0,162	0,0506	1,12	0,430	4,12	1,44	5,7	2,45
33,4	0,159	0,0498	1,10	0,424	4,05	1,42	5,6	2,40
33,6	0,156	0,0492	1,09	0,418	3,98	1,41	5,5	2,35
33,8	0,153	0,0486	1,08	0,412	3,91	1,39	5,4	2,35
34,0	0,150	0,048	1,07	0,406	3,85	1,37	5,3	2,30
34,2	0,147	0,0474	1,05	0,401	3,79	1,35	5,2	2,25
34,4	0,144	0,0468	1,04	0,397	3,74	1,33	5,2	2,25
34,6	0,141	0,0462	1,02	0,393	3,69	1,31	5,2	2,20
34,8	0,138	0,0456	1,01	0,390	3,64	1,30	5,1	2,20
35,0	0,135	0,045	1,00	0,387	3,60	1,28	5,1	2,15
35,2	0,133	0,0444	0,99	0,383	3,55	1,26	5,0	2,15
35,4	0,131	0,0438	0,97	0,380	3,50	1,24	5,0	2,10
35,6	0,129	0,0432	0,95	0,376	3,45	1,23	4,95	2,10
35,8	0,127	0,0426	0,94	0,373	3,40	1,21	4,85	2,05
36,0	0,125	0,042	0,93	0,370	3,35	1,20	4,75	2,05
36,2	0,123	0,0414	0,91	0,366	3,30	1,18	4,60	2,05
36,4	0,121	0,0408	0,90	0,363	3,25	1,17	4,55	2,00
36,6	0,119	0,0402	0,89	0,359	3,20	1,150	4,50	2,00
36,8	0,117	0,0396	0,88	0,356	3,15	1,130	4,45	1,95
37,0	0,115	0,039	0,87	0,353	3,10	1,120	4,40	1,90
37,2	0,113	0,0384	0,86	0,347	3,05	1,100	4,35	1,85
37,4	0,111	0,0379	0,85	0,344	3,00	1,090	4,35	1,85
37,6	0,109	0,0374	0,84	0,340	2,95	1,080	4,30	1,80
37,8	0,107	0,0369	0,83	0,339	2,90	1,070	4,20	1,80
38,0	0,105	0,0364	0,82	0,336	2,85	1,060	4,15	1,75
38,2	0,103	0,0359	0,81	0,332	2,80	1,040	4,15	1,75
38,4	0,102	0,0354	0,80	0,329	2,75	1,030	4,10	1,75
38,6	0,101	0,0350	0,79	0,326	2,70	1,020	4,05	1,70
38,8	0,100	0,0346	0,78	0,323	2,65	1,010	4,05	1,70
39,0	0,099	0,0342	0,77	0,320	2,60	1,000	4,00	1,65
39,2	0,098	0,0338	0,76	0,317	2,56	0,980	4,00	1,65
39,4	0,097	0,0334	0,75	0,314	2,52	0,970	3,95	1,65
39,6	0,096	0,0331	0,75	0,311	2,48	0,960	3,93	1,60
39,8	0,095	0,0328	0,74	0,308	2,44	0,950	3,90	1,60
40,0	0,094	0,0325	0,73	0,305	2,40	0,940	3,90	1,60
40,2	0,092	0,0322	0,72	0,302	2,37	0,930	3,85	1,59
40,4	0,091	0,0319	0,71	0,299	2,35	0,920	3,80	1,58
40,6	0,090	0,0316	0,70	0,296	2,32	0,910	3,70	1,57
40,8	0,089	0,0313	0,69	0,293	2,30	0,900	3,65	1,55
41,0	0,088	0,0310	0,68	0,290	2,27	0,890	3,55	1,55
41,2	0,087	0,0307	0,674	0,287	2,25	0,882	3,50	1,54
41,4	0,086	0,0304	0,668	0,284	2,22	0,874	3,50	1,53

Table A.2 (continued)

Voltage V	Permitted capacitance μF							
	for Group IIC apparatus		for Group IIB apparatus		for Group IIA apparatus		for Group I apparatus	
	with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of		with a factor of safety of	
	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5	x1	x1,5
41,6	0,085	0,0301	0,662	0,281	2,20	0,866	3,45	1,52
41,8	0,084	0,0299	0,656	0,278	2,17	0,858	3,45	1,51
42,0	0,083	0,0297	0,650	0,275	2,15	0,850	3,40	1,50
42,2	0,082	0,0294	0,644	0,272	2,12	0,842	3,40	1,48
42,4	0,081	0,0292	0,638	0,269	2,10	0,834	3,35	1,47
42,6	0,079	0,0289	0,632	0,266	2,07	0,826	3,35	1,46
42,8	0,078	0,0286	0,626	0,264	2,05	0,818	3,30	1,45
43,0	0,077	0,0284	0,620	0,262	2,02	0,810	3,25	1,43
43,2	0,076	0,0281	0,614	0,259	2,00	0,802	3,20	1,41
43,4	0,075	0,0279	0,608	0,257	1,98	0,794	3,20	1,40
43,6	0,074	0,0276	0,602	0,254	1,96	0,786	3,15	1,39
43,8	0,073	0,0273	0,596	0,252	1,94	0,778	3,10	1,37
44,0	0,072	0,0271	0,590	0,25	1,92	0,770	3,10	1,35
44,2	0,071	0,0268	0,584	0,248	1,90	0,762	3,05	1,34
44,4	0,070	0,0266	0,578	0,246	1,88	0,754	3,05	1,33
44,6	0,069	0,0263	0,572	0,244	1,86	0,746	3,05	1,32
44,8	0,068	0,0261	0,566	0,242	1,84	0,738	3,00	1,31
45,0	0,067	0,0259	0,560	0,240	1,82	0,730	3,00	1,30
45,2	0,066	0,0257	0,554	0,238	1,80	0,722	2,95	1,29
45,4	0,065	0,0254	0,548	0,236	1,78	0,714	2,95	1,28
45,6	0,064	0,0251	0,542	0,234	1,76	0,706	2,9	1,27
45,8	0,063	0,0249	0,536	0,232	1,74	0,698	2,9	1,26
46,0	0,0623	0,0247	0,530	0,230	1,72	0,690	2,85	1,25
46,2	0,0616	0,0244	0,524	0,228	1,70	0,682	2,83	1,24
46,4	0,0609	0,0242	0,518	0,226	1,68	0,674	2,80	1,22
46,6	0,0602	0,0239	0,512	0,224	1,67	0,666	2,75	1,21
46,8	0,0596	0,0237	0,506	0,222	1,65	0,658	2,7	1,20
47,0	0,0590	0,0235	0,500	0,220	1,63	0,650	2,7	1,19
47,2	0,0584	0,0232	0,495	0,218	1,61	0,644	2,65	1,19
47,4	0,0578	0,0229	0,490	0,216	1,60	0,638	2,65	1,19
47,6	0,0572	0,0227	0,485	0,214	1,59	0,632	2,65	1,18
47,8	0,0566	0,0225	0,480	0,212	1,57	0,626	2,60	1,18
48,0	0,0560	0,0223	0,475	0,210	1,56	0,620	2,60	1,18
48,2	0,0554	0,0220	0,470	0,208	1,54	0,614	2,60	1,17
48,4	0,0548	0,0218	0,465	0,206	1,53	0,609	2,55	1,16
48,6	0,0542	0,0215	0,460	0,205	1,52	0,604	2,55	1,15
48,8	0,0536	0,0213	0,455	0,203	1,50	0,599	2,55	1,14
49,0	0,0530	0,0211	0,450	0,201	1,49	0,594	2,50	1,12
49,2	0,0524	0,0208	0,445	0,198	1,48	0,589	2,50	1,11
49,4	0,0518	0,0206	0,440	0,197	1,46	0,584	2,50	1,10
49,6	0,0512	0,0204	0,435	0,196	1,45	0,579	2,45	1,10
49,8	0,0506	0,0202	0,430	0,194	1,44	0,574	2,40	1,07
50,0	0,0500	0,0200	0,425	0,193	1,43	0,570	2,40	1,04
50,5	0,0490	0,0194	0,420	0,190	1,40	0,558	2,35	1,02
51,0	0,0480	0,0190	0,415	0,187	1,37	0,547	2,30	1,00
51,5	0,0470	0,0186	0,407	0,184	1,34	0,535	2,25	0,99
52,0	0,0460	0,0183	0,400	0,181	1,31	0,524	2,25	0,98
52,5	0,0450	0,0178	0,392	0,178	1,28	0,512	2,20	0,97
53,0	0,0440	0,0174	0,385	0,175	1,25	0,501	2,20	0,95
53,5	0,0430	0,0170	0,380	0,172	1,22	0,490	2,20	0,93
54,0	0,0420	0,0168	0,375	0,170	1,20	0,479	2,15	0,91
54,5	0,0410	0,0166	0,367	0,168	1,18	0,468	2,15	0,89
55,0	0,0400	0,0165	0,360	0,166	1,16	0,457	2,10	0,87

A.4 Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance

When a resistance is used in series with a capacitance to limit the energy that may discharge from the combination of both (energy between nodes A and B in the Figure A.9 below), the assessment of the effective capacitance between these two nodes may be simplified by using Table A.3. Alternatively, if the table is not applied, the circuit may be tested.

The resistance must be adequately rated according to 7.1, and the node X must be segregated from all other conductive parts according to 6.3 or Annex F.

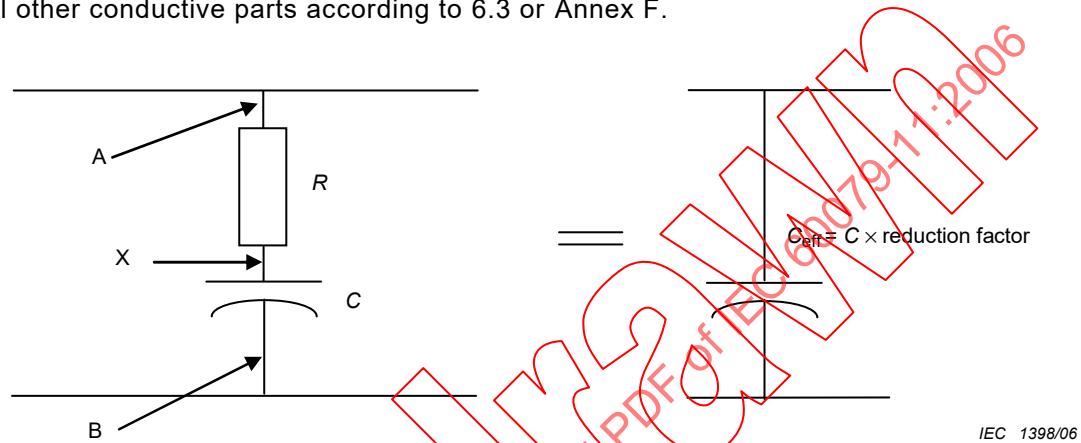


Figure A.9 – Equivalent capacitance

Table A.3 – Permitted reduction of effective capacitance when protected by a series resistance

Resistance R Ω	Reduction factor
0	1,00
1	0,97
2	0,94
3	0,91
4	0,87
5	0,85
6	0,83
7	0,80
8	0,79
9	0,77
10	0,74
12	0,70
14	0,66
16	0,63
18	0,61
20	0,57
25	0,54
30	0,49
40	0,41

NOTE The reductions specified in the above table are conservative and further reductions may be achieved by testing.

Annex B (normative)

Spark test apparatus for intrinsically safe circuits

B.1 Test methods for spark ignition

B.1.1 Principle

The circuit to be tested is connected to the contacts of the spark test apparatus, which are in an explosion chamber that is filled with an explosive test mixture.

The parameters of the circuit are adjusted to achieve the prescribed safety factor and a test is made to determine whether or not ignition of the explosive test mixture takes place within a defined number of operations of the contact system.

Except where otherwise specified, the tolerance on mechanical dimensions of the machined parts is $\pm 2\%$ (tungsten wire length $\pm 10\%$) and that of voltages and current is $\pm 1\%$.

B.1.2 Apparatus

The apparatus consists of a contact arrangement in an explosion chamber having a volume of at least 250 cm^3 . It is arranged to produce make-sparks and break-sparks in the prescribed explosive test mixture.

NOTE 1 An example of a practical design of the test apparatus is shown in Figure B.4. (For the contact arrangement, see Figures B.1 and B.3.)

One of the two contact electrodes consists of a rotating cadmium contact disc with two slots as in Figure B.2.

NOTE 2 Cadmium as supplied for electroplating may be used for casting cadmium contact discs.

The other contact electrode consists of four tungsten contact wires with a diameter of $0,2\text{ mm}$ clamped on a circle of 50 mm diameter to an electrode holder (made of brass or other suitable material as in Figure B.3).

NOTE 3 It is advantageous to round off the corners of the electrode holder slightly at the points where the wires are clamped to avoid premature breakage of the wires at the sharp edge.

The contact arrangement is mounted as shown in Figure B.1. The electrode holder rotates so that the tungsten contact wires slide over the slotted cadmium disc. The distance between the electrode holder and the cadmium disc is 10 mm . The free length of the contact wires is 11 mm . The contact wires are straight and fitted so as to be normal to the surface of the cadmium disc when not in contact with it.

The axes of the shafts driving the cadmium disc and the electrode holder are 31 mm apart and are electrically insulated from each other and from the baseplate of the apparatus. The current is led in and out through sliding contacts on the shafts which are geared together by non-conductive gears with a ratio of $50:12$.

The electrode holder is rotated at 80 r/min by an electric motor, with suitable reduction gearing if necessary. The cadmium disc is turned more slowly in the opposite direction.

Gas-tight bearing bushes in the baseplate are necessary unless a gas flow system is used.

Either a counting device is provided to record the number of revolutions of the motor-driven shaft of the electrode holder or a timing device may be used to determine the test duration, from which the number of revolutions of the shaft of the electrode holder can be calculated.

NOTE 4 It is advantageous to stop the driving motor, or at least the counting device, automatically after an ignition of the explosive mixture, for example by means of a photocell or a pressure switch (see Figures B.5 and B.6).

The explosion chamber shall be capable of withstanding an explosion pressure of at least 1 500 kPa (15 bars) except where provision is made to release the explosion pressure.

At the terminals of the contact arrangement, the self-capacitance of the test apparatus shall not exceed 30 pF with the contacts open. The resistance shall not exceed 0,15 Ω at a current of 1 A d.c. and the self-inductance should not exceed 3 µH with the contacts closed.

B.1.3 Calibration of spark test apparatus

The sensitivity of the spark test apparatus shall be checked before and after each series of tests in accordance with 10.1.3.1 and 10.1.3.2.

When the sensitivity is not as specified, the following procedure shall be followed until the required sensitivity is achieved:

- check the parameters of the calibration circuit;
- check the composition of the explosive test mixture;
- clean the tungsten wires;
- replace the tungsten wires;
- connect the terminals to a 95 mH/24 V/100 mA circuit as specified in 10.1.3.2 and run the test apparatus with the contacts in air for a minimum of 20 000 revolutions of the electrode holder;
- replace the cadmium disc and calibrate the apparatus in accordance with 10.1.3.2.

B.1.4 Preparation and cleaning of tungsten wires

Tungsten is a very brittle material and tungsten wires often tend to split at the ends after a relatively short period of operation.

To resolve this difficulty, one of the following procedures should be followed.

- Fuse the ends of the tungsten wires in a simple device as shown in Figure B.7, using the circuit illustrated in Figure B.8. This forms a small sphere on each wire which should be removed by slight pressure by tweezers.
When prepared in this way, it is found that, on average, one of the four contact wires has to be changed only after about 50 000 sparks.
- Cut the tungsten wires with a shearing action, for example using heavy duty scissors in good condition.

The wires are then mounted in the electrode holder and manually cleaned by rubbing the surface, including the end of the wire, with grade 0 emery cloth or similar.

NOTE 1 It is advantageous to remove the electrode holder from the test apparatus when cleaning the wires.

NOTE 2 The specification for grade 0 emery cloth grains determined by sieving is as follows.

Requirements	Sieve aperture size (µm)
All grains to pass	106
Not more than 24 % to be retained	75
At least 40 % to be retained	53
Not more than 10 % to pass	45

Experience has shown that, in order to stabilize the sensitivity during use, it is advantageous to clean and straighten the wires at regular intervals. The interval chosen depends on the rate at which deposits form on the wires. This rate depends on the circuit being tested. A wire should be replaced if the end of the wire is split or if the wire cannot be straightened.

B.1.5 Conditioning a new cadmium disc

The following procedure is recommended for conditioning a new cadmium disc to stabilize the sensitivity of the spark test apparatus:

- a) fit the new disc into the spark test apparatus;
- b) connect the terminals to a 95 mH/24 V/100 mA circuit as specified in 10.1.3.2 and run the test apparatus with the contacts in air for a minimum of 20 000 revolutions of the electrode holder;
- c) fit new tungsten wires prepared and cleaned in accordance with B.1.4 and connect the test apparatus to a 2 μ F non-electrolytic capacitor charged through a 2 k Ω resistor;
- d) using the Group IIA (or Group I) explosive test mixture conforming to 10.1.3.1 apply 70 V (or 95 V for Group I) to the capacitive circuit and operate the spark test apparatus for a minimum of 400 revolutions of the electrode holder or until ignition occurs. If no ignition takes place, check the gas mixture, replace wires, or check the spark test apparatus. When ignition occurs, reduce the voltage in steps of 5 V and repeat. Repeat until no ignition takes place;
- e) the voltage at which ignition should be obtained to be 45 V for Group IIA (55 V for Group I) and the voltage at which no ignition takes place should be 40 V for Group IIA (50 V for Group I). Repeat d) if necessary.

B.1.6 Limitations of the apparatus

The spark test apparatus should normally be used for testing intrinsically safe circuits within the following limits:

- a) the test current does not exceed 3 A;
- b) for resistive or capacitive circuits the operating voltage does not exceed 300 V;
- c) for inductive circuits the inductance should not exceed 1 H;
- d) for circuits up to 1.5 MHz.

The apparatus can be successfully applied to circuits exceeding these limits but variations in sensitivity may occur.

NOTE 1 If the test current exceeds 3 A, the temperature rise of the tungsten wires may lead to additional ignition effects invalidating the test result.

NOTE 2 With inductive circuits, care should be exercised that self-inductance and circuit time constants do not adversely affect the results.

NOTE 3 Capacitive and inductive circuits with large time constants may be tested, for example by reducing the speed at which the spark test apparatus is driven. Capacitive circuits may be tested by removing two or three of the tungsten wires. Attention is drawn to the fact that reducing the speed of the spark test apparatus may alter its sensitivity.

B.1.7 Modifications of test apparatus for use at higher currents

Test currents of 3 A to 10 A may be tested in the test apparatus when it is modified as follows.

The tungsten wires are replaced by wires with diameter increased from 0,2 mm to between 0,37 mm and 0,43 mm and the free length reduced to 10,5 mm.

NOTE 1 The reduction in free length reduces the wear on the cadmium disc.

The total resistance of the apparatus including the commutation contact resistance shall be reduced to less than $10 \text{ m}\Omega$ or the circuit under test shall be modified to compensate for the internal resistance of the spark test apparatus.

NOTE 2 Brushes of the type used in the automobile industry combined with brass sleeves on the apparatus shafts so as to increase the contact area have been found to be one practical solution to reduce the contact resistance.

The total inductance of the test apparatus and the inductance of the interconnection to the circuit under test must be minimized. A maximum value of $1 \mu\text{H}$ must be achieved.

The apparatus can be used for higher currents but special care in interpreting the results is necessary.

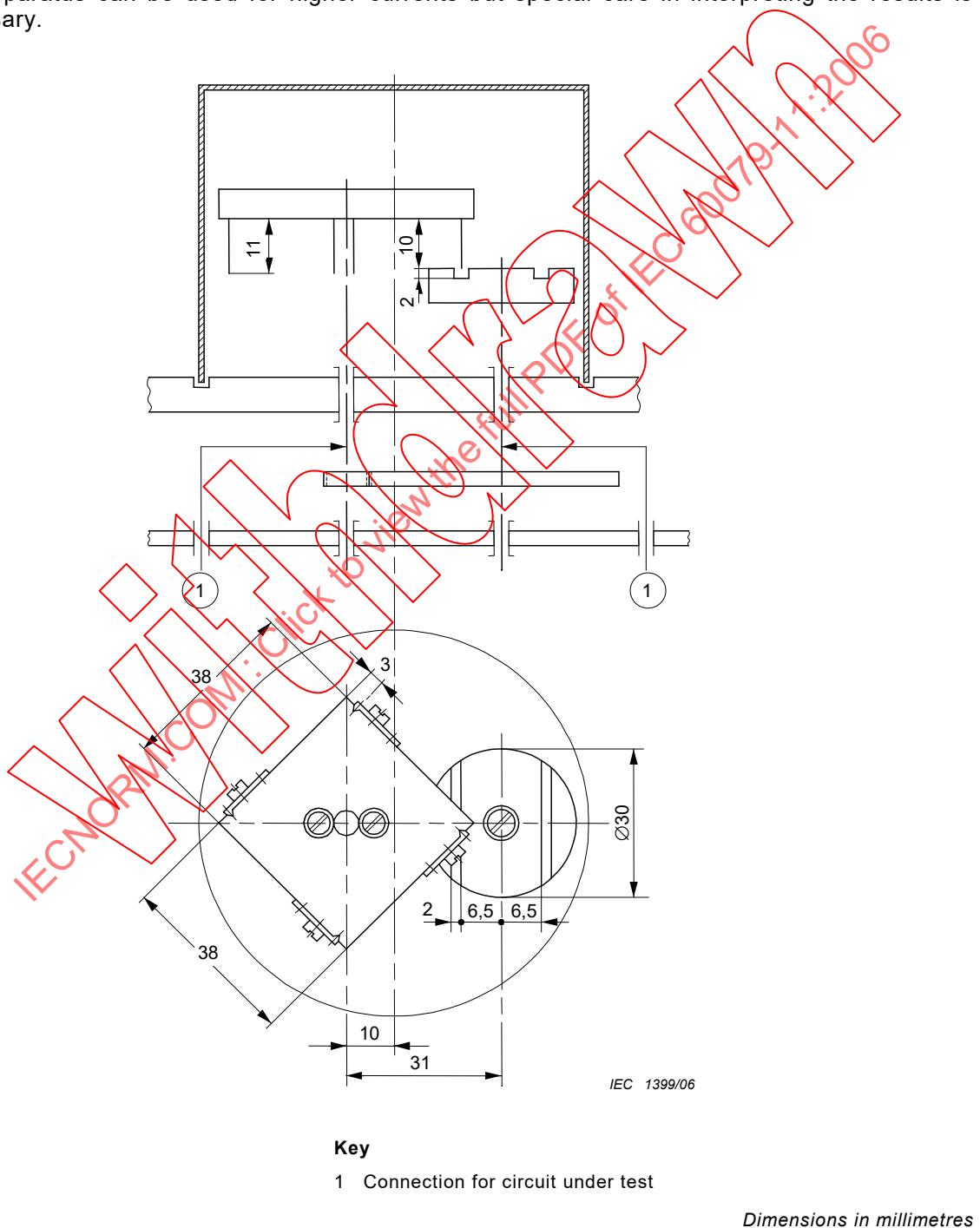


Figure B.1 – Spark test apparatus for intrinsically safe circuits

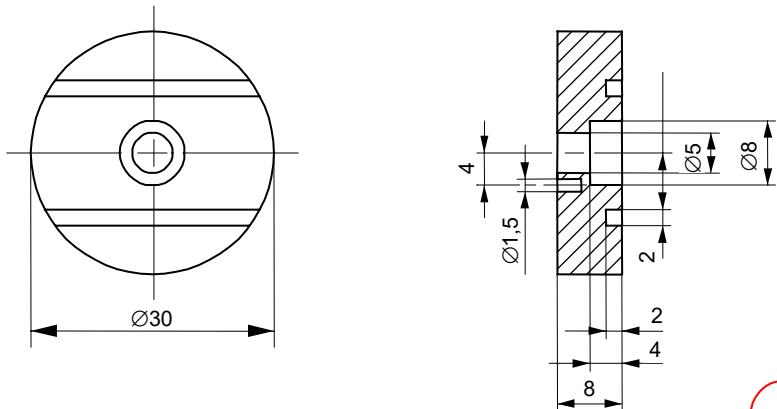
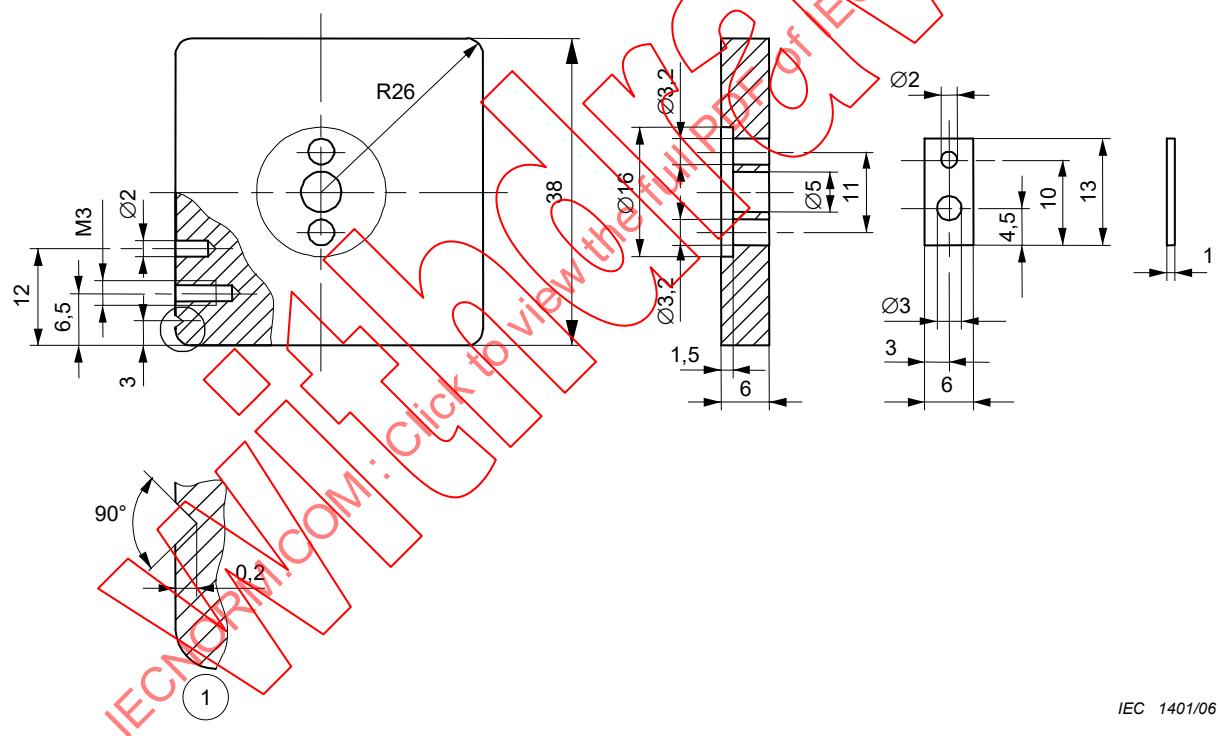


Figure B.2 – Cadmium contact disc



Key

1 Detail X, scale 10:1

Dimensions in millimetres

Figure B.3 – Wire holder

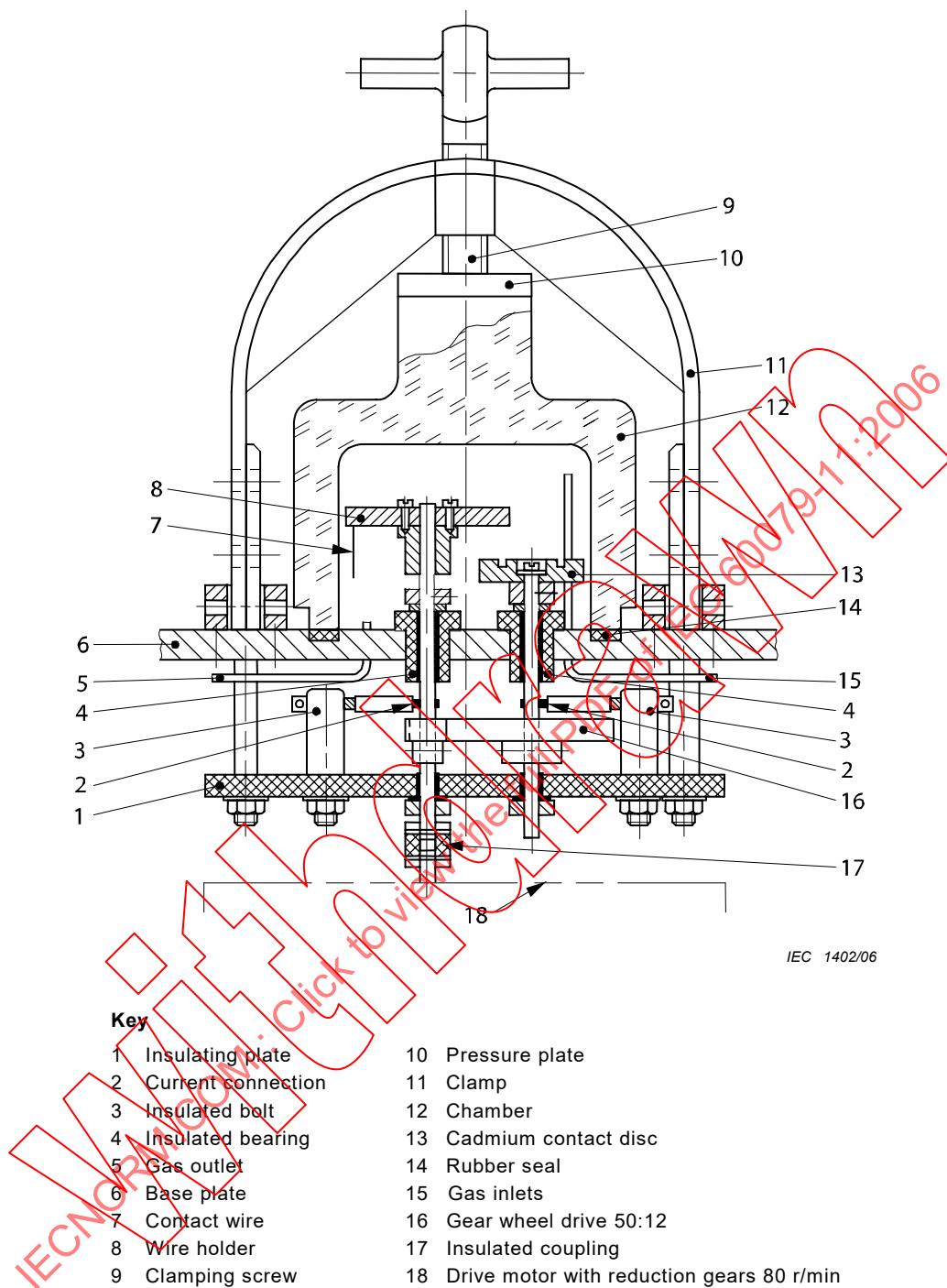
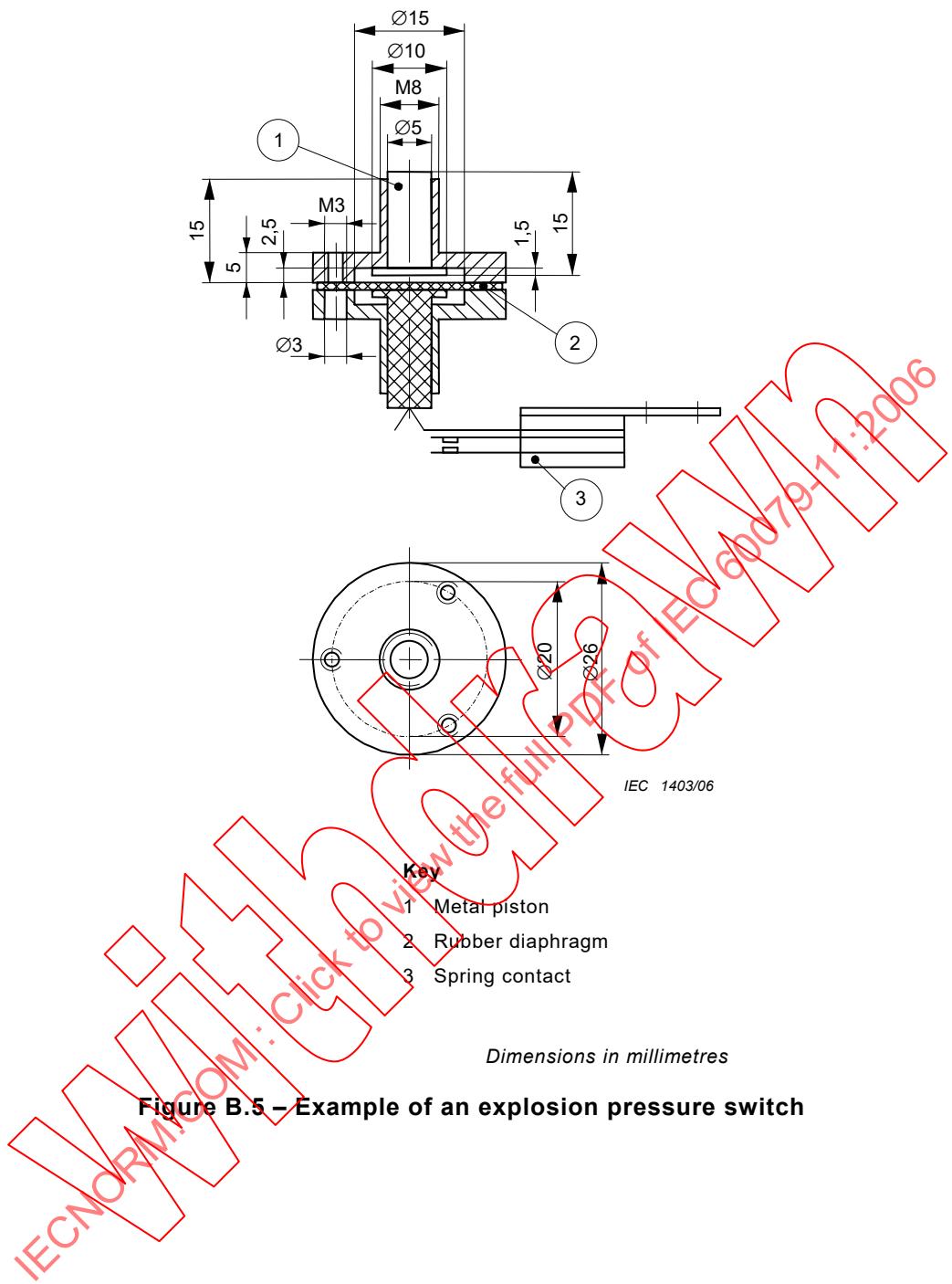
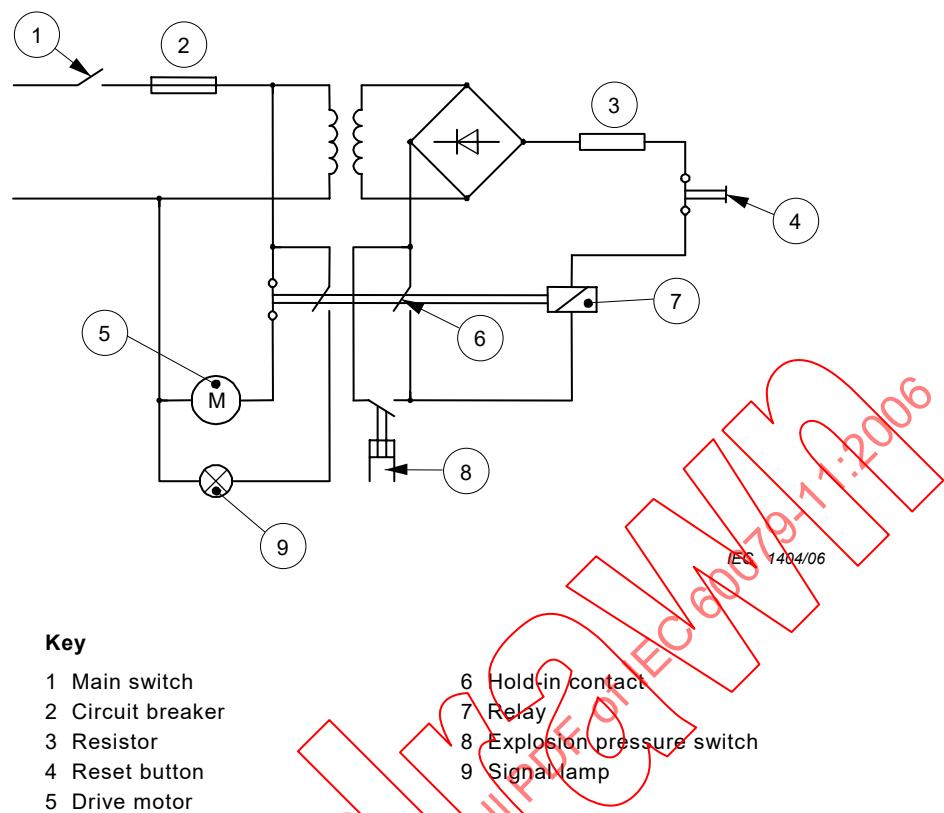


Figure B.4 – Example of a practical design of spark test apparatus



~~Figure B.5 – Example of an explosion pressure switch~~



NOTE This schematic diagram does not take into account precautions which may be considered necessary to avoid an explosion risk.

Figure B.6 – Example of automatic stopping by means of an explosion pressure switch

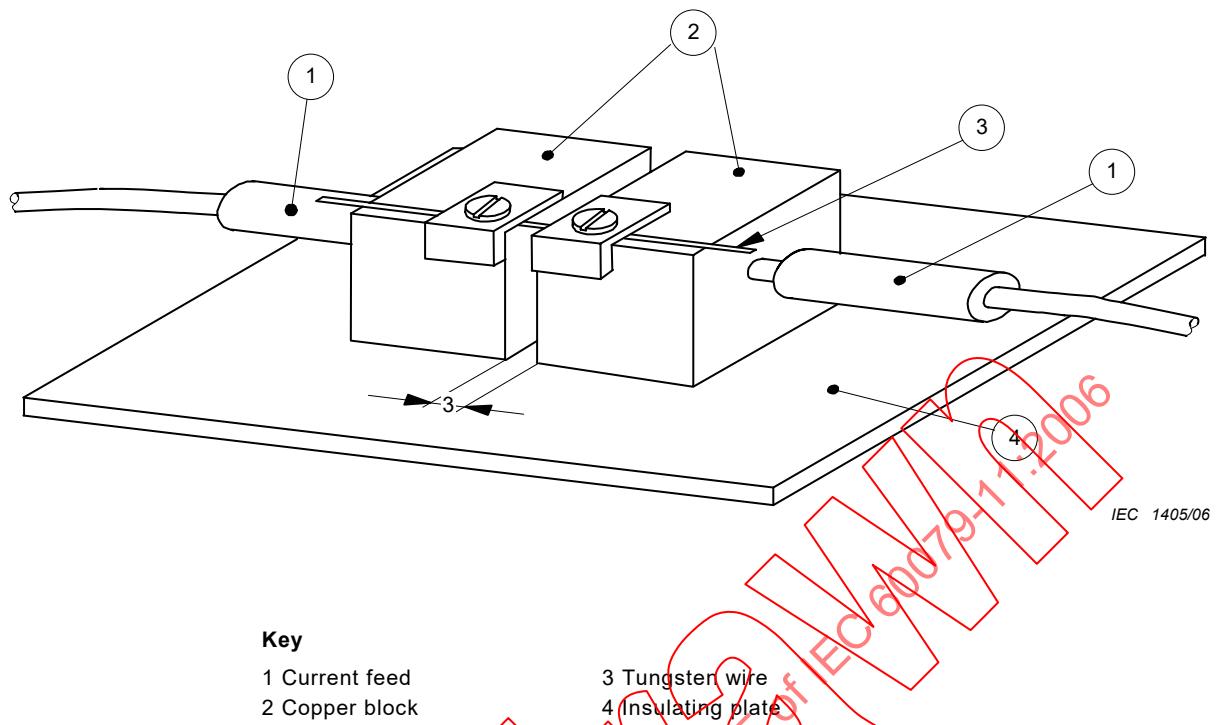


Figure B.7 – Arrangement for fusing tungsten wires

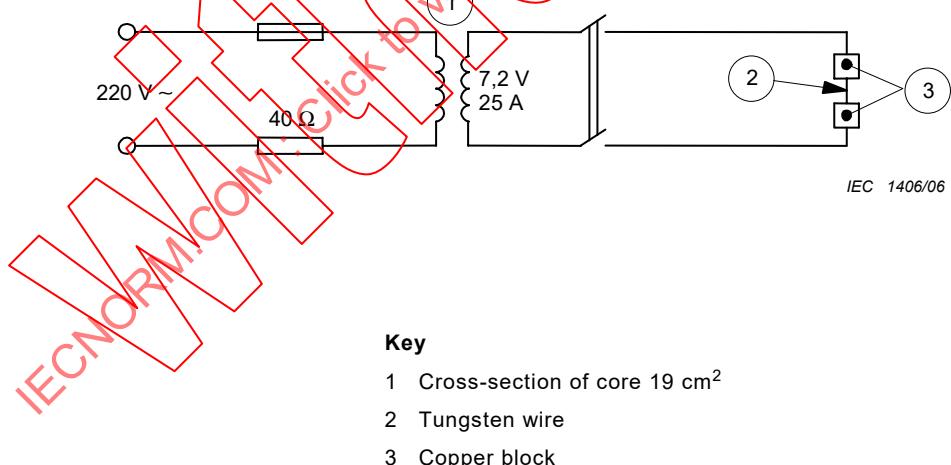


Figure B.8 – Circuit diagram for fusing tungsten wires

Annex C

(informative)

Measurement of creepage distances, clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation

C.1 Clearances and separation distances through casting compound and through solid insulation

The voltage to be used shall be determined in accordance with 6.3.2.

The clearance is taken as the shortest distance in air between two conductive parts and, where there is an insulating part, for example a barrier, between the conductive parts, the distance is measured along the path which will be taken by a stretched piece of string as can be seen in Figure C.1.

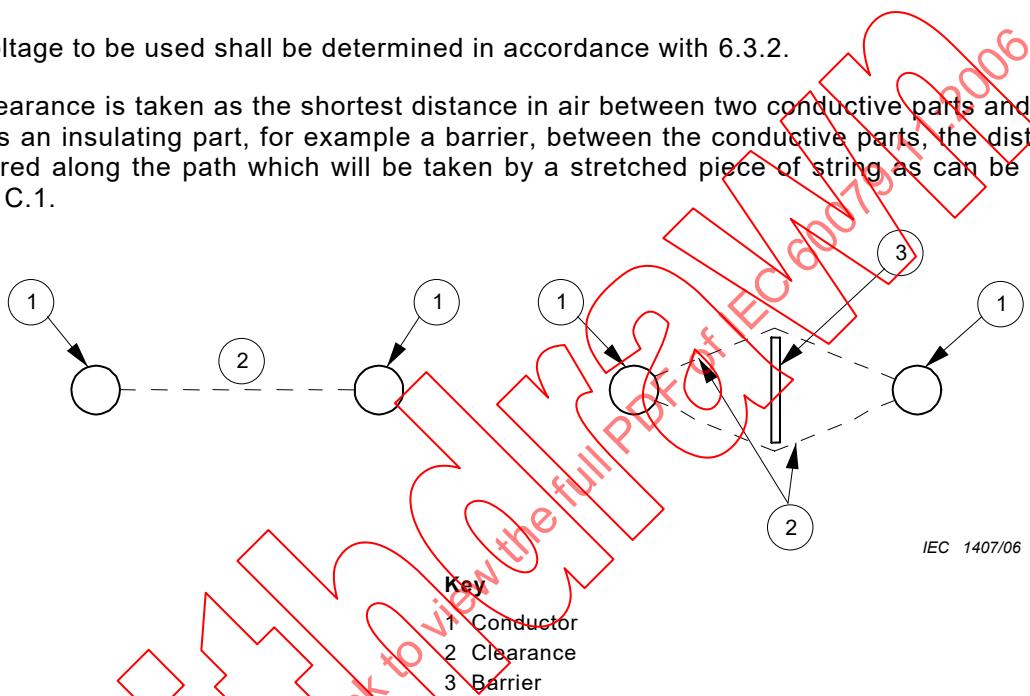


Figure C.1 – Measurement of clearance

Where the distance between the conductive parts is partly clearance and partly separation distance through casting compound and/or solid insulation, the equivalent clearance or separation distance through casting compound can be calculated in the following manner. The value can then be compared with the value in the relevant column of Table 5.

In Figure C.2 let A be the clearance, B be the separation distance through casting compound and C be the separation distance through solid insulation.

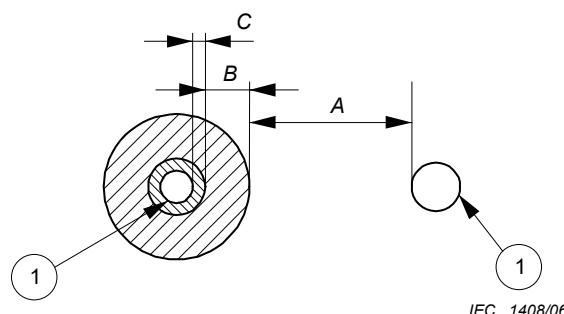


Figure C.2 – Measurement of composite distances

If A is less than the applicable value of Table 5, one of the following tabulations can be used. Any clearance or separation which is below one-third of the relevant value specified in Table 5 shall be ignored for the purpose of these calculations.

The results of these calculations should be added and compared with the appropriate value in Table 5.

To use column 2 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	1	1	1
B	3	3	3
C	3	4	6

To use column 3 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,33	0,33
B	1	1	1
C	1	1,33	2

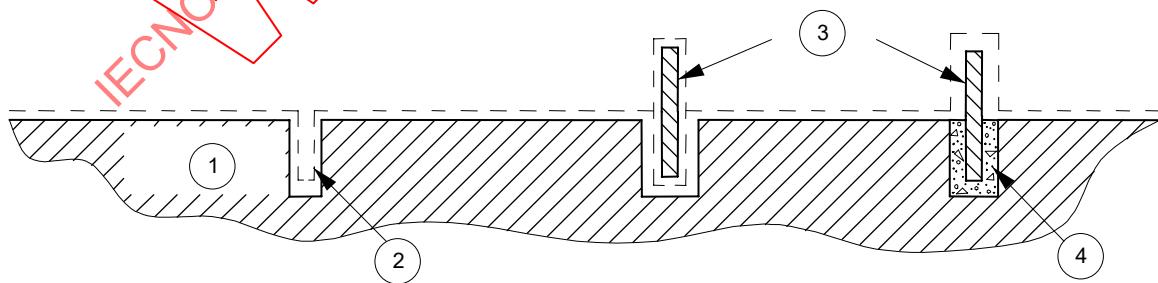
To use column 4 of Table 5, multiply the measured values by the following factors:

Voltage difference	$U < 10 \text{ V}$	$10 \text{ V} \leq U < 30 \text{ V}$	$U \geq 30 \text{ V}$
A	0,33	0,25	0,17
B	1	0,75	0,5
C	1	1	1

C.2 Creepage distances

The voltage to be used shall be determined in accordance with 6.3.2.

Creepage distances have to be measured along the surface of insulation and, therefore, are measured as shown in the following sketch.



IEC 1409/06

Key

- | | |
|-------------|-----------|
| 1 Substrate | 3 Barrier |
| 2 Groove | 4 Cement |

Figure C.3 – Measurement of creepage

The following points shown in Figure C.3 should be taken into account:

- the creepage distance is measured around any intentional groove in the surface, providing that the groove is at least 3 mm wide;
- where an insulating partition or barrier conforming to 6.3.1 is inserted but not cemented in, the creepage distance is measured either over or under the partition, whichever gives the smaller value;
- if the partition described in b) is cemented in, then the creepage distance is always measured over the partition.

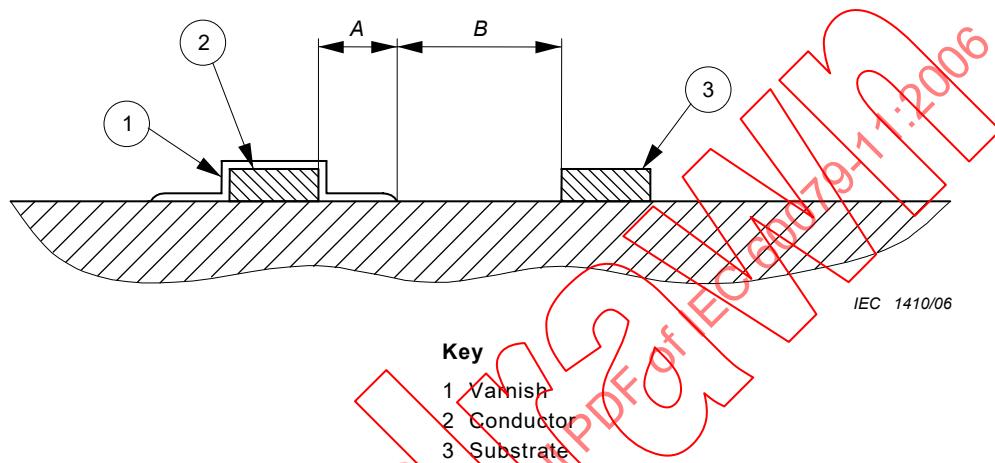


Figure C.4 – Measurement of composite creepage

When varnish is used to reduce the required creepage distances, and only part of the creepage distance is varnished as shown in Figure C.4, the total effective creepage distance is referred to either column 5 or column 6 of Table 5 by the following calculation: to refer to column 5 of Table 5, multiply B by 1 and A by 3; to refer to column 6 of Table 5, multiply B by 0,33 and A by 1. Then add the results together.

Annex D (informative)

Encapsulation

NOTE Figure D.1 illustrates some applications of encapsulation by casting compound. Figure D.2 shows some further application of encapsulation where no enclosure is used.

D.1 Adherence

NOTE A seal should be maintained where any part of the circuit emerges from the encapsulation and the casting compound must adhere at these interfaces.

The exclusion of components encapsulated with casting compound from the creepage distance requirements is based upon the removal of the likelihood of contamination. The measurement of CTI is, in effect, a measurement of the degree of contamination needed to cause breakdown in a separation between conductive parts. The following assumptions emerge from this basic consideration:

- if all electrical parts and substrates are totally enclosed, that is if nothing emerges from the encapsulation, then there is no risk of contamination and hence breakdown from contamination cannot occur;
- if any part of the circuit, for example a bare or insulated conductor or component or the substrate of a printed circuit board emerges from the encapsulation, then, unless the casting compound adheres at the interface, contamination can enter at that interface and cause breakdown.

D.2 Temperature

The casting compound should have a temperature rating conforming to 6.6.

NOTE All casting compounds have a maximum temperature above which they may lose or change their specified properties. Such changes may cause cracking or decomposition which could result in surfaces hotter than the outside surface of the casting compound being exposed to an explosive gas atmosphere.

It should be noted that components which are encapsulated may be hotter or colder than they would be in free air, depending on the thermal conductivity of the casting compound.

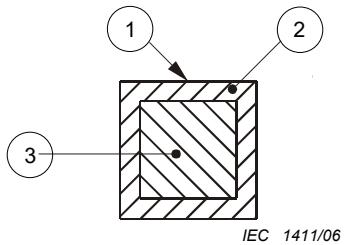


Figure D.1a – No enclosure

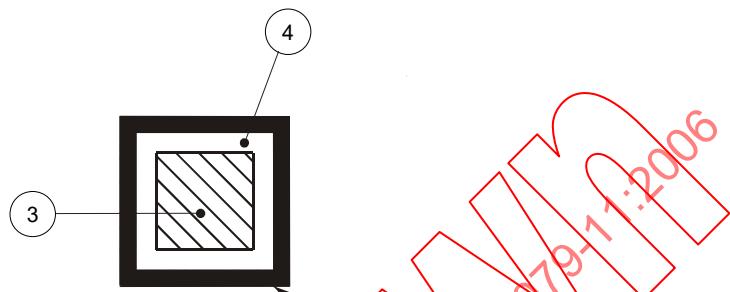


Figure D.1b – Complete enclosure

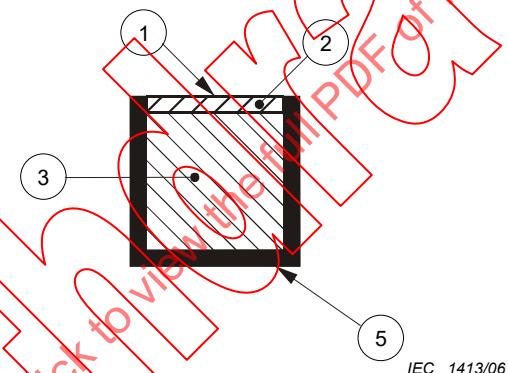


Figure D.1c – Open enclosure

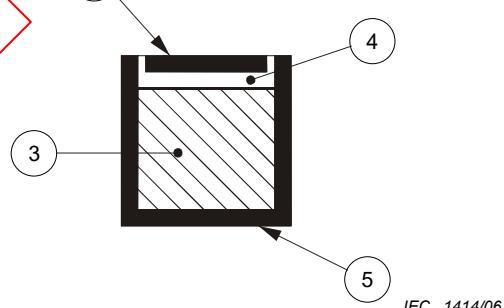
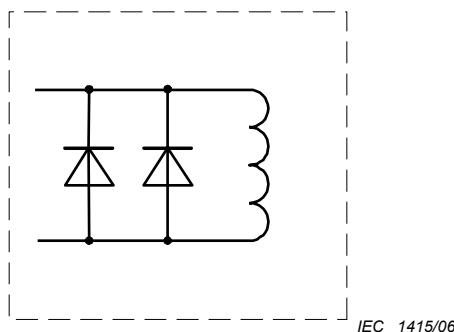


Figure D.1d – Enclosure with cover

Key

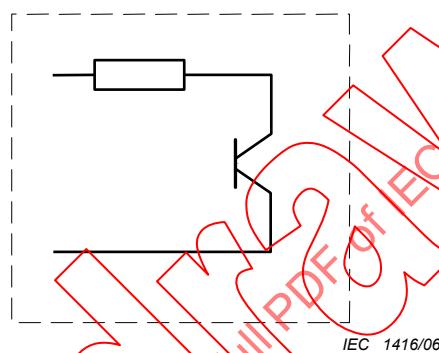
- 1 Free surface
- 2 Encapsulant – $\frac{1}{2}$ of column 3 of Table 5 with a minimum of 1,00 mm
- 3 Component – encapsulant need not penetrate
- 4 Encapsulant – no specified thickness
- 5 Metal or insulating enclosure
 - no specified thickness for metallic enclosure, but see 6.1
 - Insulation thickness shall conform to column 4 of Table 5

Figure D.1 – Examples of encapsulated assemblies conforming to 6.3.4 and 6.6



1 mm minimum thickness to free surface.

Figure D.2a – Mechanical



Thickness determined by external surface temperature.

Figure D.2b – Temperature

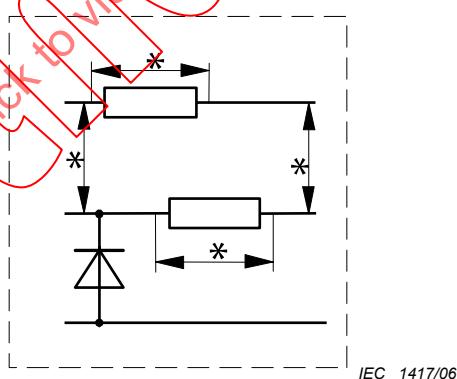
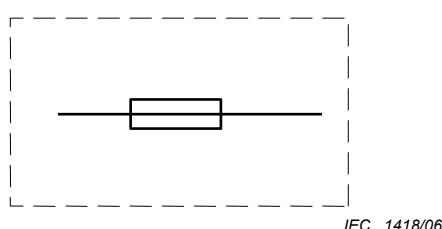


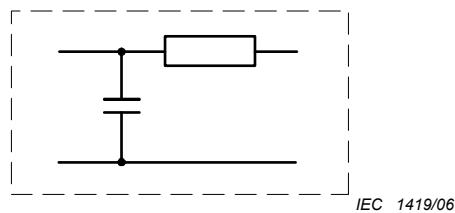
Table 5 applies. Column 3 applies to marked separation. 1 mm minimum thickness to free surface.

Figure D.2c – Separation of circuits



1 mm minimum thickness to free surface.

Figure D.2d – Protection of fuses in an intrinsically safe circuit



1 mm minimum thickness to free surface.

Figure D.2e – Exclusion of gas

Figure D.2 – Applications of encapsulation without enclosure

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006

Annex E (informative)

Transient energy test

E.1 Principle

Where the circuit may deliver a transient voltage and current, then a voltage and current higher than the values provided in Annex A may be allowable, provided it can be shown that the transient energy is limited to the values specified in 10.1.5.3. An example is when a power supply that uses a series semiconductor current-limiting switch detects a high current and shuts down, but allows a brief transient to be transferred to the load. Another example is where a voltage-detecting circuit triggers a thyristor connected in shunt across the load, but where the high voltage may be briefly present across the load before the thyristor fires.

The circuit under test shall be tested with those faults applicable under 5.1 that give the most onerous energy under the conditions described in this clause.

NOTE The worst case situation may not occur at the maximum voltage. Lower voltages should also be assessed.

The principle of this test is to measure the energy for the period when the voltage and current exceed the values given in Annex A or the values known to be non-incendive when tested using the spark test apparatus as given in 10.1.

E.2 Test

The energy that may be released to the explosive gas atmosphere shall be measured by the integral of the power and time, during the period at which the voltage and current exceed the values given in Annex A or the values known to be non-ignition capable when tested with the spark test apparatus.

The circuit shall be tested assuming the worst possible load under the faults applicable under 5.1. Where the circuit provides power to external apparatus (for example, where a power supply with a series semiconductor current-limiting switch delivers power at its output terminals to other apparatus located in the explosive gas atmosphere) then the worst load may be any load between the limits of open-circuit and short-circuit.

As an example, if a power supply delivers 15 V under open-circuit, and has a series current limiting switch that operates when the current exceeds 1 A, it is expected that the circuit, if connected to the worst case load of a zener at approximately 14,5 V, would give a brief transient with current greater than 1 A before causing the current switch to operate. Zeners at voltages lower than this shall also be considered for the test.

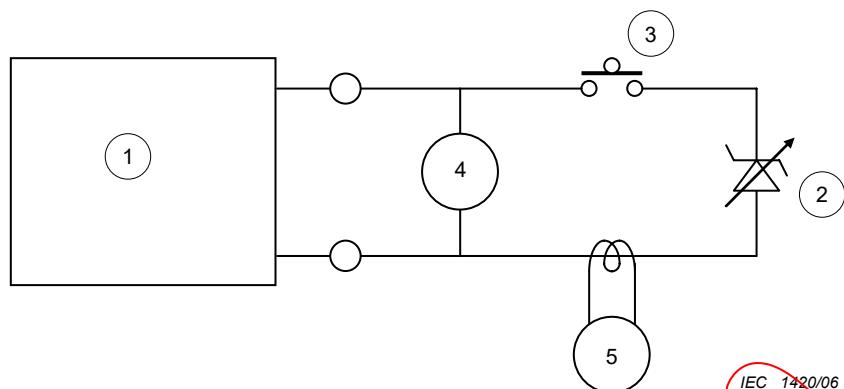
For Group IIB, the maximum allowable current at 14,5 V is 3,76 A (using Table A.1). Therefore, the test shall measure the product of voltage and current during the time when the current exceeds 3,76 A. The test set-up and expected voltage and current logged with a digital oscilloscope is expected to be as shown in Figures E.1 and E.2.

In this case, the transient energy will need to be calculated by measuring the current to the zener (using a current measuring clamp) and the voltage across the zener. A set of current versus time for each value of zener can then be measured, and the area under the plot of voltage \times current versus time can be obtained. The area under the curve before the current drops to a value below which it is known as non-ignition capable can thus be obtained, with this being the transient energy test.

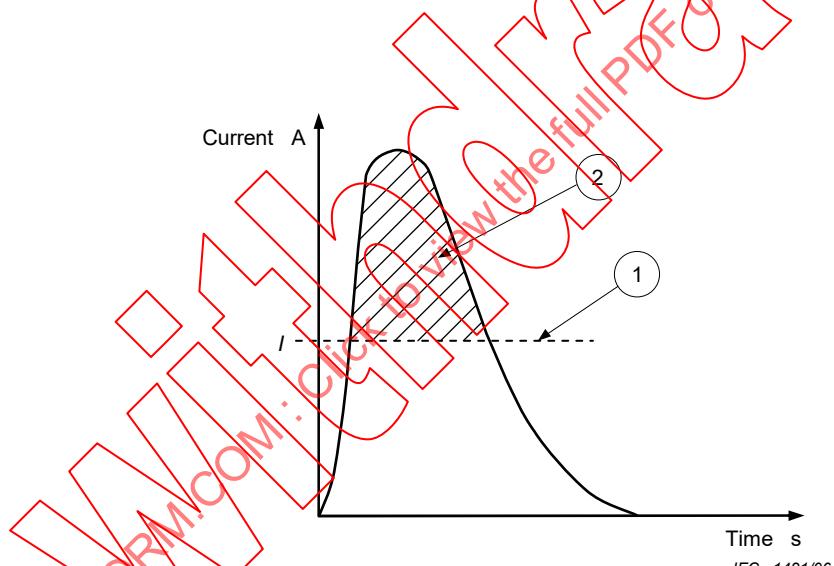
In other cases, the most onerous load may be a variable resistor. In this case, a set of current versus time can then be plotted for each resistive load from practically short-circuit to a resistance just less than U_o/I_o , and the integral of the power and time delivered to the resistor, can then be used to calculate the transient power delivered. This load may also be a capacitor, or inductor, depending on the output parameters specified.

Care shall be taken that the voltage and current are measured by a high speed storage oscilloscope, capable of providing a time base speed of less than 1 μ s per division. The test equipment and its connection to the circuit under test should minimize any variation of the measurands due to introduction of the test equipment. Current clamp probes and high impedance voltage measurement channels are recommended. A mercury contact tilt switch is recommended as it provides a bilateral low contact resistance mechanism, but other equivalent switches may be used.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006

**Key**

- 1 Circuit under test
- 2 Load
- 3 Mercury switch
- 4 High impedance voltmeter
- 5 Current clamp probe

Figure E.1 – Example of test circuit**Key**

- 1 I is equal to the maximum permitted current by spark test or Annex A
- 2 Transmitted energy (in Joules) = V (in volts) \times hatched area of the curve (in A·s)

Figure E.2 – Example of output waveform

Annex F (normative)

Alternative separation distances for assembled printed circuit boards and separation of components

F.1 General

Compliance with this annex yields reduced separation distances of conductive parts with respect to Table 5. It is applicable when a maximum pollution degree 2 affects electrical segregations under concern for:

- assembled printed circuit boards, and
- separation components with the exception of transformers, complying with Table F.1 or F.2 depending on the level of protection.

NOTE The general requirements for separation distances of conductive parts are given in 6.3 of this standard. These are based widely on pollution degree 3 (IEC 60664-1). Conceptually, a double or reinforced insulation based on IEC 60664-1 is considered to comply with safety separation requirements of intrinsic safety level "ia" and "ib" also.

With printed circuit boards and relays and opto-couplers where either the pollution degree 2 is applicable due to installation conditions or by housing or coating with protection from ingress of dust and moisture, the requirements of this annex may offer less onerous construction requirements.

The application takes advantage of "Insulation coordination for equipment within low voltage systems" (IEC 60664-1).

Data stated in Table F.1 are valid for overvoltage category III/II (mains/non-mains circuits), material group IIIa/b, pollution degree 2 (no condensation when in service); they are derived from IEC 60664-1. This alternative method widely makes use of insulation coordination.

F.2 Control of pollution access

Where the pollution level to the printed circuit board assemblies or the separation components is limited to pollution degree 2 or better, reduced separation distances apply for;

- level of protection "ia" and "ib" stated in Table F.1;
- level of protection "ic" stated in Table F.2.

Reduction of pollution degree 2 is achieved by:

- an ingress protection rating of the enclosure protecting the printed circuit board assemblies or the separation components suitable for the required installation, with a minimum of IP54 according to IEC 60529.

The enclosure shall be subjected to all the applicable requirements for enclosures as provided in IEC 60079-0 with an ingress protection rating of at minimum IP54; or

- application of conformal coating type 1 or type 2 according to IEC 60664-3, where effective ;or
- installation in a controlled environment with suitably reduced pollution; in such case the required condition of installation shall be added to the documentation provided by the manufacturer, and the symbol 'X' shall be added to the marking (see Clause 29 of IEC 60079-0).

F.3 Distances for printed circuit boards and separation of components

F.3.1 Level of protection "ia" and "ib"

For level of protection "ia" and "ib", segregation distances according to Table F.1 may be used in the cases stated in Clause F.1, provided that the following conditions apply.

- The circuits are limited to overvoltage category I/II/III (non mains/mains circuits) as defined in IEC 60664-1. This shall be included in the documentation provided by the manufacturer as a condition of installation. The apparatus shall be marked with an "X" as required by item i) of 29.2 of IEC 60079-0.
- The material of the insulation of the printed circuit board or the separation components shall be group IIIa/b, as specified in IEC 60664-1.

Separation distances that comply with Table F.1 shall be considered infallible and shall not be subject to failure to a lower resistance. However, where redundancy of components must be used (for example two capacitors in series), separation distance of less than the full value but greater or equal to half the value according to Table F.1 shall be considered as a single countable fault; no further faults to be considered.

Distance under coating, distance through casting compound and distance through solid insulation shall be subjected to type and routine testing as required in IEC 60664-1 and IEC 60664-3, while clearance and creepage distances do not need type or routine testing. As routine tests can only be performed with galvanically separated circuits, it is considered suitable to include special test conductors in the design of the printed circuit board for conclusion that the intended manufacturing procedure (coating, potting) was successful.

Type tests have to be carried out taking into account the most onerous ambient conditions claimed for the apparatus, for example the maximum and minimum temperatures.

Composite separations as provided in 6.3.6 shall not be applied when using Table F.1.

F.3.2 Level of protection "ic"

For level of protection "ic", reduced segregation distances according to Table F.2 may be used, provided that the following conditions apply.

- If the rated voltage of the apparatus or the nominal voltage of any part of the apparatus being considered does not exceed 60 V peak value no separation distance requirements additional to the general industrial standards are required. Apparatus with a rated voltage of over 60 V peak up to 375 V peak shall comply with the creepage and clearance requirements in Table F.2.
- Provision shall be made, either in the apparatus or external to the apparatus, to provide transient protection at the power supply terminals of the apparatus. The transient protection shall limit transients up to a maximum of 140 % of the peak value of 60 V, 90 V, 190 V or 375 V depending on the nominal voltage of the apparatus. Where the means is to be provided externally, the apparatus shall be marked with the symbol "X" (see Clause 29 of IEC 60079-0) and the information shall be given in the documentation (see Clause 13).

Table F.1 – Clearances, creepage distances and separations for level of protection "ia" and "ib" when ingress protected, and special conditions of material and installation are fulfilled

1	IEC 2	3	4	5	6
Rated insulation voltage AC rms or DC Note 1 and Note 5 V	Clearance and creepage distance Note 2	Separation distance through casting compound Note 3	Separation distance through solid insulation mm	Distance under coating Coating type 1 Note 4	Distance under coating Coating type 2 Note 4
Overvoltage category Note 3	III	III	1 / II / III	III	1 / II
10	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2
20	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2
30	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2
40	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2
50	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2
100	1,5	0,32	0,2	0,75	0,32
150	3,0	1,3	0,2	1,5	0,65
300	5,5	3,2	0,2	2,75	1,6
600	8,0	6,4	0,2	4,0	3,2

NOTE 1 Voltage steps are based on the R10 series. The actual working voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %.

NOTE 2 Including components and parts on the PCB.

NOTE 3 Overvoltage category according to IEC 60664-1.

NOTE 4 Coating type according IEC 60664-3.

NOTE 5 Including any recurring peak voltage for example with DC-DC converters but transients may be neglected.

IEC 60079-11:2006
View this full PDF at
www.IEC-60079-11.com

**Table F.2 – Clearances, creepage distances and separations for level of protection "ic"
when ingress is protected by an enclosure or by special conditions of installation**

1	2	3	4	5	6	7
Voltage (peak value) V	Clearance mm	Separation distance through casting compound mm	Separation distance through solid insulation mm	Creepage distance mm	Distance under coating mm	Comparative tracking index (CTI)
10	–	–	–	–	–	–
30	–	–	–	–	–	100
60	–	–	–	–	–	100
90	0,4	0,15	0,15	1,25	0,3	100
190	0,5	0,3	0,3	1,5	0,4	175
375	1,25	0,3	0,3	2,5	0,85	175
>375	*	*	*	*	*	*

NOTE 1 For distances marked by ‘–’, there are no additional requirements. For distances marked ‘*’, no values are available presently.

NOTE 2 Evidence of compliance with the CTI requirements of insulating materials should be provided by the manufacturer. At voltages up to 10 V, the CTI of insulating materials is not required to be specified.

PDF of IEC 60079-11:2006

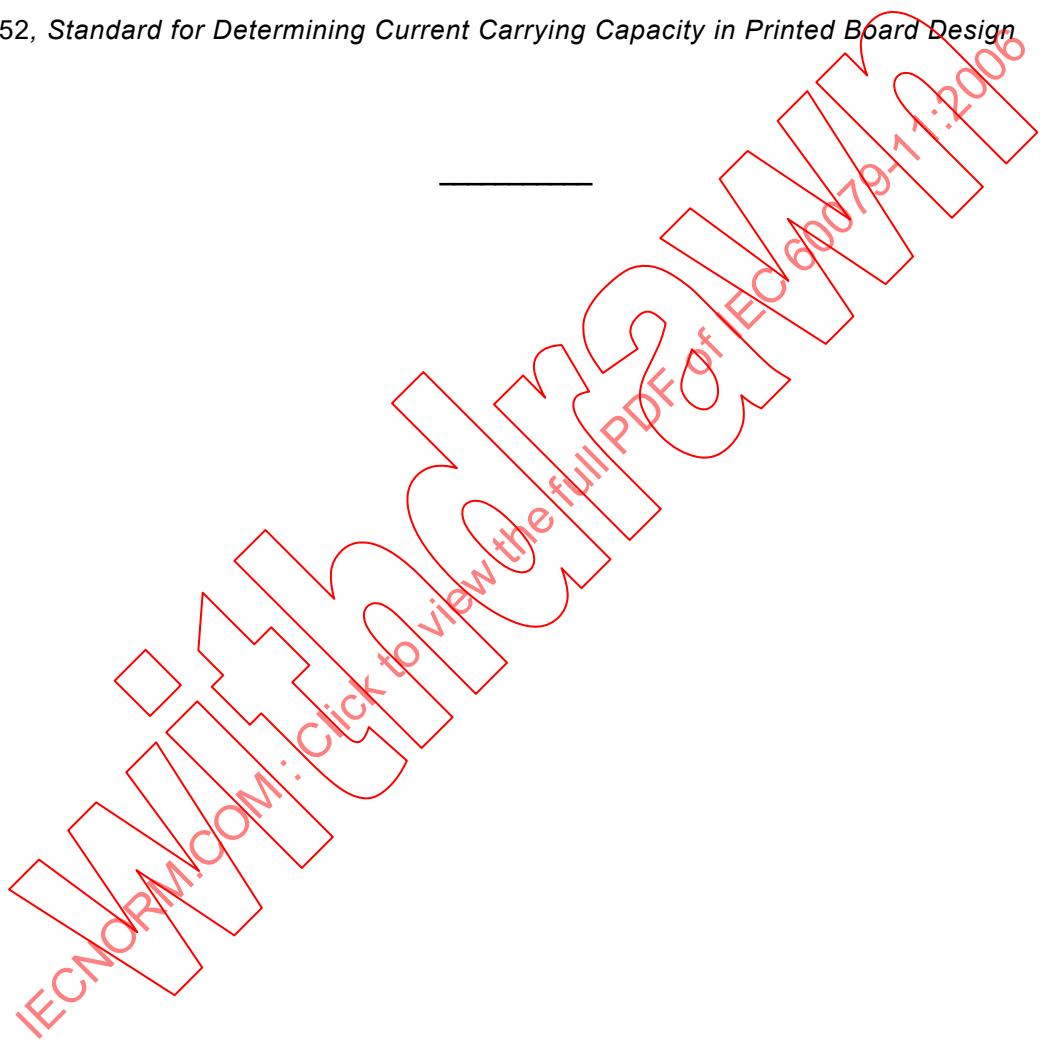
Bibliography

IEC 60050-426:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres*

IEC 60079-15, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 15: Construction, test and marking of type of protection "n" electrical apparatus*

IEC 61086-1:2004, *Coatings for loaded printed wire boards (conformal coatings) – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IPC 2152, *Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design*



CORRIGENDUM 1

Correction in the french text only.

Les corrections ne s'appliquent qu'au texte français.

Dans toute la norme:

Remplacer l'expression “type de protection” par “mode de protection”.

Avant-propos, modification, troisième point

Remplacer “appareil d'étincelle” par “éclateur”.

Paragraphe 3.5

Remplacer “en shunt de diodes” par “diodes shunt”.

Remplacer “de plus grande taille” par “individuel plutôt que comme partie d'un matériel plus grand”.

Paragraphe 3.7.2

Remplacer “défectuosité” par “défaillance”.

Paragraphe 3.10

Remplacer “ANSI/UK” par “ANSI/UL”.

Paragraphe 3.13

Remplacer “le matériel de sécurité intrinsèque et les circuits sont sous tension” par “le matériel et les circuits de sécurité intrinsèque sont sous tension”.

Paragraphe 3.15

Remplacer “rapport de l'inductance à la résistance” par “valeur maximale du rapport de l'inductance à la résistance”.

A partir de l'Article 5, dans toute la norme, remplacer l'expression “pistes de cartes de circuits imprimés” par “pistes de cartes à circuits imprimés”.

Paragraphe 5.1

Remplacer le début de la première phrase par ce qui suit:

“Pour les circuits des matériels associés qui sont connectés à des circuits de très basse tension de sécurité (TBTS) ou des circuits de très basse tension de protection (TBTP)...”.

Paragraphe 5.7

Ajouter, à la fin de la deuxième phrase “...du composant”.

Point 1)

Remplacer “d’éléments d’annulation” par “des dispositifs de suppression”.

Paragraphe 6.2.1

Au début de l’alinéa suivant le point 3), remplacer “Les distances d’isolement” par “Les distances dans l’air”.

Figure 1a

Remplacer le titre existant par “Exigences de distance pour les bornes recevant des circuits de sécurité intrinsèque distincts”.

Paragraphe 6.2.3

Juste avant la deuxième équation, remplacer “ $L_i = 0$ ” par “ $L_s = 0$ ”.

NOTE 2

Remplacer, deux fois, “l’essai d’étincelle” par “l’essai à l’éclateur”.

Paragraphe 6.3.1.2

Figure 2

Remplacer la légende 4 existante par “Partie d’un circuit de sécurité intrinsèque lui-même n’étant pas de sécurité intrinsèque”.

Paragraphe 6.3.13

Remplacer le deuxième alinéa par ce qui suit:

“Pour des valeurs plus élevées, les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits de sécurité non intrinsèque ne peuvent être connectés au même relais que s’ils sont séparés par une cloison métallique mise à la terre ou par une cloison isolante conforme à 6.3.1. Les dimensions d’une telle cloison isolante doivent prendre en compte l’ionisation apparaissant lors du fonctionnement du relais qui peut généralement exiger des lignes de fuite et des distances dans l’air supérieures à celles données dans le Tableau 5.”

Dans le dernier alinéa, remplacer le mot “barrières” par “cloisons”.

Paragraphe 6.6

Dans l'alinéa suivant le point e), remplacer la dernière phrase par “Des conditions de défaut à l'intérieur du composé de moulage doivent être évaluées, mais la possibilité d'inflammation par étincelle dans l'encapsulage ne doit pas être considérée.”

Dans le dernier alinéa, remplacer “volume de composé” par “volume du composé”.

Paragraphe 7.1

Remplacer le titre existant par “Taux de travail”.

Remplacer le deuxième alinéa, sous la Note 1, par ce qui suit:

Les taux de travail des composants doivent être tels que ci-dessus même lorsque le matériel de sécurité intrinsèque est connecté à d'autres matériels utilisés dans une zone non dangereuse, par exemple pendant la charge, la maintenance, les opérations de récupération de données, en incluant l'application des défauts requis dans le matériel de sécurité intrinsèque.

Paragraphe 7.3

Dans le premier alinéa, deuxième phrase, remplacer l'expression “résistance froide” par “résistance à froid”.

Dans le cinquième alinéa, remplacer la première phrase par ce qui suit:

“Les coupe-circuits à fusibles utilisés pour protéger des composants doivent être remplaçables uniquement en ouvrant l'enveloppe du matériel.”

Sous la Note 1, remplacer les deux premières phrases par ce qui suit:

“Un coupe-circuit à fusibles doit avoir un pouvoir de coupure non inférieur au courant maximal prévu pour le circuit dans lequel il est installé. Dans le cas d'une alimentation électrique par le réseau n'excédant pas 250 V c.a., le courant présumé est considéré être normalement de 1 500 A c.a.

Paragraphe 7.4.2

Premier alinéa, deuxième phrase, remplacer “autorisation” par “confirmation”.

Paragraphe 7.4.5

Dans la Note 2, supprimer le mot “imposant”.

Paragraphe 7.4.6

Premier alinéa, première phrase, remplacer “assurer la sécurité de l'accumulateur lui-même” par “assurer sa propre sécurité”.

Paragraphe 7.4.8

Dans le point a), remplacer la dernière phrase par “Le coupe-circuit à fusibles doit soit être encapsulé, soit ne pas être traversé par un courant lorsqu'il est situé dans une atmosphère explosive;”.

Paragraphe 7.4.9

Remplacer le point 1) par ce qui suit:

“1) sans jonction ni joint, par exemple monobloc, enrubannée ou enrobée, jointe par fusion, par des méthodes eutectiques, étanchéifiée par soudage ou collage avec un dispositif d'étanchéité en élastomère ou en matière plastique retenu sur la structure de l'enveloppe et maintenu en permanence en compression, par exemple des rondelles et des joints toriques.”

Paragraphe 7.5.1

Dans le premier alinéa, remplacer “à la tension crête alternative” par “à la valeur crête de la tension alternative”.

Paragraphe 7.5.2

Dans le titre, remplacer “Limiteur” par “Limiteurs”.

Premier alinéa, deuxième phrase, ajouter “d'un seul” avant coupe-circuit à fusibles.

Paragraphe 7.5.2

Point a), première ligne, remplacer “connecté” par “associés”.

Paragraphe 7.6

Point d), troisième tiret, remplacer le texte existant par ce qui suit:

- quand on considère la tension aux broches externes d'un circuit intégré qui comporte un convertisseur de tension (par exemple un élévateur de tension ou un inverseur de tension), les tensions internes ne doivent pas être prises en compte, pourvu que cette tension augmentée ne soit présente sur aucune des broches externes et qu'aucun composant externe comme un condensateur ou une inductance ne soit utilisé pour la conversion, par exemple des EEPROM. Si la tension augmentée est disponible sur une broche externe, cette tension augmentée est supposée être présente sur toutes les broches externes du circuit intégré;

Paragraphe 7.8

Dans la dernière phrase, remplacer “addition” par “ajout”.

Paragraphe 8.2

Alinéa après la Note, remplacer la deuxième phrase par “Lorsqu'il n'est pas possible de faire fonctionner le transformateur en courant alternatif, chaque enroulement doit être soumis à un courant direct de $1,7 I_n$ dans l'essai de type de 8.1.3.”.

Paragraphe 8.4

Troisième alinéa, première phrase, remplacer le mot "tenir" par "supporter".

Quatrième alinéa, première phrase, remplacer "résistance froide" par "résistance à froid".

Paragraphe 8.6.1

Point a) remplacer la phrase par ce qui suit:

- a) le montage en shunt de sécurité ne doit pas être considéré pouvoir se mettre en défaut de circuit ouvert;

Paragraphe 8.6.3

Dans le titre et dans les deux premiers alinéas, remplacer "shunt de limitation de tension" par "limiteur(s) shunt de tension".

Paragraphe 8.7

Remplacer dans la première phrase "les connexions" par "leurs connexions".

Point b) 3), à la fin de la première phrase, remplacer "conformément) 8.7.b) 1) ou 8.7.b) 2)" par "conformément à 8.7 b) 1) ou 8.7 b) 2)." .

Paragraphe 9.1

Remplacer, à la fin du troisième alinéa, la référence "de 10.8" par "à l'Article 5.".

Paragraphe 10.1.1

Premier alinéa, première phrase, remplacer "pour la catégorie appropriée" par "le niveau de protection approprié".

Paragraphe 10.1.5.2

Remplacer, "Lorsque l'inductance totale, ou la résistance totale..." par "Lorsque l'inductance ou la capacité totale...".

Paragraphe 10.5.3

Remplacer au point a), le deuxième alinéa par ce qui suit:

"Quand le matériel contient des piles qui ne doivent pas être changées en atmosphère explosive gazeuse, la décharge d'inflammation par étincelle sur les bornes d'une pile unique ne nécessite pas d'être éprouvée, pourvu que:"

NOTE 1

Remplacer "broches" par "bornes".

Annexe A

Article A.1

Remplacer au point a) "la catégorie considérée" par "le niveau de protection considéré".

Article A.2

Deuxième alinéa, deuxième tiret, remplacer "de la catégorie de..." par "du niveau de protection du...".

Annexe F

Article F.1

Deuxième point, remplacer "conformes aux Tableaux F.1 or F.2" par "conformes aux Tableaux F.1 ou F.2".

Paragraphe F.3.1

Troisième alinéa, troisième ligne, remplacer "les distances d'isolation" par "les distances dans l'air".

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60079-11
Edition 5.0 2006-07

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"

F E U I L L E D' I N T E R P R É T A T I O N 1

Cette feuille d'interprétation a été établie par le sous-comité 31G: Matériels à sécurité intrinsèque, du comité d'études 31 de l'IEC: Equipements pour atmosphères explosives.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

DISH	Rapport de vote
31G/310/DISH	31G/313/RVDISH

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

Contexte

Les deuxième et troisième alinéas de l'IEC 60079-11:2006, 10.5.3 b) spécifient ce qui suit:

La température maximale de surface doit être déterminée comme suit:

Tous les dispositifs de limitation de courant extérieurs à l'élément ou à la batterie doivent être court-circuités pour l'essai. Tout fourreau externe (de papier ou métallique, etc.) ne faisant pas partie de l'enveloppe même de l'élément doit être enlevé pour l'essai. La température doit être déterminée sur l'enveloppe externe de chaque élément ou batterie, et on doit retenir la valeur maximale. L'essai doit être effectué avec les dispositifs internes de limitation de courant en circuit puis en court-circuit, en utilisant 10 éléments dans chaque cas. Les 10 échantillons ayant les dispositifs internes de limitation de courant court-circuités doivent être fournis par le fabricant de l'élément ou de la batterie avec toutes les instructions ou précautions particulières nécessaires pour une utilisation et une mise en essai sûres des échantillons.

L'objectif des alinéas cités est de simuler un court-circuit interne à l'intérieur d'un élément, en court-circuitant les bornes externes de l'élément dans le cadre de l'évaluation thermique.

Il a été établi que deux détails ont été mal interprétés dans les présents alinéas:

- a) Les alinéas traitent des éléments et des batteries, tandis que l'objectif est clairement de simuler des courts-circuits internes à l'intérieur des éléments et non à l'intérieur des batteries, auquel cas les courts-circuits pourraient être interprétés comme étant externes à l'élément ou aux éléments à l'intérieur d'une batterie.
- b) Il est difficile de définir clairement ce qui constitue un dispositif de limitation de courant qui assure une protection contre les courts-circuits internes.

Un séparateur avec fonction de coupure peut être interprété comme un dispositif de limitation de courant qui protège contre les courts-circuits internes de par sa fonction, mais étant donné qu'il constitue une partie de construction de l'élément qui ne peut pas être retirée sans altérer la fonctionnalité de l'élément de base, il ne s'agit pas d'un dispositif de limitation de courant pour mettre en application la norme. Inversement, un CID (dispositif d'interruption de courant, *Current interruption device*), par exemple, est un interrupteur qui est déclenché par une augmentation de la pression à l'intérieur de l'élément, et la fonctionnalité de l'élément n'est pas altérée par l'absence du CID.

La référence aux dispositifs internes de limitation de courant qui assurent une protection contre les courts-circuits internes dans l'édition 6 a été incluse pour traiter des technologies de piles futures non connues, qui pourraient inclure des dispositifs de limitation de courant de ce type; toutefois, à l'heure actuelle, aucun dispositif de limitation de courant de ce type n'est connu.

Question

Pour l'un ou l'autre des niveaux de protection "ia" ou "ib", quels sont les dispositifs de limitation de courant qui doivent être désactivés (ou encore non installés, mis en court-circuit ou retirés) selon l'IEC 60079-11:2006, 10.5.3 b), et quels sont les dispositifs de limitation de courant qui ne doivent pas être désactivés?

Réponse

Tous les dispositifs de protection discrets qui peuvent être représentés schématiquement comme des dispositifs individuels ne faisant pas partie de l'élément, doivent être désactivés pour les essais conformément à l'IEC 60079-11:2006, 10.5.3 b), qu'ils soient situés à l'intérieur ou à l'extérieur de l'élément. Ces dispositifs comprennent, sans toutefois s'y limiter, les résistances, les fusibles, les fusibles réarmables (NTC, PTC, PPTC), les CID (dispositifs d'interruption de courant), les semiconducteurs, etc.

Les caractéristiques qui constituent des fonctions essentielles d'un élément, comme par exemple un séparateur avec fonction de coupure ou la résistance ohmique de l'électrolyte, ne sont pas considérées comme des dispositifs de limitation de courant au sens du présent article, et ces dispositifs ne doivent pas être mis en court-circuit ni retirés; des éléments de ce type peuvent être considérés pour le niveau de protection "ia".

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	122
1 Domaine d'application	124
2 Références normatives	126
3 Termes et définitions	127
4 Groupement et classement des matériels de sécurité intrinsèque et des matériels associés	132
5 Exigences de conformités des niveaux de protection et d'inflammation des matériels électriques	132
5.1 Généralités	132
5.2 Niveau de protection «ia»	132
5.3 Niveau de protection «ib»	133
5.4 Niveau de protection «ic»	133
5.5 Conformité à l'inflammation à l'éclateur	134
5.6 Conformité à l'inflammation thermique	134
5.7 Matériel simple	138
6 Construction des matériels	138
6.1 Enveloppes	139
6.2 Dispositifs de raccordement des circuits externes	139
6.3 Distances de séparation	143
6.4 Protection contre une inversion de polarité	154
6.5 Conducteurs de raccordement à la terre, connexions et bornes de raccordement	154
6.6 Encapsulage	156
7 Composants dont dépend la sécurité intrinsèque	156
7.1 Paramètres assignés des composants	156
7.2 Connecteurs pour connexions internes, cartes et composants enfichables	157
7.3 Coupe circuits à fusibles	157
7.4 Piles et accumulateurs	158
7.5 Semiconducteurs	162
7.6 Défaillance de composants, de connexions et de séparations	163
7.7 Dispositifs piézoélectriques	164
7.8 Cellules électrochimiques pour la détection des gaz	164
8 Composants infaillibles, assemblages infaillibles de composants et connexions infaillibles dont dépend la sécurité intrinsèque	164
8.1 Transformateurs de réseau	164
8.2 Transformateurs autres que les transformateurs de réseau	166
8.3 Enroulements infaillibles	167
8.4 Résistances de limitation de courant	168
8.5 Condensateurs de blocage	168
8.6 Montages en shunt de sécurité	169
8.7 Câblage, pistes de circuits imprimés et connexions	170
8.8 Composants présentant une isolation galvanique	172

9	Barrières de sécurité à diodes	173
9.1	Généralités	173
9.2	Construction	173
10	Vérification de type et essais de type	173
10.1	Essai d'inflammation à l'éclateur	173
10.2	Essais en température	178
10.3	Essais de tenue diélectrique	178
10.4	Détermination des paramètres de composants mal définis	179
10.5	Essais des piles et accumulateurs	179
10.6	Essais mécaniques	181
10.7	Essais des matériaux comportant des dispositifs piézoélectriques	181
10.8	Essais de type des barrières de sécurité à diodes et des shunts de sécurité	182
10.9	Essai de traction du câble	183
10.10	Essais des transformateurs	183
11	Vérifications et essais individuels	183
11.1	Essais individuels pour les barrières de sécurité à diode	183
11.2	Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles	184
12	Marquage	184
12.1	Généralités	184
12.2	Marquage des éléments de raccordement	185
12.3	Marquages d'avertissement	185
12.4	Exemples de marquage	186
13	Documents	187
	Annexe A (normative) Evaluation des circuits de sécurité intrinsèque	188
	Annexe B Eclateur pour l'essai des circuits de sécurité intrinsèque	210
	Annexe C Mesure des lignes de fuite, distances dans l'air et distances de séparation au travers d'un composé de moulage ou d'un isolant solide	219
	Annexe D Encapsulage	222
	Annexe E Essai d'énergie transitoire	226
	Annexe F (normative) Distances de séparation alternative pour les circuits imprimés assemblés et séparation de composants	229
	Bibliographie	233
	Figure 1 – Séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits non de sécurité intrinsèque	141
	Figure 2 – Exemple de séparation de parties conductrices	146
	Figure 3 – Détermination des lignes de fuite	150
	Figure 4 – Lignes de fuite et distances dans l'air sur des cartes de circuits imprimés	151
	Figure 5 – Exemples d'éléments de connexion indépendants et non indépendants	155
	Figure 6 – Connexion soudée infaillible d'un composant monté en surface conformément à 8.7 c) 3)	171
	Figure A.1 – Circuits résistifs	191
	Figure A.2 – Circuits capacitifs du Groupe I	192
	Figure A.3 – Circuits capacitifs du Groupe II	193
	Figure A.4 – Circuits inductifs du Groupe II	194

Figure A.5 – Circuits inductifs du Groupe I.....	195
Figure A.6 – Circuits inductifs du Groupe II.....	196
Figure A.7 – Circuit inductif simple	197
Figure A.8 – Circuit capacitif simple	197
Figure A.9 – Capacité équivalente	209
Figure B.1 – Eclateur pour circuits de sécurité intrinsèque Dimensions en millimètres	213
Figure B.2 – Disque de contact en cadmium	214
Figure B.3 – Porte fils	214
Figure B.4 – Exemple de réalisation pratique de l'éclateur	215
Figure B.5 – Exemple d'interrupteur sensible à la pression d'explosion	216
Figure B.6 – Exemple de circuit d'arrêt automatique par un interrupteur sensible à la pression d'explosion.....	217
Figure B.7 – Dispositif de préparation des fils de tungstène par fusion.....	218
Figure B.8 – Schéma électrique de préparation des fils de tungstène par fusion.....	218
Figure C.1 – Mesure de la distance dans l'air	219
Figure C.2 – Mesure des distances composites	219
Figure C.3 – Mesure de la ligne de fuite	220
Figure C.4 – Mesure d'une ligne de fuite composite	221
Figure D.1 – Exemple de montages encapsulés conformes à 6.3.4 et 6.6	223
Figure D.2 – Utilisation de l'encapsulage sans enveloppe	224
Figure E1 – Exemple de circuit d'essai	228
Figure E2 – Exemple de forme d'onde de sortie.....	228
Tableau 1 – Exclusion des articles spécifiques de la CEI 60079-0.....	124
Tableau 2 – Évaluation du classement en température en accord avec la taille du composant et la température ambiante	135
Tableau 3 – Classement en température du câblage en cuivre (pour une température ambiante maximale de 40 °C)	136
Tableau 4 – Classement en température des circuits imprimés (pour une température ambiante maximale de 40 °C)	137
Tableau 5 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation	145
Tableau 6 – Epaisseur minimale de l'écran en clinquant ou diamètre minimal du fil de l'écran en fonction du courant nominal du coupe circuit à fusibles.....	165
Tableau 7 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un facteur de sécurité de 1,0	175
Tableau 8 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un facteur de sécurité de 1,5	175
Tableau 9 – Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles	184
Tableau 10 – Texte de marquages d'avertissement	185
Tableau A.1 – Courant de court-circuit admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel	198
Tableau A.2 – Capacité admissible en fonction de la tension et du groupe de matériel	203
Tableau A.3 – Réduction admissible de la capacité effective en présence d'une résistance série de protection.....	209

Tableau F.1 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour les niveaux de protection «ia» et «ib» en présence d'une protection contre la pénétration, et quand des conditions spéciales pour les matériaux et l'installation sont remplies 231

Tableau F.2 – Distances dans l'air, lignes de fuite et séparations pour le niveau de protection «ic» en présence d'une enveloppe de protection ou par des conditions spéciales d'installation 232

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-11:2006

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Recommandations (ci-après dénommés »Publication(s) de la CEI»). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 60079-11 a été établie par le sous-comité 31G: Matériels à sécurité intrinsèque, du comité d'études 31 de la CEI: Equipements pour atmosphères explosives.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition publiée en 1999. Elle constitue une révision technique.

Les modifications importantes par rapport à l'édition antérieure sont indiquées ci-dessous:

- introduction du niveau de protection «ic» (ce niveau de protection a été introduit pour permettre le retrait du concept de «limitation d'énergie» de la CEI 60079-15);
- introduction de l'Annexe F qui permet une réduction des exigences de distances de séparation quand le degré de pollution a été réduit par l'installation ou une enveloppe;
- introduction d'une construction alternative de l'appareil d'essai d'étincelle quand des circuits à fort courant sont utilisés;
- introduction de l'Annexe E qui fournit une méthode pour l'essai d'énergie transitoire;

- modification dans le tableau «Classement en température des pistes sur circuits imprimés» pour permettre une corrélation avec l'IPC-2152;
- la possibilité des méthodes alternatives pour les caractéristiques assignées des résistances utilisées pour limiter la décharge de condensateurs;
- introduction de méthodes pour traiter des considérations d'énergie d'inflammation par étincelle quand des piles ou accumulateurs à basse tension et fort courant sont utilisés;
- introduction d'essais pour mesurer la pression maximale dans les conteneurs scellés d'accumulateurs;
- introductions de méthodes pour traiter les cas de défaut des circuits intégrés augmentant la tension;
- introduction de méthodes de connexion infaillible pour les CMS (composants montés en surface);
- introduction de méthodes alternatives pour traiter l'énergie d'inflammation dans les circuits possédant une inductance et une capacité;
- introduction d'un essai haute tension alternatif pour les transformateurs;
- introduction de méthodes pour évaluer la réduction des capacités effectives quand elles sont protégées par des résistances en série;
- introduction de données de Groupe I pour permettre le courant de court-circuit et la capacité admissibles dans les tableaux de l'Annexe A.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31G/159/FDIS	31G/161/RVD

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

Cette norme complète et modifie les exigences générales de la CEI 60079-0, à l'exception de ce qui est indiqué au Tableau 1 (voir Domaine d'application).

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 60079, sous le titre général: *Atmosphères explosives*, est disponible sur le site web de la CEI.

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

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

Le contenu de la feuille d'interprétation 1 de décembre 2019 a été pris en considération dans cet exemplaire.

ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 spécifie la construction et les essais pour le matériel électrique de sécurité intrinsèque destiné à être utilisé dans les atmosphères explosives et pour le matériel électrique associé, qui est destiné à être relié à des circuits de sécurité intrinsèque qui entrent dans de telles atmosphères.

Ce type de protection s'applique aux matériels électriques dont les circuits sont eux-mêmes incapables de provoquer l'explosion de l'atmosphère environnante.

La présente norme s'applique également aux matériels électriques ou aux parties de matériels électriques situés hors de l'atmosphère potentiellement explosive ou protégés par un autre mode de protection cité dans la CEI 60079-0, lorsque la sécurité intrinsèque des circuits électriques situés dans l'atmosphère explosive peut dépendre de la conception et de la construction de ces matériels électriques ou de ces parties de matériels électriques. Les circuits électriques exposés à une atmosphère explosive gazeuse sont évalués en vue de leur emploi dans une telle atmosphère en appliquant la présente norme.

Les exigences pour les systèmes de sécurité intrinsèque sont données dans la CEI 60079-25. Les exigences pour les concepts de sécurité intrinsèque pour les bus de terrain sont données dans la CEI 60079-27.

Cette norme complète et modifie les exigences générales de la CEI 60079-0, à l'exception de ce qui est indiqué au Tableau 1. Lorsqu'une exigence de cette norme entre en conflit avec une exigence de la CEI 60079-0, l'exigence de la présente norme prévaut.

Si un matériel associé est placé dans une atmosphère explosive, il faut qu'il soit protégé par un mode de protection approprié cité dans la CEI 60079-0, et les exigences de ce mode de protection ainsi que les parties applicables de la CEI 60079-0 s'appliquent aussi au matériel associé.

Tableau 1 – Exclusion des articles spécifiques de la CEI 60079-0

	Articles et paragraphes de la CEI 60079-0	Matériel à sécurité intrinsèque	Matériel associé
4.2.2	Groupe II – Marquage de la température de surface	S'applique	Exclu
5.3	Température maximale de surface	S'applique	Exclu
5.4	Température de surface et température d'inflammation	S'applique	Exclu
5.5	Petits composants	S'applique	Exclu
6.3	Temps d'ouverture	Exclu	Exclu
7.1.1	Applicabilité	S'applique	Exclu
7.1.2	Spécification des matériaux	S'applique	Exclu
7.1.3*	Matériaux plastiques	Exclu	Exclu
7.2*	Endurance thermique	Exclu	Exclu
7.3	Charges électrostatiques des matériaux externes non métalliques des enveloppes	S'applique	Exclu
7.3.2	Evitement de l'apparition de la charge électrostatique	S'applique	Exclu
7.4	Trous taraudés	Exclu	Exclu

Tableau 1 (suite)

Articles et paragraphes de la CEI 60079-0		Matériel à sécurité intrinsèque	Matériel associé
8.1	Composition des matériaux	S'applique	Exclu
8.2	Trous taraudés	Exclu	Exclu
9	Fermetures	Exclu	Exclu
10	Dispositifs de verrouillage	Exclu	Exclu
11	Traversées	Exclu	Exclu
12	Matériaux utilisés pour les scellements	Exclu	Exclu
14	Eléments de raccordement et logements de raccordement	Exclu	Exclu
15	Eléments de raccordement des conducteurs de mise à la terre ou de liaison équipotentielle	Exclu	Exclu
16.5	Température des conducteurs	Exclu	Exclu
17	Exigences complémentaires pour machines électriques tournantes	Exclu	Exclu
18	Exigences complémentaires pour appareillage de connexion	Exclu	Exclu
19	Exigences complémentaires pour coupe-circuit à fusibles	Exclu	Exclu
20	Exigences complémentaires pour les prises de courant	Exclu	Exclu
21	Exigences complémentaires pour luminaires	Exclu	Exclu
22	Exigences complémentaires pour lampes-chapeaux et lampes à main	Exclu	Exclu
23.1	Batteries	S'applique	Exclu
26.4	Essais d'enveloppes	S'applique	Exclu
26.5.1	Mesure des températures	S'applique	Exclu
26.5.2	Essai de choc thermique	Exclu	Exclu
26.5.3	Essai d'inflammation de petits composants	S'applique	Exclu
26.6	Essai de couple sur traversées	Exclu	Exclu
26.7*	Enveloppes non métalliques et parties non métalliques d'enveloppes	Exclu	Exclu
26.8*	Endurance thermique à la chaleur	Exclu	Exclu
26.9*	Endurance thermique au froid	Exclu	Exclu
26.10*	Résistance à la lumière	Exclu	Exclu
26.11*	Résistance aux agents chimiques du matériel électrique du Groupe I	Exclu	Exclu
26.12	Continuité de terre	Exclu	Exclu
26.13	Vérification de la résistance de surface de parties d'enveloppes en matériau non métallique	S'applique	Exclu
26.14	Essais de charge	S'applique	Exclu
26.15	Mesure de capacité	S'applique	Exclu
Annexe A	Entrées de câbles Ex	Exclu	Exclu

* indique que ces exigences s'appliquent uniquement pour 6.1.2a).

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60079-0:2004, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-7, *Atmosphères explosives – Partie 7: Protection de l'équipement par sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-25, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 25: Systèmes de sécurité intrinsèque*

CEI 60079-27, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 27: Concept de réseau de terrain de sécurité intrinsèque (FISCO) et concept de réseau de terrain non incendiaire (FNICO)*

CEI 60085, *Isolation électrique – Classification thermique*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60127 (toutes les parties), *Coupe-circuit miniatures*

CEI 60317-3, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 3: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155*

CEI 60317-7, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 7: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide, classe 220*

CEI 60317-8, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 8: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180*

CEI 60317-13, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 13: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolation des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais¹⁾*

Amendement 1 (2000)

Amendement 2 (2002)

1) Il existe une édition consolidée 1.2 comprenant la CEI 60664-1 et ses amendements 1 et 2.

CEI 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

ANSI/UL 248-1, *Low-Voltage Fuses – Part 1: General Requirements*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60079-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 Généralités

3.1.1

sécurité intrinsèque «i»

type de protection basé sur la limitation de l'énergie électrique dans un matériel et dans les fils d'interconnexion exposés à l'atmosphère potentiellement explosive gazeuse, à un niveau au-dessous de celui pouvant provoquer l'inflammation par étincelle ou par effet thermique

3.1.2

matériel électrique associé

matériel électrique qui contient des circuits à puissance limitée et à puissance non limitée et qui est construit de telle sorte que les circuits à puissance non limitée ne peuvent pas affecter négativement les circuits à puissance limitée

NOTE 1 Le matériel associé peut être:

- a) soit un matériel électrique qui possède un type de protection alternatif inclus dans cette norme pour utilisation dans l'atmosphère explosive gazeuse appropriée,
- b) soit un matériel électrique non protégé de la sorte et qui en conséquence ne sera pas utilisé dans une atmosphère explosive gazeuse, par exemple un enregistreur qui n'est pas situé dans une atmosphère explosive gazeuse mais qui est connecté à un thermocouple situé dans une atmosphère explosive gazeuse où seule l'entrée de l'enregistreur est à puissance limitée.

[Définition 3.2 de la CEI 60079-0]

NOTE 2 Pour l'objet de la présente norme, le matériel associé est aussi un matériel électrique qui contient à la fois des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque, qui sont construits de telle sorte que les circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque ne peuvent pas dégrader les circuits de sécurité intrinsèque et il inclut:

- a) soit un matériel électrique qui a un autre mode de protection cité dans la CEI 60079-0 pour utilisation dans l'atmosphère explosive concernée,
- b) soit un matériel électrique non protégé de la sorte et qui, en conséquence, ne doit pas être utilisé en atmosphère explosive, par exemple un enregistreur qui n'est pas situé lui-même en atmosphère explosive gazeuse, mais qui est raccordé à un thermocouple situé en atmosphère explosive lorsque seul le circuit d'entrée de l'enregistreur est de sécurité intrinsèque,
- c) soit des chargeurs ou des interfaces non utilisés dans des zones dangereuses, mais qui sont connectés à un matériel situé en zone dangereuse pour la charge, la récupération de données,etc.

[VIEI 426-11-03, modifié]

3.1.3

matériel électrique de sécurité intrinsèque

matériel électrique dans lequel tous les circuits sont des circuits de sécurité intrinsèque

3.1.4

circuit de sécurité intrinsèque

circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique produit dans les conditions exigées par la présente norme, qui incluent le fonctionnement normal et les conditions de défaut spécifiées, n'est capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive gazeuse donnée

3.1.5**matériel simple**

composant électrique ou ensemble de composants de construction simple ayant des paramètres électriques bien définis et qui est compatible avec la sécurité intrinsèque du circuit dans lequel il est utilisé

3.2**revêtement**

matériau isolant tel que vernis ou un film sec posé sur la surface de l'ensemble

NOTE Le revêtement et le matériau de base d'une carte imprimée forment un système isolant qui peut avoir des propriétés similaires à une isolation solide.

[Définition 3.5 de la CEI 60664-3]

3.3**revêtement conforme**

matériau isolant électrique appliqué comme revêtement sur des cartes de câblage imprimées pour former une couche mince s'adaptant à la surface afin de constituer une barrière de protection contre les effets nocifs dus aux conditions d'environnement

[Définition 2.1 de la CEI 61086-1]

3.4**schéma de contrôle**

schéma ou autre document qui est préparé par le fabricant pour un matériel de sécurité intrinsèque ou un matériel associé, et qui détaille les paramètres électriques afin de permettre l'interconnexion avec les autres matériels

3.5**barrière de sécurité à diodes**

assemblage incorporant en shunt des diodes ou des chaînes de diodes (diodes Zener comprises) protégées par des coupe-circuit à fusibles ou des résistances ou un assemblage de ceux-ci, fabriqué en tant que matériel de plus grande taille

3.6**concept d'entité**

méthode utilisée pour déterminer des assemblages acceptables de matériels de sécurité intrinsèque et de matériels associés à partir des paramètres de sécurité intrinsèque assignés aux bornes de connexion

3.7**défauts****3.7.1****défaut pris en compte**

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques répondant aux règles de construction de la CEI 60079-11

3.7.2**défaillance**

toute défectuosité de tout composant, séparation, isolation ou connexion entre composants, non définis comme infaillibles par la CEI 60079-11, dont dépend la sécurité intrinsèque d'un circuit

3.7.3**défaut non pris en compte**

défaut qui se produit dans les parties de matériels électriques ne répondant pas aux règles de construction de la CEI 60079-11

3.8**fonctionnement normal**

fonctionnement électrique et mécanique du matériel en conformité avec sa spécification et dans les limites spécifiées par le constructeur

NOTE 1 Les limites spécifiées par le constructeur peuvent inclure des conditions de fonctionnement continu, par exemple le fonctionnement d'un moteur.

NOTE 2 La variation de l'alimentation dans des limites établies ou autre tolérance opérationnelle fait partie des conditions normales fonctionnement.

[Définition 3.19 de la CEI 60079-0]

NOTE 3 Cela inclut le fonctionnement, le court-circuit et le raccordement à la terre du câble de connexions externes.

3.9**espace libre**

espace créé intentionnellement entourant des composants ou espaces dans des composants

3.10**courant assigné d'un coupe-circuit à fusibles**

I_n

courant assigné d'un coupe-circuit comme spécifié dans la CEI 60127, l'ANSI/UK 248-1 ou dans les spécifications du fabricant

3.11**infaillibilité****3.11.1****composant infaillible ou ensemble infaillible de composants**

composant ou ensemble de composants qui est considéré comme non sujet à certains modes de défaillance définis dans la CEI 60079-11

La probabilité que de tels modes de défaillance se produisent en service ou en stockage est considérée comme étant si faible qu'ils n'ont pas à être pris en compte.

3.11.2**connexion infaillible**

connexions, y compris les joints, les fils et les pistes d'interconnexion des circuits imprimés, qui conformément à la CEI 60079-11 ne sont pas considérées comme des circuits devenant ouverts en service ou en stockage

La probabilité que de tels modes de défaillance se produisent en service ou en stockage est considérée comme étant si faible qu'ils n'ont pas à être pris en compte.

3.11.3**séparation ou isolation infaillible**

séparation ou isolation entre parties conductrices qui est considérée comme non sujette aux courts-circuits

La probabilité que de tels modes de défaillance se produisent en service ou en stockage est considérée comme étant si faible qu'ils n'ont pas à être pris en compte.

3.12**câblage interne**

câblage et interconnexions électriques qui sont réalisés à l'intérieur du matériel par le constructeur

3.13**maintenance sous tension**

actions de maintenance effectuées tandis que le matériel associé, le matériel de sécurité intrinsèque et les circuits sont sous tension

3.14**rapport externe maximal de l'inductance à la résistance** L_o/R_o

valeur maximale du rapport de l'inductance sur la résistance qui peut être connecté aux bornes de connexion du matériel électrique sans invalider la sécurité intrinsèque

3.15**rapport interne maximal de l'inductance à la résistance** L_i/R_i

rapport de l'inductance (L_i) à la résistance (R_i) qui est considéré comme apparaissant aux bornes externes de raccordement du matériel électrique dans l'air

3.16**tension maximale alternative efficace ou continue** U_m

tension maximale qui peut être appliquée aux bornes à puissance non limitée du matériel associé, sans annuler le mode de protection

[Définition 3.12.11 de la CEI 60079-0]

NOTE 1 Cela s'applique en plus à la tension maximale qui peut être appliquée aux bornes de connexion des matériaux qui ne sont pas de sécurité intrinsèque (par exemple, les connexions pour la charge des matériaux qui fonctionnent sur accumulateur, où l'opération de chargement est effectuée uniquement en zone non dangereuse).

NOTE 2 La valeur de U_m peut être différente pour des ensembles de dispositifs de raccordement différents et pour des tensions alternatives et continues.

3.17**catégorie de surtension**

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[Définition 1.3.10 de la CEI 60664-1]

NOTE Les catégories de surtension I, II, III et IV sont utilisées, voir 2.2.2.1 de la CEI 60664-1.

3.18**degré de pollution**

nombre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[Définition 1.3.13 de la CEI 60664-1]

NOTE Les degrés de pollution 1, 2, 3 et 4 sont utilisés.

3.19**très basse tension de protection****TBTP**

système de très basse tension de protection qui n'est pas séparé électriquement de la terre mais qui par ailleurs satisfait aux exigences pour les TBTS

NOTE Un système sous 50 V avec prise centrale de raccordement à la terre est un système TBTP.

3.20**tension assignée d'isolement**

valeur efficace de tension de tenue fixée par le constructeur aux matériaux ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

[Définition 1.3.9.1 de la CEI 60664-1]

NOTE La tension d'isolation assignée n'est pas nécessairement égale à la tension assignée du matériel, qui elle est avant tout liée à l'aptitude à la fonction.

3.21**tension crête récurrente**

valeur crête maximale d'une onde de tension résultant des distorsions d'une tension alternative ou d'une composante de tension alternative superposée à une tension continue

NOTE Les surtensions aléatoires, dues par exemple à des commutations occasionnelles, ne sont pas considérées comme de tension crêtes récurrentes.

3.22**très basse tension de sécurité****TBTS**

système de très basse tension (c'est-à-dire n'excédant pas normalement 50 V alternatifs ou 120 V continu sans ondulation) séparé électriquement de la terre et des autres systèmes de telle sorte qu'un défaut simple ne peut pas produire un choc électrique

NOTE Un système de 50 V isolé de la terre est un système TBTS.

3.23**espacements****3.23.1****distance dans l'air**

plus courte distance dans l'air entre deux pièces conductrices

NOTE Cette distance s'applique seulement aux parties exposées à l'atmosphère et non aux parties isolées ou recouvertes par un composé de moulage.

3.23.2**distance au travers d'un composé de moulage**

plus courte distance au travers d'un composé de moulage entre deux parties conductrices

3.23.3**distance au travers d'une isolation solide**

plus courte distance au travers d'un isolant solide entre deux parties conductrices

3.23.4**ligne de fuite**

plus courte distance le long de la surface d'un élément isolant en contact avec l'air entre deux parties conductrices

3.23.5**distance sous revêtement**

plus courte distance entre parties conductrices le long de la surface d'un élément isolant recouvert par un revêtement isolant

3.24**trou**

espace non intentionnel, conséquence du procédé d'encapsulage

4 Groupement et classement des matériaux de sécurité intrinsèque et des matériaux associés

Le matériel de sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent être groupés et classés selon les Articles 4 et 5 de la CEI 60079-0.

5 Exigences de conformité des niveaux de protection et d'inflammation des matériaux électriques

5.1 Généralités

Le matériel de sécurité intrinsèque et les parties de sécurité intrinsèque du matériel associé doivent être répartis en niveaux de protection «ia», «ib» ou «ic».

Les exigences de la présente norme doivent s'appliquer à tous les niveaux de protection, sauf indication contraire. Lors de la détermination des niveaux de protection «ia», «ib» ou «ic», les défaillances des composants et les connexions doivent être considérées selon 7.6. Les défaillances de séparation entre des parties conductrices doivent être considérées conformément à 6.3. La détermination doit inclure l'ouverture, le court-circuit et le raccordement à la terre du câble de connexion externe.

Les paramètres maximaux de l'entité de sécurité intrinsèque des matériaux de sécurité intrinsèque et des matériaux associés doivent être déterminés en prenant en compte les exigences pour la conformité aux inflammations par étincelles de 5.5 et de conformité à l'inflammation thermique de 5.6.

Pour les circuits des matériaux associés qui sont connectés à des circuits de sécurité de très basse tension (TBTS) ou des circuits de protection de très basse tension (TBTP), U_m doit être appliqué uniquement comme tension de mode commun, avec la tension nominale de fonctionnement appliquée comme signal en mode différentiel entre les conducteurs du circuit. (Les circuits RS-232, RS-485 ou 4-20 mA sont des exemples typiques.) Le matériel reliant des circuits TBTS ou TBTP doit être marqué avec un «X» comme exigé par le point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

Lorsque des procédures de maintenance sous tension sont spécifiées par le fabricant dans la documentation fournie, les effets de cette maintenance sous tension ne doivent pas invalider la sécurité intrinsèque et ce point doit être pris en considération pendant les essais et l'évaluation.

NOTE 1 Le matériel peut être spécifié avec plus d'un niveau de protection, et peut avoir des paramètres différents pour chaque niveau de protection.

NOTE 2 Une recommandation d'évaluation des circuits de sécurité intrinsèque pour les circuits d'inflammation par étincelle est incluse dans l'Annexe A. Des détails sur l'appareil d'essai d'étincelle sont donnés dans l'Annexe B.

NOTE 3 Pour l'application de U_m , U_i dans les articles suivants, toute tension jusqu'à la tension maximale peut être appliquée pour l'évaluation.

NOTE 4 La valeur de U_m peut être différente pour des ensembles de dispositifs de raccordement différents et pour des tensions alternatives et continues.

5.2 Niveau de protection «ia»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériaux électriques de niveau de protection «ia» ne doivent pouvoir provoquer d'inflammation dans aucune des circonstances suivantes:

- en fonctionnement normal et en appliquant les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;

- b) en fonctionnement normal et en appliquant un défaut pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;
- c) en fonctionnement normal et en appliquant deux défauts pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables.

Les défauts non pris en compte appliqués peuvent être différents dans chacun des cas.

Lors des essais d'inflammation par étincelles, les facteurs de sécurité suivants doivent être appliqués conformément à 10.1.4.2:

pour a) ainsi que pour b)	1,5
pour c)	1,0

Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination du classement en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

Si seulement un défaut pris en compte peut se produire, les exigences de b) sont considérées comme donnant un niveau de protection «ia» si les exigences d'essai pour «ia» peuvent être respectées. Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les exigences de a) sont considérées comme donnant un niveau de protection «ia» si les exigences d'essai pour «ia» peuvent être respectées.

5.3 Niveau de protection «ib»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de niveau de protection «ib» ne doivent pouvoir provoquer d'inflammation dans aucune des circonstances suivantes:

- a) en fonctionnement normal et en appliquant les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables;
- b) en fonctionnement normal et en appliquant un défaut pris en compte et les défauts non pris en compte qui conduisent aux conditions les plus défavorables.

Les défauts non pris en compte appliqués peuvent être différents dans chacun des cas

Lors des essais d'inflammation par étincelles de l'évaluation des circuits, un facteur de sécurité de 1,5 doit être appliqué conformément à 10.1.4.2. Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination du classement en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

Si aucun défaut pris en compte ne peut se produire, les exigences de a) sont considérées comme donnant un niveau de protection «ib» si les exigences d'essai pour «ib» peuvent être respectées.

5.4 Niveau de protection «ic»

U_m et U_i étant appliquées, les circuits de sécurité intrinsèque des matériels électriques de niveau de protection «ic» ne doivent pouvoir provoquer d'inflammation en fonctionnement normal. Quand des distances sont critiques pour la sécurité, elles doivent être conformes aux exigences du Tableau 5 ou du Tableau F.2.

Lors des essais d'inflammation par étincelles de l'évaluation des circuits, un facteur de sécurité de 1,0 doit être appliqué conformément à 10.1.4.2. Le coefficient de sécurité appliqué à la tension ou au courant pour la détermination du classement en température de surface doit être de 1,0 dans tous les cas.

NOTE Le concept de défaut ne s'applique pas à ce niveau de protection. Les composants et assemblages infaillibles, comme dans l'Article 8, ne sont pas applicables. Pour le niveau de protection «ic», il convient que le terme infaillible soit lu comme «conforme aux exigences de 7.1.»

5.5 Conformité à l'inflammation à l'éclateur

Le circuit doit être évalué et/ou testé pour la limitation réussie de l'énergie d'étincelle qui est capable de provoquer l'inflammation de l'atmosphère explosive, à chaque point où une interruption ou une interconnexion peut apparaître, en accord avec 10.1.

5.6 Conformité à l'inflammation thermique

5.6.1 Généralités

Toutes les surfaces de composants, d'enveloppe et le câblage qui peuvent être en contact avec des atmosphères explosives doivent être évalués et/ou testés pour la température maximale. Les exigences pour la température maximale admissible après l'application des défauts, comme donné en 5.2, 5.3 et 5.4, sont données dans l'Article 5 de la CEI 60079-0.

Si des essais sont exigés, ils sont spécifiés en 10.2.

NOTE 1 Les exigences de cet article ne sont pas applicables aux matériaux associés protégés par un autre type de protection listé dans la CEI 60079-0 ou situés hors d'une zone dangereuse.

NOTE 2 Il convient de prendre des précautions lors de la sélection des matériaux à utiliser à proximité des composants qui peuvent avoir une température excessive, telles que les piles et accumulateurs, ou les composants qui peuvent dissiper une puissance supérieure à 1,3 W, dans des conditions de défaut spécifiées à l'Article 5, afin de prévenir une inflammation secondaire de l'atmosphère explosive gazeuse, par exemple par surchauffe ou brûlure des circuits imprimés, des revêtements ou des enrobages des composants.

5.6.2 Température pour les petits composants

Les petits composants, par exemple des transistors ou des résistances, dont la température dépasse celle admissible par le classement en température, sont acceptables si lors des essais en conformité avec 26.5.3 de la CEI 60079-0, ils ne provoquent pas d'inflammation.

Pour le Groupe I, le mélange d'essai doit être $(6,5 \pm 0,3) \%$ de méthane dans l'air.

Alternativement, quand aucune réaction chimique ou catalytique ne peut se produire, l'un des points suivants est acceptable:

- pour le Groupe II T4 et pour le Groupe I de classement en température, les composants doivent être conformes au Tableau 2a), en introduisant la réduction pertinente de dissipation maximale admissible accompagnant l'augmentation de température listée dans le Tableau 2b).
- pour le Groupe II T5 de classement, la température de surface d'un composant ayant une surface inférieure à 10 cm^2 ne doit pas excéder 150°C .

De plus, la température la plus haute admissible ne doit pas invalider le type de protection, par exemple en provoquant pour les composants ou parties adjacentes du matériel un dépassement des paramètres assignés en relation avec la sécurité, ou en détériorant une ligne de fuite ou une distance dans l'air.

Tableau 2 – Evaluation du classement en température en accord avec la taille du composant et la température ambiante

Tableau 2a) – Exigences pour T4 et Groupe I

Surface totale sans les conducteurs de sortie	Groupe II T4	Groupe I Poussière exclue
	Température maximale de surface °C	
< 20 mm ²	275	950
≥ 20 mm ² ≤ 10 cm ²	200	450
>10 cm ²	135	450

Tableau 2b) Variation de la dissipation de puissance maximale avec la température ambiante pour des composants non inférieurs à 20 mm²

Température ambiante maximale	°C	Groupe de matériel	40	50	60	70	80
Dissipation maximale de puissance	W	Groupe II	1,6	1,25	1,2	1,1	1,0
		Groupe I	3,3	3,22	3,15	3,07	3,0

5.6.3 Câblage dans le matériel

Le courant maximal admissible correspondant à la température maximale de conducteur atteinte du fait de l'échauffement propre est soit tiré du Tableau 3 pour les conducteurs en cuivre soit calculé par la formule suivante applicable aux métaux en général:

$$I = I_f \left[\frac{t(1+aT)}{T(1+at)} \right]^{1/2}$$

où

a est le coefficient de température de la résistance du matériau du fil (0,004 284 K⁻¹ pour le cuivre, 0,004 201 K⁻¹ pour l'or);

I est la valeur efficace du courant maximal admissible, en ampères;

I_f est le courant auquel le fil fond à la température ambiante spécifiée, en ampères;

T est la température de fusion du conducteur en degrés Celsius (1 083 °C pour le cuivre; 1 064 °C pour l'or);

t est le seuil de température, en degrés Celsius, de la classe de température applicable. La valeur de t est la température du fil due à son échauffement et à la température ambiante.

Exemple: fil fin en cuivre (Code Temp =T4)

$$a = 0,004284 \text{ K}^{-1}$$

$$I_f = 1,6 \text{ A} \text{ (déterminé expérimentalement ou spécifié par le fabricant du fil)}$$

$$T = 1 083 \text{ °C}$$

$$t \text{ pour T4 (petit composant, } t \leq 275 \text{ °C)}$$

En appliquant l'équation

$I = 1,3 \text{ A}$ (Il s'agit du courant maximal normal ou de défaut qui peut être autorisé à circuler pour éviter que la température du fil dépasse 275°C .)

**Tableau 3 – Classement en température du câblage en cuivre
(pour une température ambiante maximale de 40°C)**

Diamètre (voir Note 4) mm	Section nominale (voir Note 4) mm ²	Courant maximal admissible pour le classement en température A		
		T1 à T4 et Groupe I	T5	T6
0,035	0,000 962	0,53	0,48	0,43
0,05	0,001 96	1,04	0,93	0,84
0,1	0,007 85	2,1	1,9	1,7
0,2	0,031 4	3,7	3,3	3,0
0,35	0,096 2	6,4	5,6	5,0
0,5	0,196	7,7	6,9	6,7

NOTE 1 Les valeurs ci-dessus du courant maximal admissible, en ampères, sont des valeurs efficaces en courant alternatif ou continu.

NOTE 2 Pour les conducteurs multibrins, la section nominale est considérée comme la somme des sections des brins du conducteur.

NOTE 3 Le tableau s'applique aussi aux conducteurs souples plats, tels que dans les câbles en nappe, mais pas aux conducteurs de circuits imprimés pour lesquels il faut voir 5.6.4.

NOTE 4 Le diamètre et la section sont les dimensions nominales spécifiées par le fabricant du câble.

NOTE 5 Quand la puissance maximale ne dépasse pas $1,3 \text{ W}$, le câblage peut être assigné à un classement en température de T4 et il est acceptable pour le Groupe I. Pour le Groupe I, où les poussières sont exclues, une puissance maximale de $3,3 \text{ W}$ est admissible pour une température ambiante jusqu'à 40°C . Se référer au Tableau 2b) quand une décroissance est requise pour une température ambiante supérieure à 40°C .

5.6.4 Pistes de cartes de circuits imprimés

Le classement en température des pistes de cartes de circuits imprimés doit être déterminé à partir des données disponibles ou par des mesures.

Quand les pistes sont en cuivre, le classement en température peut être déterminé en utilisant le Tableau 4.

Par exemple, sur les cartes de circuits imprimés d'au moins $0,5 \text{ mm}$ d'épaisseur, ayant une piste conductrice d'au moins $33 \mu\text{m}$ d'épaisseur sur une ou sur les deux faces, en appliquant les facteurs donnés dans les Notes 3, 4, 8, 9 du Tableau 4, un classement en température de T4 ou Groupe I doit être attribué aux pistes imprimées lorsqu'elles ont une largeur minimale de $0,3 \text{ mm}$ et que le courant permanent dans les pistes ne dépasse pas $0,444 \text{ A}$. De même, pour des largeurs minimales de piste de $0,5 \text{ mm}$, $1,0 \text{ mm}$ et $2,0 \text{ mm}$, T4 doit être attribué pour les courants maximaux correspondants de $0,648 \text{ A}$, $1,092 \text{ A}$ et $1,833 \text{ A}$ respectivement.

Les longueurs de piste de 10 mm ou moins ne doivent pas être prises en compte pour ce qui est du classement en température.

Quand le classement en température d'une piste doit être déterminé expérimentalement, le courant continu maximal doit être utilisé.

Les tolérances de fabrication ne doivent pas réduire les valeurs définies dans cet article de plus de 10 % ou 1 mm, selon la plus faible des deux valeurs.

En absence d'essai, quand la puissance maximale ne dépasse pas 1,3 W, les pistes sont adaptées pour un classement en température T4 ou Groupe I.

Pour le Groupe I, quand la poussière est exclue, 3,3 W est admissible.

Se référer au Tableau 2b) quand une décroissance est requise pour une température ambiante supérieure à 40 °C.

**Tableau 4 – Classement en température des pistes sur circuits imprimés
(pour une température ambiante maximale de 40 °C)**

Largeur minimale de piste mm	Courant maximal admissible pour le classement en température A		
	T1 à T4 et Groupe I	T5	T6
0,075	0,8	0,6	0,5
0,1	1,0	0,8	0,7
0,125	1,2	1,0	0,8
0,15	1,4	1,1	1,0
0,2	1,8	1,4	1,2
0,3	2,4	1,9	1,9
0,4	3,0	2,4	2,1
0,5	3,5	2,8	2,5
0,7	4,6	3,5	3,2
1,0	5,9	4,8	4,1
1,5	8,0	6,4	5,6
2,0	9,9	7,9	6,9
2,5	11,6	9,3	8,1
3,0	13,3	10,7	9,3
4,0	16,4	13,2	11,4
5,0	19,3	15,5	13,5
6,0	22,0	17,7	15,4

NOTE 1 Les valeurs données pour le courant maximal admissible en ampères sont des valeurs efficaces en courant alternatif ou continu.

NOTE 2 Ce tableau s'applique aux cartes imprimées de 1,6 mm d'épaisseur ou plus, à simple face de cuivre de 33 µm d'épaisseur.

NOTE 3 Pour les cartes d'épaisseur comprise entre 0,5 mm et 1,6 mm, diviser le courant maximal spécifié par 1,2.

NOTE 4 Pour les cartes à double face, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 5 Pour les cartes multicouches, pour la couche considérée, diviser le courant maximal spécifié par 2.

NOTE 6 Pour une épaisseur de cuivre de 18 µm, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 7 Pour une épaisseur de cuivre de 70 µm, multiplier le courant maximal spécifié par 1,3.

NOTE 8 Pour des pistes passant sous des composants dissipant 0,25 W ou plus, soit en fonctionnement normal soit dans les conditions de défaut, diviser le courant maximal spécifié par 1,5.

NOTE 9 Aux sorties des composants dissipant 0,25 W ou plus, soit en fonctionnement normal soit dans les conditions de défaut, et sur 1,00 mm le long de la piste, soit multiplier la largeur de piste par 3, soit diviser le courant maximal spécifié par 2. Si la piste passe sous le composant, appliquer en plus le facteur spécifié dans la Note 8.

NOTE 10 Pour une température jusqu'à 60 °C, diviser le courant maximal spécifié par 1,2.

NOTE 11 Pour une température jusqu'à 80 °C, diviser le courant maximal spécifié par 1,3.

5.7 Matériel simple

Les matériaux suivants doivent être considérés comme étant des matériaux simples:

- a) les composants passifs, par exemple les interrupteurs, les boîtes de jonction, les résistances et les dispositifs simples à semi-conducteur;
- b) les sources réserves d'énergie consistant en des composants simples dans des circuits simples, ayant des paramètres bien définis, par exemple les condensateurs ou les inductances, dont les valeurs doivent être prises en compte lors de la détermination de la sécurité globale du système;
- c) les sources génératrices d'énergie, par exemple les thermocouples et les cellules photo-électriques, qui ne délivrent pas plus de 1,5 V, 100 mA et 25 mW.

Les matériaux simples doivent être conformes à toutes les exigences pertinentes de la présente norme. Le fabricant ou le concepteur du système de sécurité intrinsèque doit démontrer la conformité à cet article en s'appuyant, si c'est applicable, sur les feuilles descriptives et les rapports d'essai. Le matériel n'a pas besoin d'être conforme à l'Article 12.

Les aspects suivants doivent toujours être pris en compte:

- 1) la sécurité du matériel simple ne doit pas être obtenue par inclusion de dispositifs de limitation de tension et/ou de courant, et/ou d'éléments d'annulation;
- 2) un matériel simple ne doit jamais contenir un moyen d'augmenter la tension ou le courant disponible, comme par exemple les convertisseurs DC-DC;
- 3) lorsque le matériel simple doit conserver l'isolation par rapport à la terre du circuit de sécurité intrinsèque, il doit pouvoir supporter l'essai de tenue en tension par rapport à la terre spécifié en 6.3.12. Ses bornes doivent être conformes à 6.2.1;
- 4) les enveloppes non métalliques et les enveloppes contenant des métaux légers, placées en atmosphères explosives gazeuses, doivent satisfaire aux exigences de 7.3 et 8.1 de la CEI 60079-0;
- 5) lorsque le matériel simple est placé en atmosphère explosive gazeuse, il doit être classé en température. Quand ils sont utilisés dans un circuit de sécurité intrinsèque dans leur assignation normale à une température ambiante maximale de 40 °C, les prises et les bornes auront une température de surface maximale inférieure à 85 °C, et pourront ainsi avoir un classement en température T6 pour les applications de Groupe II et être adaptés aux applications de Groupe I. Les autres types de matériel simple doivent être classés en température conformément à l'Article 4 de la présente norme.

Quand des matériaux simples sont une partie d'un matériel contenant d'autres circuits électriques, l'ensemble doit être évalué conformément aux exigences de la présente norme.

NOTE 1 Les détecteurs qui utilisent une réaction catalytique ou d'autres mécanismes électrochimiques ne sont pas normalement des matériaux simples. Il convient de rechercher des conseils de spécialistes concernant leur application.

NOTE 2 La présente norme n'exige pas que la conformité d'un matériel simple à la spécification du fabricant soit vérifiée.

6 Construction des matériaux

NOTE Les exigences de cet article s'appliquent, sauf mention contraire établie dans le paragraphe pertinent, uniquement aux caractéristiques du matériel de sécurité intrinsèque et du matériel associé qui contribuent à ce mode de protection.

Par exemple, les exigences pour l'encapsulage avec un composé de moulage ne s'appliquent que si l'encapsulage est nécessaire pour satisfaire à 6.3.4 ou 6.6.

6.1 Enveloppes

Une enveloppe est nécessaire quand le circuit de sécurité peut être dégradé par l'accès à ses parties conductrices, par exemple si les circuits possèdent des lignes de fuite infaillibles.

Le degré de protection requis peut varier selon l'utilisation prévue; par exemple, un degré de protection IP54 selon la CEI 60529 peut être requis pour le matériel du Groupe I.

L'«enveloppe» peut ne pas être physiquement la même pour la protection contre le contact des parties sous tension et pour la protection contre l'entrée de corps étrangers solides ou de liquides.

La désignation des surfaces qui constituent les limites de l'enveloppe est de la responsabilité du fabricant et doit être enregistrée dans les documents définitifs (voir Article 13).

6.1.1 Matériel conforme au Tableau 5

Le matériel conforme aux exigences de séparation du Tableau 5 doit être fourni avec une enveloppe conforme aux exigences IP20 ou plus.

L'enveloppe ne nécessite pas d'être soumise aux essais d'enveloppe de 26.4 de la CEI 60079-0; cependant, l'essai de chute de 26.4.3 de la CEI 60079-0 reste applicable.

6.1.2 Matériel conforme à l'Annexe F

Le matériel conforme aux exigences de séparation de l'Annexe F doit être fourni avec une protection atteignant le degré de pollution 2. Cela peut être atteint par:

- a) une enveloppe conforme aux exigences IP54 ou plus conformément à la CEI 60529. L'enveloppe doit être soumise aux essais pour les enveloppes de 26.4 de la CEI 60079-0.
- b) une enveloppe conforme aux exigences IP20 ou plus conformément à la CEI 60529 pourvu que ces séparations soient obtenues en utilisant un revêtement de type 1 ou de type 2. Il n'est pas nécessaire que l'enveloppe soit soumise aux essais pour les enveloppes de 26.4 de la CEI 60079-0.
- c) l'installation, pourvu que ces exigences soient spécifiées comme étant des conditions spéciales pour une utilisation de sécurité et que le matériel soit marqué avec le symbole X conformément au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

6.2 Dispositifs de raccordement des circuits externes

6.2.1 Bornes

En plus de satisfaire aux exigences du Tableau 5, les bornes de raccordement des circuits de sécurité intrinsèque doivent être séparées des bornes de raccordement des circuits de sécurité non intrinsèque par une ou plusieurs des méthodes décrites en a) ou b).

Ces méthodes de séparation doivent aussi être appliquées lorsque la sécurité intrinsèque peut être compromise par le câblage externe qui, se déconnectant du bornier de raccordement, peut venir en contact avec des conducteurs ou des composants.

NOTE 1 Il convient que les bornes de raccordement pour la connexion de circuits externes à des matériels à sécurité intrinsèque et à des matériels associés soient implantées de telle manière que les composants ne soient pas endommagés au moment de la réalisation des connexions.

- a) Lorsque la séparation est réalisée par la distance, l'espace entre les parties conductrices nues des bornes doit être d'au moins 50 mm.

NOTE 2 Il faut prendre des précautions dans la disposition des bornes et dans la méthode de câblage utilisée afin que le contact entre les circuits soit improbable si un fil quitte son logement.

- b) Lorsque la séparation est obtenue en plaçant les bornes des circuits de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque dans des enveloppes séparées, ou par l'utilisation entre bornes soit d'une cloison isolante soit d'une cloison métallique reliée à la terre avec un couvercle commun, les dispositions suivantes s'appliquent:
- 1) les cloisons utilisées pour séparer les bornes doivent être prolongées jusqu'à moins de 1,5 mm des parois de l'enveloppe, ou bien assurer une distance minimale de 50 mm entre les parties conductrices des bornes, la mesure étant effectuée dans toutes les directions autour de la cloison;
 - 2) les cloisons métalliques doivent être raccordées à la terre et être suffisamment solides et rigides pour ne pas pouvoir être détériorées durant le câblage sur site. De telles cloisons doivent avoir une épaisseur d'au moins 0,45 mm ou être conformes à 10.6.3 si leur épaisseur est plus faible. De plus, les cloisons métalliques doivent pouvoir écouler suffisamment de courant pour éviter de se percer par échauffement ou de couper la liaison à la terre dans les conditions de défaut;
 - 3) les cloisons non métalliques doivent avoir un IRC approprié, une épaisseur suffisante et être maintenues de façon à ne pas pouvoir se déformer au point de ne plus assurer leur fonction. De telles cloisons doivent avoir une épaisseur d'au moins 0,9 mm ou être conformes à 10.6.3 si leur épaisseur est plus faible.

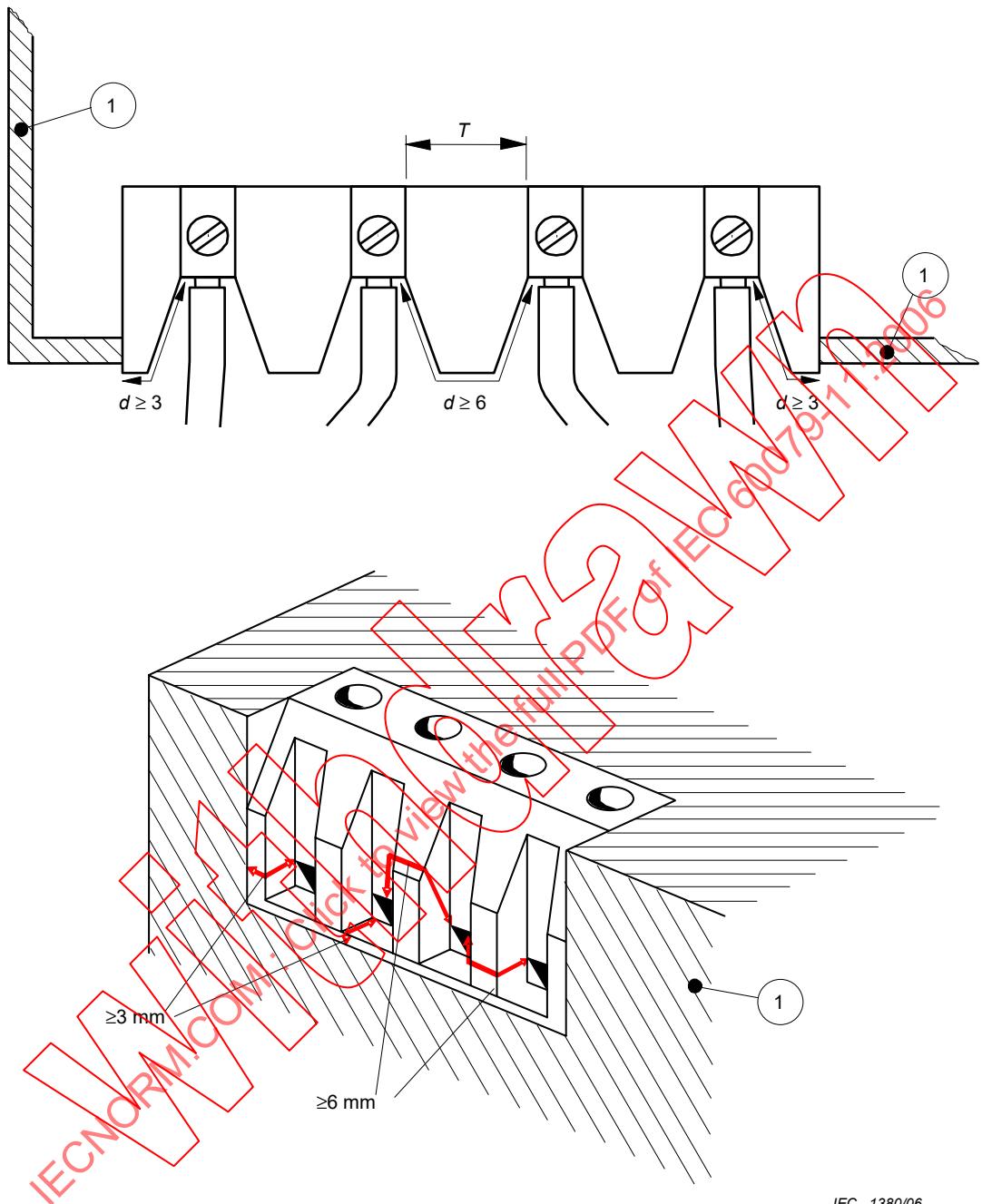
Les distances d'isolation et les lignes de fuite entre les parties conductrices nues des bornes des circuits de sécurité intrinsèque séparés et les parties conductrices raccordées à la terre ou en potentiel libre doivent être supérieures ou égales aux valeurs données dans le Tableau 5.

Lorsque l'on considère des circuits de sécurité intrinsèque séparés, la distance dans l'air entre les parties conductrices nues des dispositifs de raccordement doit être:

- au moins 6 mm entre les circuits de sécurité intrinsèque séparés;
- au moins 3 mm par rapport aux parties raccordées à la terre, si le raccordement à la terre n'a pas été considérée lors de l'analyse de sécurité.

Voir la Figure 1 quand on mesure des distances autour des parois d'isolation solide ou des cloisons. Tout mouvement possible de pièces métalliques qui ne sont pas fixées rigidement doit être pris en compte.

Dimensions en millimètres

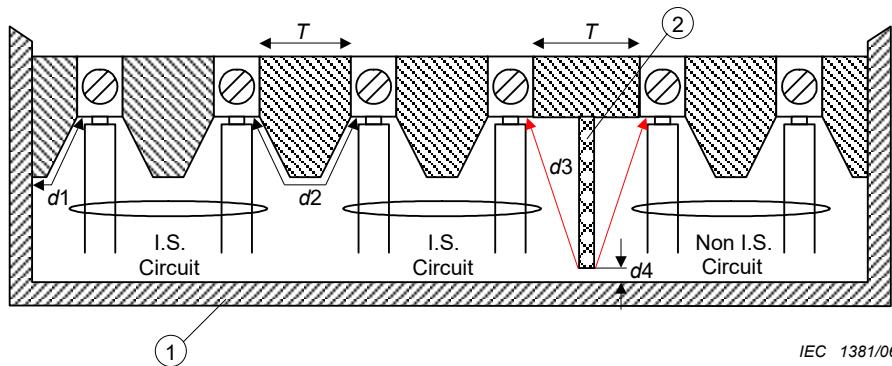


IEC 1380/06

Légende

- 1 Couvercle conducteur
T Distances en accord avec le Tableau 5
 d Distance dans l'air aux connexions externes des dispositifs de connexion en accord avec 6.2.1
NOTE Les dimensions indiquées sont les lignes de fuite et les distances dans l'air autour de l'isolant comme indiqué ci-dessus, mais pas l'épaisseur de l'isolant.

Figure 1a – Exigences de distance pour les bornes portant des circuits de sécurité intrinsèque séparés



Légende

- 1 Couvercle non conducteur, ou conducteur raccordé à la terre
 - 2 Cloison en accord avec 6.2.1b); dans cet exemple, elle doit être solidaire de la base ou collée à celle-ci.
 - T Distances en accord avec le Tableau 5
- $d_1 \geq 3 \text{ mm}$; quand le couvercle est conducteur et raccordé à la terre
 $d_2 \geq 6 \text{ mm}$
 $d_3 \geq 50 \text{ mm}$ ou $d_4 \leq 1,5 \text{ mm}$

NOTE Les dimensions indiquées sont les distances dans l'air autour de l'isolation comme indiqué ci-dessus, mais pas l'épaisseur de l'isolant.

Figure 1b – Exemple de séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits de sécurité non intrinsèque avec utilisation d'une cloison

Figure 1 – Séparation de bornes de circuits de sécurité intrinsèque et de circuits de sécurité non intrinsèque

6.2.2 Prises de courant

Les prises de courant utilisées pour la liaison de circuits de sécurité externes doivent être disposées séparément et être non interchangeables avec celles employées pour les circuits de sécurité non intrinsèque.

Lorsqu'un matériel de sécurité intrinsèque ou un matériel associé est équipé de plus d'une prise de courant pour des connexions externes et que la permutation pourrait affecter le mode de protection, de telles prises de courant doivent être équipées, par exemple d'un détrompeur, pour que la permutation ne soit pas possible, ou bien les fiches et embases se correspondant doivent être identifiées (par exemple par marquage ou code de couleur) pour rendre la permutation visible.

Lorsqu'une prise n'est pas préfabriquée avec ces fils, les dispositifs de raccordement doivent être conformes à 6.2.1. Si, cependant, les connexions exigent l'utilisation d'un outil spécial, par exemple par sertissage, de sorte qu'il n'est pas possible qu'une extrémité de fil devienne libre, alors les dispositifs de connexion n'ont besoin d'être conformes qu'au Tableau 5.

Si un connecteur comporte des circuits raccordés à la terre et si le mode de protection dépend de la liaison à la terre, ce connecteur doit être construit selon 6.5.

6.2.3 Détermination du rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_o/R_o) pour des sources de puissance limitées par résistance

Le rapport externe maximal de l'inductance à la résistance (L_o/R_o) qui peut être branché à une source limitée par résistance doit être calculé par la formule suivante. Cette formule tient compte d'un coefficient de sécurité de 1,5 sur le courant et ne doit pas être utilisée lorsque C_i aux bornes de sortie de la source dépasse 1 % de C_o .

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{8eR_s + (64e^2R_s^2 - 72U_o^2 eL_s)^{1/2}}{4,5 U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

où

e est l'énergie minimale d'inflammation dans l'éclateur, en joules, ayant pour valeur:

- Pour les matériaux du Groupe I: 525 μJ
- Pour les matériaux du Groupe IIA: 320 μJ
- Pour les matériaux du Groupe IIB: 160 μJ
- Pour les matériaux du Groupe IIC: 40 μJ

R_s est la résistance de sortie minimale de la source de puissance, en ohms;

U_o est la tension maximale en circuit ouvert, en volts;

L_s est l'inductance maximale présente aux bornes de la source, en henrys.

C_s est l'inductance maximale présente aux bornes de la source, en henrys.

Si $L_s = 0$

alors

$$\frac{L_o}{R_o} = \frac{32eR_s}{9U_o^2} \text{ H}/\Omega$$

Lorsqu'un coefficient de sécurité de 1 est exigé, on doit multiplier la valeur de L_o/R_o par 2,25.

NOTE 1 L'utilisation normale du rapport L_o/R_o est relative aux paramètres répartis, par exemple des câbles. Son emploi pour des inductances et résistances localisées nécessite des précautions particulières.

NOTE 2 L_o/R_o peut être déterminé expérimentalement pour des sources de puissance non linéaires par essai du circuit avec plusieurs valeurs discrètes de L_o et R_o en utilisant l'essai d'éteinte de 10.1. Les valeurs de R_o utilisées devraient s'étendre pratiquement d'un court-circuit (maximum I_o) à un circuit pratiquement ouvert (I_o proche de zéro) et une tendance établie assure que L_o/R_o ne provoquera pas une défaillance dans l'essai d'éteinte.

6.2.4 Câble solidaire en permanence

Un matériel qui est construit avec un câble installé à demeure pour les connexions externes doit être soumis à l'essai de traction de 10.9 du câble lorsque la rupture des extrémités internes du matériel peut conduire à une annulation de la sécurité intrinsèque, par exemple lorsqu'il y a plus d'un circuit de sécurité intrinsèque dans le câble et que la rupture pourrait conduire à une interconnexion dangereuse.

6.3 Distances de séparation

Les exigences pour les distances de séparation sont données de 6.3.1 à 6.3.13. Une méthode alternative pour le dimensionnement des distances de séparation est donnée dans l'Annexe F.

6.3.1 Séparation des parties conductrices

La séparation des parties conductrices entre

- des circuits de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque, ou
- différents circuits de sécurité intrinsèque, ou
- un circuit et des parties métalliques isolées ou raccordées à la terre,

doit être conforme à ce qui suit si le mode de protection dépend de la séparation.

Les distances de séparation doivent être mesurées ou évaluées en tenant compte de tout déplacement possible des conducteurs ou des parties conductrices. Les tolérances de fabrication ne doivent pas réduire ces distances de plus de 10 % ou 1 mm, selon la plus faible des deux valeurs.

Les distances de séparation qui sont conformes aux valeurs de 6.1.1 ou 6.1.2 de doivent pas pouvoir être l'objet de défauts.

6.3.1.1 Distances conformes au Tableau 5

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib», les distances de séparation les plus petites qui sont inférieures aux valeurs spécifiées dans le Tableau 5 mais qui sont supérieures ou égales à un tiers de cette valeur doivent être considérées comme objet de défauts de courts-circuits pris en compte si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib», si les distances de séparation sont inférieures à un tiers de la valeur spécifiée dans le Tableau 5, elles doivent être considérées comme objet de défauts de courts-circuits non pris en compte si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour le niveau de protection «ic», si les distances de séparation sont inférieures aux valeurs spécifiées dans le Tableau 5, elles doivent être considérées comme des courts-circuits si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

6.3.1.2 Distances conformes à l'Annexe F

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib», si les distances de séparation sont inférieures à la valeur spécifiée dans l'Annexe F, elles doivent être considérées comme objet de défauts de courts-circuits non pris en compte si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Pour le niveau de protection «ic», si les distances de séparation sont inférieures aux valeurs spécifiées dans l'Annexe F, elles doivent être considérées comme des courts-circuits si cela dégrade la sécurité intrinsèque.

Le mode de panne d'une défaillance de séparation doit être uniquement un court-circuit.

Les exigences de séparation ne s'appliquent pas lorsqu'un métal raccordé à la terre, par exemple une piste de circuit imprimé ou une cloison, sépare un circuit de sécurité intrinsèque d'autres circuits, à condition que le claquage par rapport à la terre n'affecte pas défavorablement le mode de protection et que la partie conductrice raccordée à la terre puisse écouler le courant maximal qui circulera dans les conditions de défaut.

NOTE 1 Par exemple, le mode de protection dépend de la séparation de parties métalliques raccordées à la terre ou isolées si une résistance de limitation de courant peut être shuntée par des courts-circuits entre le circuit et la partie métallique raccordée à la terre ou isolée.

Une cloison métallique raccordée à la terre doit être résistante et rigide de manière qu'elle ne puisse être endommagée et elle doit avoir une épaisseur et une capacité d'écoulement du courant suffisantes pour prévenir le percement par brûlure ou la perte de raccordement à la terre dans les conditions de défaut. Une cloison doit soit avoir une épaisseur d'au moins 0,45 mm et être fixée à une partie métallique rigide et raccordée à la terre du matériel, soit être conforme à 10.6.3 si son épaisseur est plus faible.

Lorsqu'une cloison non métallique isolante ayant un IRC adéquat est disposée entre les parties conductrices, les distances dans l'air, les lignes de fuite et les autres distances de séparation doivent être mesurées autour de la cloison lorsque la cloison a une épaisseur d'au moins 0,9 mm, ou bien, lorsque son épaisseur est plus faible, la cloison doit être conforme à 10.6.3.

NOTE 2 Les méthodes d'évaluation sont données à l'Annexe C.

Tableau 5 – Distances dans l'air, lignes de fuite et distances de séparation

V	Tension de crête) mm	Distance dans l'air mm			Distance de séparation au travers du composé de-mouillage mm			Distance de séparation au travers d'une isolation solide mm			Ligne de fuite mm			Distance sous revêtement mm			Indice de résistance au cheminement (IRC)		
		1	2	3	4	5	6	7	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia, ib	ic	ia	ic	ia, ib, ic		
10	1,5	0,4	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	1,5	1,0	0,5	0,5	0,3	0,3	-	-	
30	2,0	0,8	0,7	0,7	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	2,0	1,3	0,7	0,7	0,3	100	100	100	100	
60	3,0	0,8	1,0	1,0	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	3,0	1,9	1,0	1,0	0,6	100	100	100	100	
90	4,0	0,8	1,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	4,0	2,1	1,3	1,3	0,6	100	100	100	100	
190	5,0	1,5	1,7	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	8,0	2,5	2,5	2,6	1,1	175	175	175	175	
375	6,0	2,5	2,0	0,6	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	10,0	4,0	4,0	3,3	1,7	175	175	175	175	
550	7,0	4,0	2,4	0,8	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	15,0	6,3	6,3	5,0	2,4	275	275	275	275	
750	8,0	5,0	2,7	0,9	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	18,0	10,0	10,0	6,0	2,9	275	275	275	275	
1 000	10,0	7,0	3,3	1,1	1,7	1,1	1,1	1,1	1,1	25,0	12,5	12,5	8,3	4,0	275	275	275	275	
1 300	14,0	8,0	4,6	1,7	2,3	1,7	1,7	1,7	1,7	36,0	13,0	13,0	12,0	5,8	275	275	275	275	
1 575	16,0	10,0	5,3	*	2,7	*	2,7	*	2,7	49,0	15,0	15,0	16,3	*	275	275	275	275	
3,3 k	*	18,0	9,0	*	4,5	*	4,5	*	4,5	*	32,0	*	*	*	*	*	*	*	*
4,7 k	*	22,0	12,0	*	6,0	*	6,0	*	6,0	*	50,0	*	*	*	*	*	*	*	*
9,5 k	*	45,0	20,0	*	10,0	*	10,0	*	10,0	*	100,0	*	*	*	*	*	*	*	*
15,6 k	*	70,0	33,0	*	16,5	*	16,5	*	16,5	*	150,0	*	*	*	*	*	*	*	*

NOTE 1 * Aucune valeur n'est actuellement disponible pour ces tensions.

NOTE 2 Il faut que la preuve de conformité aux exigences d'IRC des matériaux d'isolation soit fournie par le fabricant. Pour les tensions inférieures à 10 V, il n'est pas exigé que le IRC des matériaux isolants soit spécifié.

2006

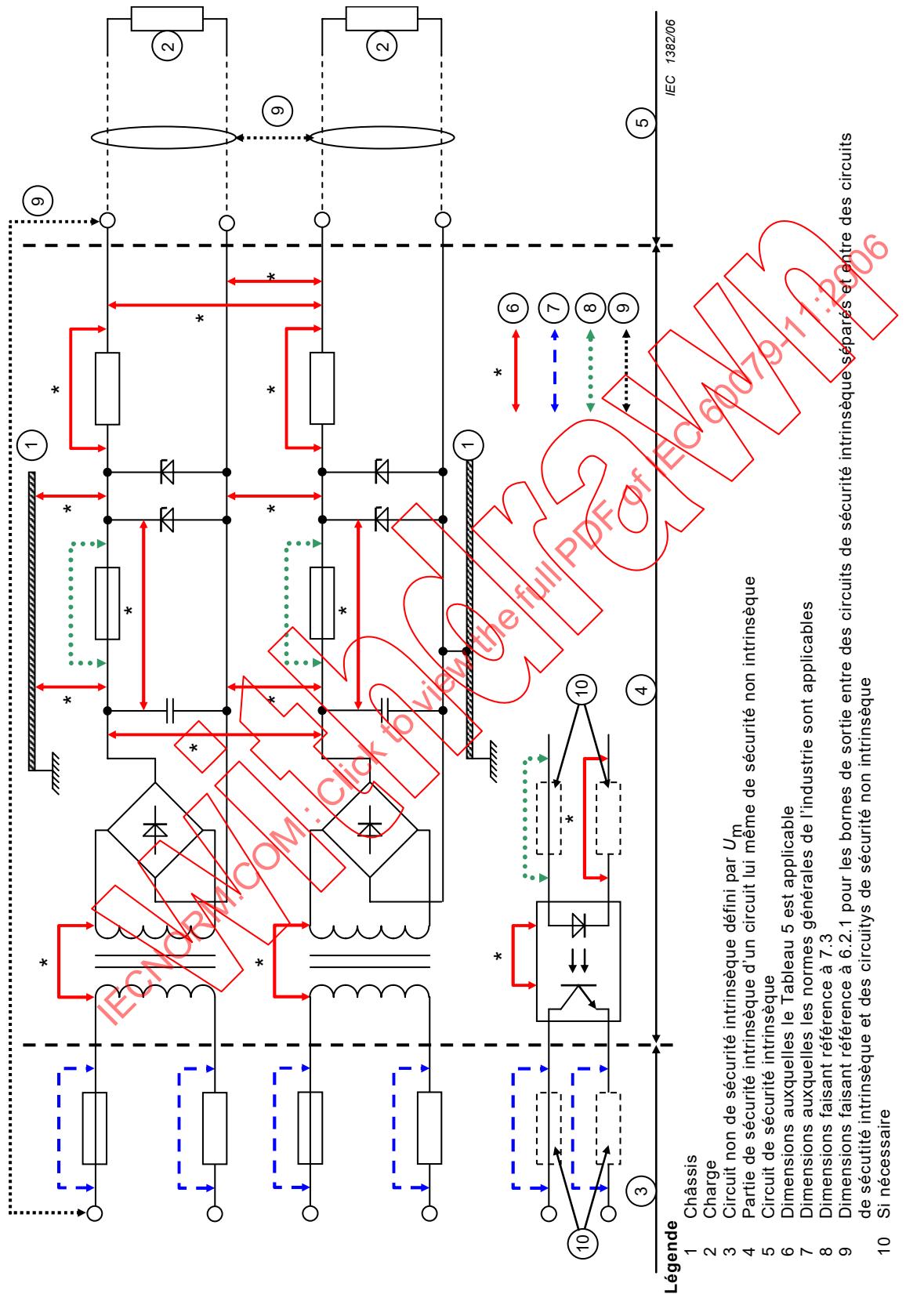


Figure 2 – Exemple de séparation de parties conductrices

6.3.2 Tension entre parties conductrices

La tension qui est prise en considération lorsqu'on utilise le Tableau 5 ou l'Annexe F est la tension entre tout couple de parties conductrices dont la séparation a une incidence sur le mode de protection du circuit pris en considération, à savoir, par exemple (voir Figure 2), la tension entre un circuit de sécurité intrinsèque et

- une partie du même circuit qui n'est pas de sécurité intrinsèque, ou
- des circuits de sécurité non intrinsèque, ou
- d'autres circuits de sécurité intrinsèque.

La valeur de la tension à considérer est l'une ou l'autre de celles indiquées ci-après.

- a) Pour les circuits qui sont séparés galvaniquement dans le matériel, la valeur de tension à considérer entre les circuits doit être la plus haute tension qui peut apparaître à travers la séparation lorsque les deux circuits sont connectés ensemble en tout point, et qui est issue
- des tensions nominales des circuits, ou
 - des tensions maximales, définies par le constructeur, qui peuvent sans dommage être appliquées aux circuits, ou
 - de toute tension produite à l'intérieur du même matériel.

Lorsqu'une des tensions est inférieure à 20 % de l'autre, elle ne doit pas être prise en considération. Les tensions d'alimentation de réseau doivent être prises sans ajouter les tolérances normalisées de réseau. Pour de telles tensions sinusoïdales, la tension de crête à considérer est la suivante:

$$\sqrt{2} \times \text{la valeur efficace de la tension nominale.}$$

- b) Entre des parties de circuit: la valeur de crête maximale de la tension qui peut être présente dans une quelconque partie du circuit. Cette valeur peut être la somme des tensions de différentes sources connectées à ce circuit. L'une des tensions n'a pas à être prise en considération si elle est inférieure à 20 % de l'autre.

Dans tous les cas, les tensions qui apparaissent dans les conditions de défaut définies à l'Article 5 doivent, si cela est applicable, être considérées pour définir les valeurs maximales.

Toute tension externe doit être considérée comme ayant la valeur U_m ou U_i spécifiée pour les bornes sur lesquelles elle est appliquée. Les tensions transitoires telles que celles pouvant apparaître avant qu'un dispositif de protection, par exemple un coupe-circuit à fusibles, ouvre le circuit, ne doivent pas être considérées lors de l'évaluation de la ligne de fuite, mais doivent être considérées lors de l'évaluation des distances dans l'air.

6.3.3 Distance dans l'air

Pour les mesures ou l'évaluation des distances dans l'air entre les parties conductrices, les cloisons isolantes de moins de 0,9 mm d'épaisseur ou non conformes à 10.6.3 ne doivent pas être prises en considération. Les autres parties isolantes doivent respecter la colonne 4 du Tableau 5.

Pour des tensions supérieures à 1 575 V crête, une cloison isolante de séparation ou une cloison métallique raccordée à la terre doit être utilisée. Dans les deux cas, la cloison doit respecter les exigences de 6.3.1.

6.3.4 Distance au travers d'un composé de moulage

Le composé de moulage doit être conforme aux exigences de 6.6. Pour ces parties qui nécessitent l'encapsulage, la distance minimale de séparation entre les parties conductrices encapsulées et les composants encapsulés d'une part, et la surface libre du composé de moulage d'autre part, doit être au moins égale à la moitié des valeurs de la colonne 3 du

Tableau 5, avec une distance minimale de 1 mm. Lorsque le composé de moulage est en contact direct (et y adhère) avec une enveloppe en matériau isolant répondant aux exigences de la colonne 4 du Tableau 5, aucune autre séparation n'est requise (voir Figure D.1).

L'isolation du circuit encapsulé doit être conforme à 6.3.12.

La défaillance d'un composant encapsulé ou hermétiquement scellé, par exemple un semi-conducteur, utilisé conformément à 7.1 et dont les distances dans l'air internes et les distances au travers de l'encapsulage ne sont pas définies, est à considérer comme un unique défaut pris en compte.

NOTE D'autres recommandations sont données dans l'Annexe D.

6.3.5 Distances de séparation au travers d'une isolation solide

Une isolation solide est une isolation qui est extrudée ou moulée mais non coulée. Elle doit avoir une rigidité diélectrique conforme à 6.3.12 lorsque la distance de séparation est en conformité avec le Tableau 5 ou avec l'Annexe F. Le courant maximal dans un conducteur isolé ne doit pas dépasser les spécifications données par le fabricant.

NOTE 1 Si l'isolant est fabriqué à partir de deux ou plusieurs pièces de matériau isolant qui sont solidement réunies ensemble, le composite peut être considéré comme solide.

NOTE 2 Pour les besoins de cette norme, une isolation solide est considérée comme étant préfabriquée, par exemple une feuille ou un fourreau ou une isolation élastomère sur un conducteur.

NOTE 3 Les vernis et revêtements similaires ne sont pas considérés comme des isolations solides.

6.3.6 Séparations composites

Lorsque des séparations conformes au Tableau 5 sont composites, par exemple de l'air puis une isolation, la distance totale de séparation doit être calculée en se référant, pour toutes les distances, à une seule colonne du Tableau 5. Par exemple pour 60 V:

distance dans l'air (colonne 2) = 6 × distance de séparation au travers d'une isolation solide (colonne 4);

distance dans l'air (colonne 2) = 3 × distance de séparation au travers du composé de moulage (colonne 3);

distance dans l'air équivalente = distance dans l'air effective + (3 × toute distance de séparation supplémentaire au travers de l'encapsulage) + (6 × toute distance de séparation supplémentaire au travers d'une isolation solide).

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib», pour que les séparations soient infaillibles, le résultat ci-dessus ne doit pas être inférieur à la valeur de la distance dans l'air spécifiée dans le Tableau 5.

Toute distance dans l'air ou distance de séparation qui est inférieure au tiers de la valeur spécifiée au Tableau 5 ne doit pas être prise en considération lors du calcul.

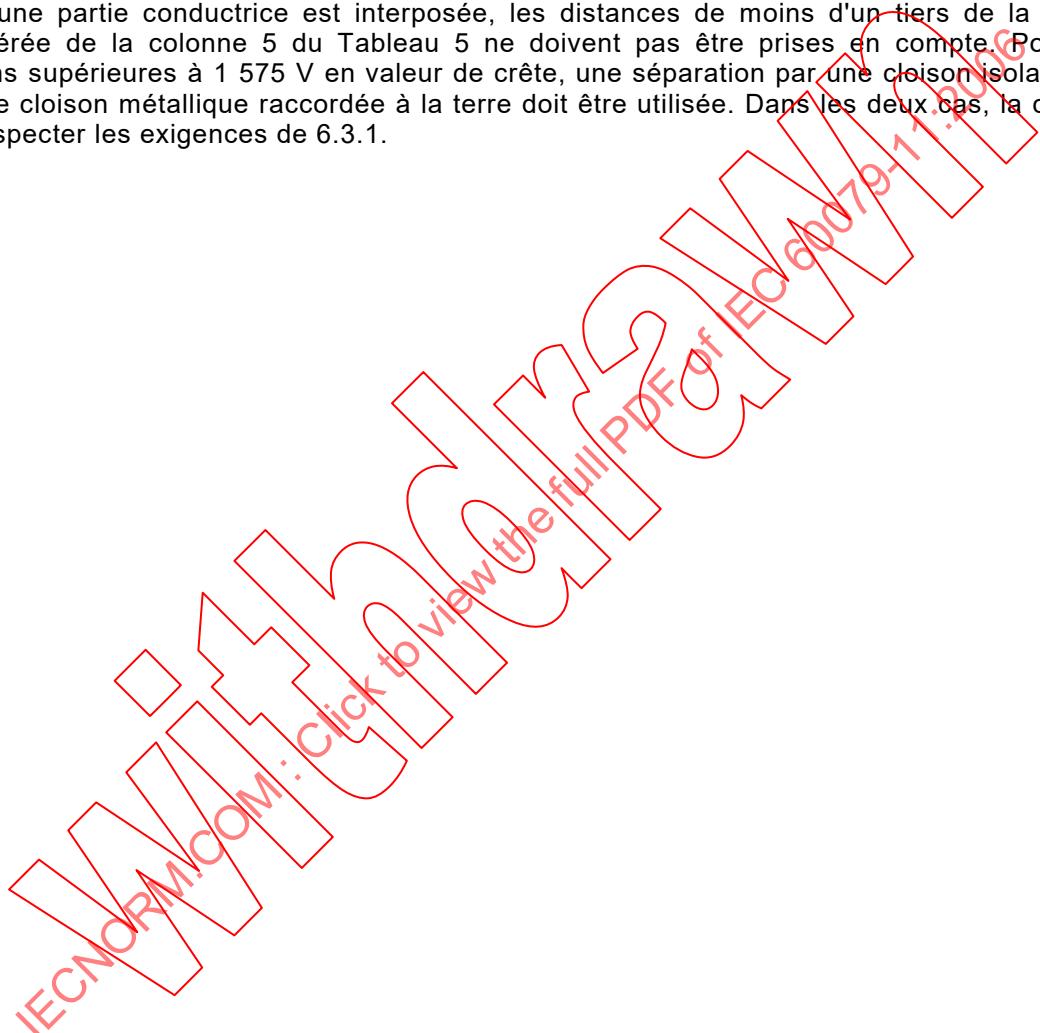
Pour le niveau de protection «ic», les résultats ci-dessus ne doivent pas être inférieurs à la valeur de distance dans l'air spécifiée au Tableau 5.

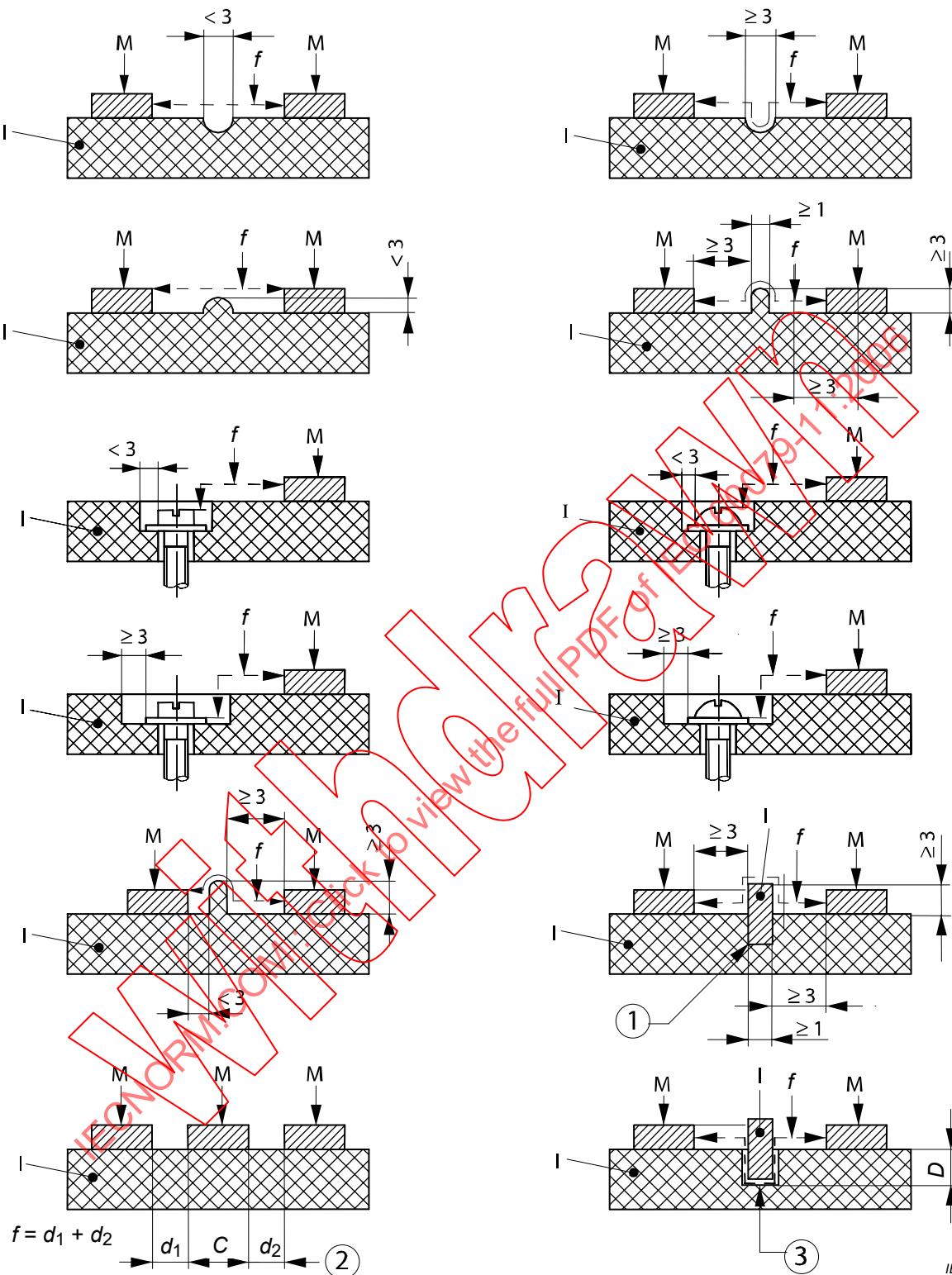
6.3.7 Ligne de fuite

Pour les lignes de fuite dans l'air spécifiées à la colonne 5 du Tableau 5, le matériau isolant doit respecter les exigences de la colonne 7 du Tableau 5 qui définit l'indice de résistance au cheminement (IRC) minimal, mesuré selon la CEI 60112. La méthode de mesure ou d'évaluation de ces distances doit être conforme à la Figure 3.

Lorsqu'un raccord est collé, la colle doit être un matériau ayant des propriétés isolantes équivalentes à celles du matériau voisin.

Lorsque la ligne de fuite est constituée de la somme de distances plus faibles, par exemple lorsqu'une partie conductrice est interposée, les distances de moins d'un tiers de la valeur considérée de la colonne 5 du Tableau 5 ne doivent pas être prises en compte. Pour les tensions supérieures à 1 575 V en valeur de crête, une séparation par une cloison isolante ou par une cloison métallique raccordée à la terre doit être utilisée. Dans les deux cas, la cloison doit respecter les exigences de 6.3.1.





Dimensions en millimètres

Légende

f Ligne de fuite

M Métal

I Matériau isolant

① Joint collé

② Le métal central n'est pas relié électriquement

③ Joint non collé. Hauteur extérieure de cloison > D

Figure 3 – Détermination des lignes de fuite

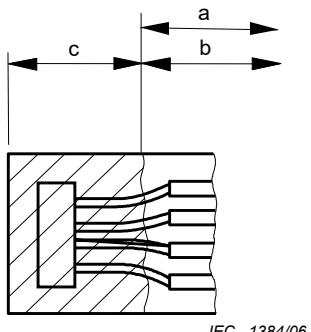


Figure 4a – Carte partiellement revêtue

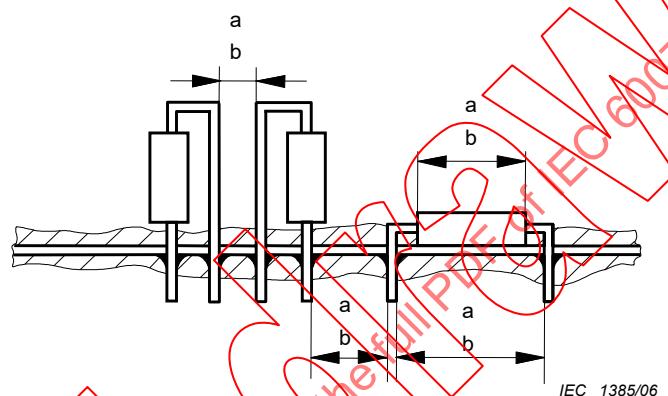


Figure 4b – Carte avec sorties soudées émergeantes

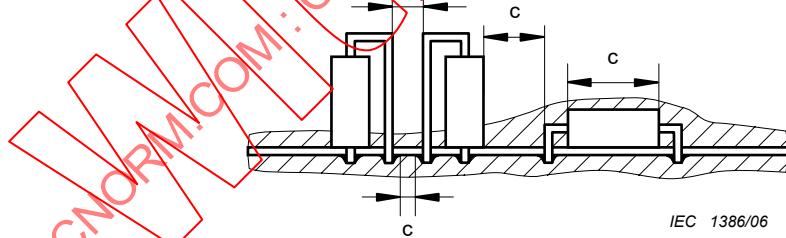


Figure 4c – Carte avec sorties soudées pliées ou coupées

NOTE L'épaisseur du revêtement n'est pas représentée à l'échelle.

Légende

- a Appliquer les exigences de distances dans l'air de 6.3.3
- b Appliquer les exigences de lignes de fuite de 6.3.7
- c Appliquer les exigences de distances sous revêtement de 6.3.8

Figure 4 – Lignes de fuite et distances dans l'air sur des cartes de circuits imprimés

6.3.8 Distance sous revêtement

Un revêtement enrobant conforme doit soustraire les chemins entre les conducteurs en question à l'entrée d'humidité et de pollution et doit constituer un écran efficace et durable. Il doit adhérer aux parties conductrices et au matériau isolant. Si le revêtement enrobant est appliqué par pulvérisation, deux couches séparées doivent être appliquées.

Un vernis épargne seul n'est pas considéré comme un revêtement conforme, mais peut être accepté comme l'une des deux couches lorsqu'un autre revêtement non vernis épargne est appliqué par pulvérisation, à condition que le vernis épargne ne soit pas endommagé pendant le soudage. D'autres méthodes d'application exigent seulement une couche, par exemple le revêtement par immersion, l'application à la brosse ou l'imprégnation sous vide. Un masque de soudage conforme aux exigences de l'Annexe F pour les revêtements de type 1 est considéré comme un revêtement conforme et un revêtement supplémentaire n'est pas exigé. Le fabricant doit apporter la preuve de la conformité à l'Annexe F.

NOTE 1 La présente norme n'exige pas que la conformité à la spécification du fabricant relative au revêtement soit vérifiée.

La méthode utilisée pour le revêtement de la carte doit être spécifiée dans la documentation conformément à l'Article 24 de la CEI 60079-0. Quand le revêtement est considéré comme adéquat pour protéger les parties conductrices, par exemple des joints de soudures et des connexions de composants, d'une perforation du revêtement, cela doit être établi dans la documentation et confirmé par examen.

Lorsque des conducteurs et des parties conductrices nus émergent du revêtement, l'indice de résistance au cheminement (IRC) de la colonne 7 du Tableau 5 s'applique à la fois à l'isolant et au revêtement.

NOTE 2 Le concept de distance sous revêtement a été élaboré pour des surfaces planes telles que les cartes de circuits imprimés rigides. Il faut que les cartes de circuit imprimé flexibles aient un revêtement suffisamment élastique pour ne pas se fissurer. Des applications radicalement différentes nécessitent des études spéciales.

6.3.9 Exigences pour les cartes de circuits imprimés montées

Lorsque les lignes de fuite et les distances dans l'air influent sur la sécurité intrinsèque du matériel, les circuits imprimés doivent satisfaire aux exigences suivantes (voir Figure 4):

- a) lorsque le circuit imprimé est recouvert par un revêtement enrobant selon 6.3.8, les exigences de 6.3.3 et 6.3.7 s'appliquent uniquement à toute partie conductrice qui se trouve hors de ce revêtement, comprenant, par exemple
 - les pistes qui émergent du revêtement;
 - la surface libre d'un circuit imprimé qui n'est revêtu que sur une seule face;
 - les parties nues des composants susceptibles d'émerger du revêtement;
- b) les exigences de 6.3.8 s'appliquent aux circuits ou parties de circuits avec leurs composants montés lorsque le revêtement recouvre les broches de liaison, les raccordements soudés et les parties conductrices de tout composant;
- c) quand un composant est monté au-dessus à tout à côté d'une piste d'un circuit imprimé, un défaut non pris en compte doit être considéré comme apparaissant entre la partie conductrice du composant et la piste sauf si:
 - i) la séparation est en accord avec 6.3.1 entre la partie conductrice du composant et la piste, ou
 - ii) une défaillance se produit dans une condition moins sévère.

6.3.10 Séparation par écrans reliés à la terre

Lorsque la séparation entre circuits ou parties de circuits est assurée par un écran métallique, l'écran et toutes ses connexions doivent être capables de supporter le courant permanent maximal possible auquel ils pourraient être soumis selon les exigences de l'Article 5.

Lorsqu'une connexion est faite à travers un connecteur, celui-ci doit être construit selon 6.5.

6.3.11 Câblage interne

Les matières isolantes, à l'exception des vernis et revêtements semblables, recouvrant les conducteurs de câblage interne doivent être considérées comme des isolants solides (voir 6.3.5).

La séparation des conducteurs doit être déterminée par addition de l'épaisseur radiale de l'isolation extrudée de conducteurs placés l'un à côté de l'autre, soit comme conducteurs unitaires, soit sous forme de câble, soit faisant partie d'un câble.

La distance entre l'âme de tout conducteur d'un circuit de sécurité intrinsèque et celle de tout conducteur d'un circuit de sécurité non intrinsèque doit être conforme à la colonne 4 du Tableau 5 en prenant en compte les exigences de 6.3.6, sauf dans l'un des cas suivants:

- les conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque ou ceux du circuit de sécurité non intrinsèque sont entourés par un écran relié à la terre;
- dans les matériels de niveaux de protection «ib» et «ic», l'isolation des conducteurs du circuit de sécurité intrinsèque peut supporter un essai diélectrique sous tension alternative de valeur efficace égale à 2 000 V.

NOTE Un moyen d'obtenir une isolation pouvant supporter une telle tension d'essai consiste à ajouter une gaine isolante sur le conducteur.

6.3.12 Exigence de rigidité diélectrique

L'isolation entre un circuit de sécurité intrinsèque et le châssis du matériel électrique ou des parties qui peuvent être reliées à la terre doit normalement pouvoir supporter l'essai décrit en 10.3 sous une tension alternative efficace égale au double de la tension du circuit de sécurité intrinsèque ou à 500 V efficace, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

Quand le circuit ne remplit pas cette exigence, le matériel doit être marqué avec le symbole «X» et la documentation doit donner les informations nécessaires pour une installation correcte.

L'isolation entre un circuit de sécurité intrinsèque et un circuit de sécurité non intrinsèque doit être capable de supporter un essai diélectrique sous une tension alternative de valeur efficace égale à $2 U + 1 000$ V, avec un minimum de 1 500 V, U étant la somme des valeurs efficaces des tensions du circuit de sécurité intrinsèque et du circuit de sécurité non intrinsèque.

Lorsqu'un amorçage entre des circuits de sécurité intrinsèque distincts peut conduire à des conditions dangereuses, l'isolation entre ces circuits doit pouvoir supporter une tension d'essai alternative de valeur efficace égale à $2 U$, avec un minimum de 500 V eff, U étant la somme des valeurs efficaces des tensions des circuits considérés.

6.3.13 Relais

Lorsque la bobine d'un relais est reliée à un circuit de sécurité intrinsèque, les valeurs assignées aux contacts par le fabricant ne doivent pas être dépassées en service normal et les contacts ne doivent pas couper ou établir plus de 5 A eff ou 250 V eff ou 100 VA. Lorsque les valeurs de courant ou de puissance coupées par les contacts dépassent ces valeurs mais ne dépassent pas 10 A ou 500 VA, les valeurs des lignes de fuite et distances dans l'air du Tableau 5 doivent être doublées.

Pour des valeurs plus élevées, les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits de sécurité non intrinsèque ne peuvent connectés au même relais que s'ils sont séparés par une barrière métallique raccordée à la terre ou par un barrière isolante conforme à 6.3.1. Les dimensions d'une telle barrière isolante doivent prendre en compte l'ionisation apparaissant lors du fonctionnement du relais qui peut généralement exiger des lignes de fuite et des distances dans l'air supérieures à celles données dans le Tableau 5.

Lorsqu'un relais a des contacts dans des circuits de sécurité intrinsèque et d'autres contacts dans des circuits de sécurité non intrinsèque, les contacts de sécurité intrinsèque et de sécurité non intrinsèque doivent, en plus des exigences du Tableau 5, être séparés par une cloison isolante ou métallique raccordée à la terre conforme à 6.3.1. Le relais doit être conçu de telle manière que les contacts brisés ou endommagés ne puissent pas sortir de leur logement et altérer l'intégrité de la séparation entre les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits de sécurité non intrinsèque.

Alternativement, la séparation des relais peut être évaluée en appliquant l'Annexe F, en prenant en compte les conditions ambiantes et les catégories de surtension données dans l'Annexe F. Les exigences pour les barrières métalliques raccordées à la terre ou les barrières isolantes doivent être appliquées aussi dans ce cas. Si les barrières métalliques raccordées à la terre ou les barrières isolantes sont incorporées dans l'enveloppe du relais, alors 10.6.3 s'applique au relais dans son enveloppe et non aux barrières métalliques raccordées à la terre ou aux barrières isolantes elles mêmes.

6.4 Protection contre une inversion de polarité

Une protection doit être réalisée dans le matériel électrique de sécurité intrinsèque pour empêcher l'annulation du mode de protection à la suite d'une inversion de polarité des alimentations du matériel ou aux connexions entre les éléments d'un accumulateur où cela pourrait se produire. A cette fin, l'emploi d'une seule diode est acceptable.

6.5 Conducteurs de raccordement à la terre, connexions et bornes de raccordement

Lorsque le raccordement à la terre, par exemple des enveloppes, conducteurs, écrans métalliques, conducteurs de circuits imprimés, broches de séparation dans un connecteur enfichable ou de barrières de sécurité à diodes, est exigé pour maintenir le mode de protection, la section des conducteurs, connecteurs et bornes de raccordement destinés à cette fonction doit être telle qu'ils soient dimensionnés pour supporter l'éventuel courant maximal qui pourrait circuler en permanence dans les conditions de l'Article 5. Les composants doivent aussi être conformes à l'Article 7.

Lorsqu'un connecteur comporte des circuits raccordés à la terre et que le mode de protection dépend du raccordement à la terre du circuit, le connecteur doit comporter au moins trois éléments de connexion indépendants pour les circuits «ia» et au moins deux pour les circuits «ib» (voir Figure 5). Ces éléments doivent être connectés en parallèle. Lorsque le connecteur peut être séparé en biais, une liaison doit être présente à chaque extrémité ou près de chaque extrémité du connecteur.

Les éléments de raccordement doivent être fixés sur leur support sans possibilité d'auto-desserrage et être réalisés de telle façon que les conducteurs ne puissent s'échapper des logements qui leur sont destinés. Un contact adéquat doit être assuré sans détériorer les conducteurs, même s'il s'agit de conducteurs à brins multiples utilisés dans des éléments de raccordement prévus pour le serrage direct des conducteurs. Le contact assuré par une borne ne doit pas être notablement affecté par les variations de température en service normal. Les éléments de raccordement qui sont prévus pour pincer des conducteurs multibrins doivent comporter un élément élastique intermédiaire. Les éléments de raccordement pour conducteurs de sections allant jusqu'à 4 mm^2 doivent aussi permettre le raccordement efficace de conducteurs de moindre section. Les éléments de raccordement qui sont conformes aux exigences de la CEI 60079-7 sont considérés comme satisfaisant à ces exigences.

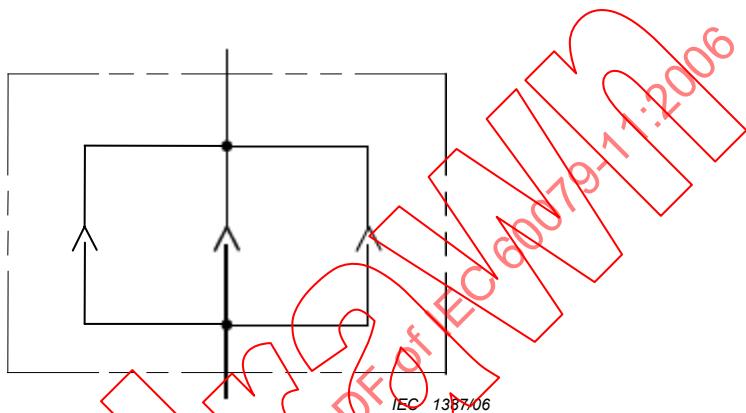


Figure 5a – Exemple de trois éléments de connexion indépendants

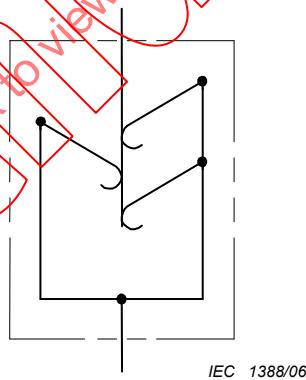


Figure 5b – Exemple de trois éléments de connexion qui ne sont pas indépendants

Figure 5 – Exemples d'éléments de connexion indépendants et non indépendants

Les éléments suivants ne doivent pas être employés:

- les éléments de raccordement à arêtes coupantes qui pourraient endommager les conducteurs;
- les éléments de raccordement qui peuvent tourner, être tordus ou être déformés de façon permanente par un serrage normal;
- des matériaux isolants pour transmettre la pression de contact dans les bornes.

6.6 Encapsulage

Là où le composé de moulage est utilisé, il doit être conforme à ce qui suit:

- a) avoir une température d'emploi, spécifiée par le fabricant du composé de moulage ou du matériel, qui soit au moins égale à la température maximale atteinte par tout composant lorsque l'encapsulage est réalisé.
Cependant, des températures plus élevées que la température assignée pour le composé de moulage sont admissibles à condition qu'elles ne provoquent aucun dommage au composé qui compromettrait le mode de protection;
- b) présenter sur sa surface libre une valeur d'IRC au moins égale à celle spécifiée au Tableau 5 si des parties conductrices nues émergent du composé de moulage;
- c) seuls les matériaux passant l'essai de 10.6.1 doivent avoir une surface libre exposée et non protégée, constituant ainsi une partie de l'enveloppe;
- d) être adhérent à toutes les parties conductrices, composants et supports de base, sauf s'ils sont complètement pris dans le composé de moulage;
- e) être défini par son nom générique et sa désignation de type données par le fabricant du composé de moulage.

Pour les matériaux de sécurité intrinsèque, tous les circuits reliés aux parties conductrices encapsulées et/ou aux composants et/ou aux parties nues dépassant du composé de moulage doivent être de sécurité intrinsèque. Des conditions de défaut à l'intérieur du composé de moulage doivent être considérées, mais non la possibilité d'inflammation par étincelle dans l'encapsulage.

Pour le matériel associé, les conditions de défaut dans le composé de moulage doivent être évaluées.

Le composé de moulage doit être exempt de trous, sauf pour ce qui concerne l'encapsulage de composants contenant un espace libre (transistors, relais, éléments de coupure, etc.).

Si les circuits reliés aux parties conductrices encapsulées et/ou aux composants et/ou aux parties nues dépassant du composé de moulage ne sont pas de sécurité intrinsèque, ils doivent être protégés par un autre mode de protection donné dans la CEI 60079-0.

NOTE D'autres recommandations sont données dans l'Annexe D.

De plus, lorsqu'un composé de moulage est utilisé pour réduire les possibilités d'inflammation du fait de composants chauds, par exemple des diodes et résistances, le volume de composé de moulage et son épaisseur doivent réduire la température maximale de surface du composé de moulage jusqu'au niveau désiré.

7 Composants dont dépend la sécurité intrinsèque

7.1 Paramètres assignés des composants

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib» en fonctionnement normal comme après application des conditions de défaut définies à l'Article 5, tous les composants restants dont dépend le mode de protection, à l'exception des dispositifs tels que transformateurs, coupe-circuit à fusibles, protections thermiques, relais et contacts, ne doivent pas travailler à plus des deux tiers de la valeur maximale de leur courant, tension ou puissance par rapport à leurs caractéristiques assignées, aux conditions de montage et à la gamme de températures spécifiées. Pour le niveau de protection «ic» en conditions de fonctionnement normal, les composants dont dépend le type de protection ne doivent pas fonctionner au-dessus de leur courant et tension maximaux et pas à plus des deux tiers de leur puissance maximale. Ces valeurs maximales assignées doivent être les caractéristiques assignées commerciales normales spécifiées par le fabricant du composant.

NOTE 1 Les transformateurs, les coupe-circuit à fusibles, les déclencheurs thermiques, les relais et les interrupteurs sont autorisés à fonctionner à leur taux de travail normal de manière à fonctionner correctement.

On doit aussi tenir compte des effets des conditions de montage et de la gamme de températures ambiantes spécifiées par le fabricant du matériel et par 5.1 de la CEI 60079-0. Par exemple, dans le cas d'un semi-conducteur, la puissance dissipée ne doit pas dépasser les deux tiers de celle qui amènerait la jonction à sa température maximale dans les conditions de montage données.

Les paramètres assignés des composants doivent être comme ci-dessus quand ces derniers sont connectés à d'autres matériels utilisés dans une zone non dangereuse, par exemple pendant la charge, la maintenance, les opérations de récupération de données, impliquant des défauts dans le matériel de sécurité intrinsèque.

Les connecteurs de programmation à l'intérieur du circuit qui ne sont pas accessibles à l'utilisateur et qui sont uniquement utilisés par le fabricant lors de la maintenance et la réparation sont dispensés des exigences de cet article.

Quand une résistance et un condensateur sont connectés en série pour limiter la décharge du condensateur, la résistance peut être considérée comme dissipant une puissance égale en watts à CV^2/C , où C est la capacité en farads, V est la tension en volts.

Des essais ou des évaluations détaillés de composants ou d'assemblages de composants pour déterminer les paramètres, par exemple tension et courant, sur lesquels les coefficients de sécurité sont appliqués ne doivent pas être effectués, puisque les facteurs de sécurité de 5.2 et 5.3 évitent le besoin d'essais ou d'évaluations détaillés. Par exemple, une diode Zener spécifiée par son fabricant à 10 V + 10 % doit être considérée comme délivrant 11 V sans avoir à prendre en compte des effets tels qu'une élévation de tension due à un accroissement en température.

NOTE 2 Cependant, lors de la détermination de la puissance assignée ou de la température de jonction, il convient de prendre en compte les conditions de montage et la température ambiante, comme indiqué précédemment dans cet article.

7.2 Connecteurs pour connexions internes, cartes et composants enfichables

Ces connecteurs doivent être conçus de telle manière qu'une connexion incorrecte ou une interversion avec d'autres connecteurs du même matériel électrique soit impossible à moins que cela ne conduise pas à une condition dangereuse ou que les connecteurs soient identifiés d'une manière telle que la connexion incorrecte est évidente.

Lorsque le mode de protection dépend d'une connexion, la défaillance à une résistance élevée ou l'ouverture de circuit d'une connexion doit être un défaut pris en compte conformément à l'Article 5.

Lorsqu'un connecteur comporte des circuits raccordés à la terre et que le mode de protection dépend de la connexion à la terre, alors le connecteur doit être construit conformément à 6.5.

7.3 Coupe-circuit à fusibles

Lorsque des coupe-circuit à fusibles sont utilisés pour protéger d'autres composants, on doit supposer que $1,7 I_n$ circule continuellement. La résistance froide du coupe-circuit à fusibles à la température ambiante minimale spécifiée peut être considérée comme une résistance infaillible conforme à 8.4 pour ce qui concerne la limitation du courant. (En l'absence de données, ce peut être pris comme la résistance minimale à la température ambiante minimale spécifiée, mesurée sur 10 échantillons comme requis en 10.4.) La caractéristique temps-courant du coupe-circuit à fusibles doit être telle que les caractéristiques en régime transitoire des composants protégés ne soient pas dépassées. Lorsque la caractéristique temps-courant n'est pas disponible dans les données du fabricant, un essai de type doit être effectué en conformité avec 10.4 sur au moins 10 échantillons. Cet essai montre la capacité de l'échantillon à supporter 1,5 fois tout transitoire qui peut se produire lorsque U_m est appliqué via le coupe-circuit à fusibles.

Les coupes circuits à fusibles de niveaux de protection «ia» et «ib» qui transportent un courant quand ils sont situés dans une atmosphère explosive doivent être encapsulés conformément à 6.6.

La rupture des coupes circuits à fusibles de niveau de protection «ic» n'est pas considérée comme pouvant provoquer une inflammation thermique.

Lorsque des coupe-circuit à fusibles sont encapsulés, le composé de moulage ne doit pas entrer à l'intérieur du coupe-circuit à fusibles. Cette exigence doit être satisfaite en testant des échantillons conformément à 10.6.2 ou par une déclaration du constructeur du coupe-circuit à fusibles confirmant l'acceptabilité du coupe-circuit à fusibles pour l'encapsulage. Autrement, le coupe-circuit à fusibles doit être scellé avant l'encapsulage.

Les coupe-circuit à fusibles de protection des composants doivent être remplaçables seulement en ouvrant l'enveloppe du matériel. Pour les coupe-circuit à fusibles, la désignation du type et les caractéristiques du coupe-circuit à fusibles I_n ou les caractéristiques importantes pour la sécurité intrinsèque doivent être marquées à proximité du coupe-circuit à fusibles.

Les coupe-circuit à fusibles doivent avoir une tension assignée au moins égale à U_m (ou U_i pour les matériaux et circuits de sécurité intrinsèque) bien qu'ils n'aient pas à être conformes au Tableau 5. Les normes industrielles générales pour la construction des coupe-circuit à fusibles et des porte-fusibles doivent être appliquées et leur méthode de montage ne doit pas réduire les distances dans l'air, les lignes de fuite et les séparations fournies par le coupe-circuit à fusibles et son porte-fusible. Quand cela est exigé par la sécurité intrinsèque, les distances par rapport aux autres parties du circuit doivent être conformes à 6.1.1 ou 6.1.2.

NOTE 1 Les microfusibles conformes à la CEI 60127 sont acceptables.

Un coupe-circuit à fusibles ne doit pas avoir une capacité de coupure inférieure au courant maximal prévu pour le circuit dans lequel il est installé. Dans le cas d'une alimentation électrique par le réseau n'excédant pas 250 V c.a., le courant présumé doit normalement être considéré comme étant de 1 500 A c.a. Le pouvoir de coupure du coupe-circuit à fusibles est déterminé selon la CEI 60127 ou l'ANSI/UL 248-1 et doit être établi par le fabricant du coupe-circuit à fusibles.

NOTE 2 Des courants présumés plus élevés peuvent être présents dans certaines installations, par exemple à des tensions plus élevées.

Lorsqu'un dispositif de limitation de courant est nécessaire pour limiter le courant présumé à une valeur inférieure au pouvoir de coupure assigné du coupe-circuit à fusibles, ce dispositif doit être infallible conformément à l'Article 8, et les valeurs assignées doivent être au moins:

- courant assigné: $1,5 \times 1,7 \times I_n$;
- tension assignée: U_m ou U_i ;
- puissance assignée: $1,5 \times (1,7 \times I_n)^2 \times$ résistance maximale du dispositif de limitation.

Les lignes de fuite et les distances dans l'air dans l'ensemble formé par la résistance de limitation du courant et ses pistes de connexion doivent être calculées en utilisant la tension de $1,7 \times I_n \times$ la résistance maximale de la résistance de limitation du courant. Les tensions transitoires ne doivent pas être considérées. Les distances de séparation entre la résistance et les autres parties du circuit doivent être conformes à 6.1.1 ou 6.1.2.

7.4 Piles et accumulateurs

En contradiction avec 23.1 de la CEI 60079-0, les piles et accumulateurs peuvent être connectés en parallèle dans les matériaux de sécurité intrinsèque pourvu que la sécurité intrinsèque ne soit pas invalidée.

NOTE L'exigence de 23.1 de la CEI 60079-0 applicable aux accumulateurs en parallèle ne s'applique pas aux piles et accumulateurs dans les matériaux associés, sauf s'ils sont protégés par l'un des modes de protection listés dans la CEI 60079-0.

7.4.1 Généralités

Certains types de piles et accumulateurs, par exemple des types au lithium, peuvent exploser s'ils sont court-circuités ou soumis à une inversion de charge. Lorsqu'une telle explosion peut compromettre la sécurité intrinsèque, le fabricant doit confirmer que l'emploi de telles piles ou accumulateurs est sûr dans tout matériel de sécurité intrinsèque ou associé lorsque, selon le cas, 5.2, 5.3 ou 5.4 est appliquée. Les documents et si possible le marquage relatifs au matériel doivent attirer l'attention sur les précautions de sécurité à observer.

Quand des accumulateurs sont destinés à être remplacés par l'utilisateur, le matériel doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié au point a) de 12.3.

NOTE L'attention est attirée sur le fait que le fabricant de la pile ou de l'accumulateur précise souvent les précautions nécessaires pour la sécurité du personnel.

7.4.2 Fuites d'électrolyte et ventilation

Les piles et accumulateurs doivent être d'un modèle ne pouvant pas présenter de fuite d'électrolyte, ou bien ils doivent être enfermés pour empêcher l'attaque par l'électrolyte des composants dont dépend la sécurité. Les piles et accumulateurs doivent être soumis à essai conformément à 10.5.2 ou une autorisation écrite doit être obtenue du fabricant de pile/accumulateur établissant que le produit est conforme à 10.5.2. Si les piles et accumulateurs qui ont des fuite d'électrolyte sont encapsulés conformément 6.6, ils doivent être soumis à essai conformément à 10.5.2 après l'encapsulage.

Quand le matériel contient des piles ou accumulateurs dont la charge est effectuée à l'intérieur du matériel, le fabricant d'accumulateur doit démontrer que la concentration en hydrogène dans le volume libre du conteneur de l'accumulateur ne peut excéder 2 % en volume, ou que des ouvertures de dégazage de tous les accumulateurs sont agencées de sorte que le gaz s'échappant n'est pas repandu dans l'enveloppe du matériel contenant les composants électriques ou électroniques ou des connecteurs. Autrement, quand le matériel est conforme aux exigences pour les niveaux de protection «ia» ou «ib» et pour le matériel de Groupe IIC, l'exigence pour les ouvertures de dégazage ou de limitation de concentration d'hydrogène n'est pas nécessaire.

NOTE 1 La présente norme n'exige pas que la conformité à la spécification du fabricant d'accumulateurs pour la concentration en hydrogène soit vérifiée.

La pression au-dessus de la pression atmosphérique à l'intérieur du boîtier de l'accumulateur et des éléments ne doit pas dépasser 30 kPa (0,3 bar). Les conteneurs d'accumulateurs qui sont scellés doivent être testés conformément à 10.5.4.

NOTE 2 Cela peut être réalisé par un événement.

NOTE 3 Dans les éléments «étanches», une pression plus élevée est admissible, mais il convient que chaque élément soit alors muni d'un dispositif de décharge de pression ou autre moyen permettant de limiter la pression à une valeur qui peut être supportée par l'élément, telle que définie par le fabricant de l'élément.

7.4.3 Tensions des éléments

Pour l'objet des évaluations et des essais, la tension de l'élément doit être celle spécifiée dans les Tableaux 6 et 7 de la CEI 60079-0. Quand un élément n'est pas listé dans ces tableaux, il doit être testé conformément à 10.5 pour déterminer la tension maximale en circuit ouvert et la tension nominale doit être celle spécifiée par le fabricant de l'élément.

7.4.4 Résistance interne des piles ou des accumulateurs

Quand il a une exigence, la résistance interne de la pile ou de l'accumulateur doit être déterminée conformément à 10.5.3.

7.4.5 Accumulateurs placés dans un matériel protégé par un autre moyen de protection

NOTE 1 Cet article fait référence au matériel qui est protégé par une mesure anti-déflagrante (ou autre technique), mais qui contient un accumulateur et des circuits associés qui nécessitent une protection de sécurité intrinsèque quand l'alimentation principale est coupée et que l'enveloppe est ouverte dans une atmosphère explosive gazeuse.

Le logement de l'accumulateur ou les dispositifs de fixation au matériel doivent être construits de telle sorte que l'accumulateur puisse être installé et remplacé sans dégrader la sécurité intrinsèque du matériel.

Quand une résistance de limitation de courant est utilisée pour limiter le courant qui peut être pris de l'accumulateur, elle doit être assignée conformément à 7.1. Les résistances de limitation de courant en série avec des piles ou des accumulateurs doivent être assignées à la tension maximale U_m , si elles ne sont pas protégées autrement. Dans ce cas, la protection peut être réalisée en utilisant une diode zener unique assignée conformément à 7.1.

NOTE 2 Quand un dispositif de limitation de courant est nécessaire pour assurer la sécurité de la sortie de l'accumulateur, il n'y a pas d'exigence pour que le dispositif de limitation de courant imposant soit une partie intégrante de l'accumulateur.

7.4.6 Accumulateurs utilisés dans une atmosphère explosive gazeuse

Quand un accumulateur nécessite des dispositifs de limitation de courant pour assurer la sécurité de l'accumulateur lui-même et qu'il est destiné à une utilisation ou à un remplacement dans une atmosphère explosive gazeuse, il doit constituer une unité complètement remplaçable avec ses dispositifs de limitation de courant. L'unité doit être encapsulée ou enfermée de telle sorte que seules les bornes de sortie de sécurité intrinsèque et les bornes de sortie de sécurité intrinsèque protégées correctement destinées à la charge (si elles sont fournies) soient exposées.

L'unité doit être soumise à l'essai de chute conformément à 26.4.3 de la CEI 60079-0, à l'exception de l'essai de choc initial qui n'est pas effectué. La construction de l'unité doit être considérée comme adéquate si l'essai ne provoque pas d'éjection ou de séparation des éléments de l'unité et/ou du dispositif de limitation de courant de telle sorte que la sécurité intrinsèque de l'unité soit invalidée.

7.4.7 Accumulateurs utilisés mais non remplacés dans une atmosphère explosive gazeuse

Si la pile ou l'accumulateur, exigeant des dispositifs de limitation de courant pour assurer la sécurité de l'accumulateur lui-même, n'est pas destiné(e) à être remplacé(e) dans une atmosphère explosive, il (elle) doit soit être protégé(e) conformément à 7.4.6, soit être logé(e) dans un compartiment avec des fixations spéciales, par exemple celles spécifiées par la CEI 60079-0. Il (elle) doit aussi être conforme à ce qui suit:

- a) le logement ou les autres moyens de fixation de la pile ou de l'accumulateur doivent être agencés de telle sorte que la pile ou l'accumulateur puisse être installé et remplacé sans diminuer la sécurité intrinsèque du matériel;
- b) les matériels électriques portables ou les matériels électriques placés sur la personne, prêts pour l'utilisation, tels que les émetteurs et récepteurs radio doivent être soumis à l'essai de chute conformément à 26.4.3 de la CEI 60079-0, à l'exception de l'essai de choc initial qui n'est pas effectué. La construction de l'unité doit être considérée comme adéquate si l'essai ne provoque pas d'éjection ou de séparation des éléments de l'unité de telle sorte que la sécurité intrinsèque de l'unité ou de l'accumulateur soit invalidée;
- c) le matériel doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié par le point b) de 12.3 ou le point 29.8 de la CEI 60079-0.

7.4.8 Contacts externes pour la charge des accumulateurs

Les assemblages de piles ou d'accumulateurs ayant des contacts pour la charge doivent être fournis avec des moyens empêchant les courts-circuits ou pour éviter que les piles et les accumulateurs délivrent une énergie capable de provoquer une inflammation si des contacts sont accidentellement court-circuités. Cela peut être réalisé par l'une des solutions suivantes:

- a) des diodes de blocage ou une résistance série infaillible placée dans les circuits de charge. Trois diodes pour le niveau de protection «ia», deux diodes pour le niveau «ib» et une diode pour le niveau de protection «ic» doivent être utilisées. Afin de protéger ces diodes ou résistances contre des courants ou tensions excessifs pendant la charge, soit un chargeur d'accumulateur doit être défini, soit les diodes ou résistances doivent être protégées par un coupe-circuit à fusibles correctement assigné. Le coupe-circuit à fusibles doit soit être encapsulé soit ne pas porter un courant quand il est situé dans une atmosphère explosive;
- b) pour le matériel de Groupe II, un degré de protection par enveloppe d'au moins IP30 doit être fourni pour le circuit de charge protégé correctement et doit être marqué avec une étiquette d'avertissement comme spécifié au point c) de 12.3 (ou point b) de 29.8 de la CEI 6079-0). Les distances de séparation entre les contacts de charge doivent être conformes à 6.3 en considérant la tension en circuit ouvert de l'accumulateur.

La tension maximale U_m qui peut être appliquée à ces dispositifs de connexion doit être indiquée sur le matériel et peut être établie dans le schéma de contrôle.

7.4.9 Construction des accumulateurs

La capacité d'inflammation par étincelle et la température de surface des piles et accumulateurs doivent être testées conformément à 10.5.3. La construction de la pile ou de l'accumulateur doit être de l'un des types suivants:

- a) pile ou accumulateur étanche au gaz;
- b) pile ou accumulateur étanche régulé par une vanne;
- c) pile ou accumulateur qui est destiné à être scellé de la même manière qu'aux points a) et b), mais avec un dispositif de régulation de pression.

De tels piles ou accumulateurs ne doivent pas nécessiter d'ajout d'électrolyte pendant leur durée de vie et ils doivent être enfermés dans une enveloppe métallique ou plastique conforme à ce qui suit:

- 1) sans rivet ou joint, par exemple étirée sans soudure, repoussée ou moulée, assemblée par fusion, par soudure eutectique, brasée ou collée avec un dispositif de scellement élastomère ou plastique retenu par la structure de l'enveloppe et maintenu en permanence en compression, par exemple des rondelles et des joint toriques;
- 2) la construction des parties embouties, pliées, frettées ou agrafées des enveloppes qui ne sont pas conformes à ce que qui précède ou les parties utilisant des matériaux qui sont perméables aux gaz, par exemple les matériaux à base de papier, ne doivent pas être considérés comme étanches;

- 3) les joints autour des broches doivent soit être construits comme ci-dessus soit être des joints en composé thermodurcissable ou thermoplastique;
- d) pile ou accumulateur encapsulé dans un composé moulé spécifié par le fabricant du composé de moulage comme étant adapté à une utilisation avec l'électrolyte concerné et conforme à 6.6.

Une déclaration de conformité à a) ou b) doit être obtenue auprès du fabricant de la pile ou de l'accumulateur. La conformité à c) ou d) doit être déterminée par examen physique de la pile ou de l'accumulateur et, quand c'est nécessaire, à partir de ses plans de construction.

NOTE La présente norme n'exige pas que la conformité de la pile ou de l'accumulateur aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

7.5 Semiconducteurs

7.5.1 Effets transitoires

Dans les matériels associés, les dispositifs à semi-conducteur doivent être capables de résister à la tension crête alternative et à la tension continue maximale divisées par toute résistance série infaillible.

Dans un matériel de sécurité intrinsèque, tout effet transitoire généré dans le matériel et ses sources d'alimentation doit être ignorée.

7.5.2 Shunt limiteur de tension

Les semi-conducteurs peuvent être utilisés comme dispositifs shunt de limitation de tension sous réserve qu'ils satisfassent aux règles suivantes et que les régimes transitoires pertinents soient pris en compte. Par exemple, l'introduction d'un coupe-circuit à fusibles et d'une zener assignée conformément à 7.1 est considérée comme un moyen approprié de limiter les transitoires pour les circuits connectés à la zener.

Les semi-conducteurs doivent être capables de supporter, sans se couper, 1,5 fois le courant de court-circuit qui pourrait se produire à leur point d'installation s'ils se mettaient en court-circuit. Dans les cas ci-dessous, cela doit être confirmé à partir des caractéristiques du fabricant pour:

- a) les diodes, transistors connectés à une diode, thyristors et dispositifs à semi-conducteur équivalents ayant un courant direct assigné d'au moins 1,5 fois le courant de court-circuit maximal possible pour le niveau de protection «ia» ou «ib» et 1,0 fois le courant de court-circuit maximal possible pour le niveau de protection «ic»;
- b) les diodes Zener ayant les caractéristiques assignées suivantes:
 - 1) dans le sens Zener, 1,5 fois la puissance qui serait dissipée en fonctionnement Zener, et
 - 2) dans le sens direct, 1,5 fois le courant maximal qui passera si elles sont court-circuitées pour le niveau de protection «ia» ou «ib» et 1,0 fois le courant qui passera si elles sont court-circuitées pour le niveau de protection «ic».

Pour le niveau de protection «ia», l'utilisation de composants semi-conducteurs commandés comme dispositifs de limitation shunt de tension, par exemple des transistors, thyristors, régulateurs de tension/courant etc., est admissible si les circuits d'entrée aussi bien que de sortie sont de sécurité intrinsèque ou s'il peut être prouvé qu'ils ne peuvent pas être soumis à des transitoires venant du réseau d'alimentation. Dans les circuits conformes aux dispositions ci-dessus, deux dispositifs sont considérés comme un assemblage infaillible.

Pour le niveau de protection «ia», trois thyristors peuvent être utilisés dans les matériels associés à condition que les conditions transitoires de 7.5.1 soient respectées. Les circuits utilisant des thyristors en shunt doivent également être testés selon 10.1.5.3.

7.5.3 Limiteurs série de courant

L'emploi de trois diodes de blocage en série dans les circuits de niveau de protection «ia» est admissible; cependant, les autres semi-conducteurs et les dispositifs semi-conducteurs commandés ne doivent être utilisés comme dispositifs de limitation série de courant que dans les matériels de niveau de protection «ib» ou «ic».

Toutefois, en ce qui concerne la limitation en puissance, le matériel de niveau de protection «ia» peut utiliser des limitations de courant en série consistant en des dispositifs semi-conducteurs avec commande ou pas.

NOTE L'emploi des semi-conducteurs et des dispositifs semi-conducteurs commandés comme dispositifs de limitation de courant n'est pas admissible pour le matériel de niveau de protection «ia» à cause de leur utilisation future possible dans des endroits où la présence continue ou fréquente d'une atmosphère explosive peut coïncider avec la possibilité d'un bref transitoire qui pourrait produire l'inflammation. Le courant maximal pouvant être délivré peut avoir un bref transitoire mais qui ne sera pas pris en compte comme I_o parce que la conformité à l'essai d'inflammation à l'éclateur de 10.1 établit la limitation réussie de l'énergie de ce transitoire.

7.6 Défaillance de composants, de connexions et de séparations

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib» où un composant est assigné conformément à 7.1, la défaillance de ce dernier est un défaut pris en compte. Pour le niveau de protection «ic», où un composant est assigné conformément à 7.1, ce dernier n'est pas considéré comme défaillant.

L'application de 5.2 et de 5.3 doit inclure ce qui suit:

- a) lorsqu'un composant n'a pas de caractéristiques assignées conformes à 7.1, sa défaillance doit être un défaut non pris en compte. Lorsqu'un composant a des caractéristiques assignées conformes à 7.1, sa défaillance doit être un défaut pris en compte;
- b) lorsqu'un défaut peut conduire à un ou des défauts secondaires, le premier défaut et les défauts secondaires doivent être considérés comme un défaut unique;
- c) la défaillance de résistances à toute valeur de résistance comprise entre le circuit ouvert et le court-circuit doit être prise en compte (mais voir 8.4);
- d) on doit considérer que les dispositifs à semi-conducteurs sont en défaut par court-circuit ou par circuit ouvert ou par l'état auquel ils peuvent être amenés par la défaillance d'autres composants:
 - pour le classement en température de surface, on doit prendre en compte la défaillance de tout dispositif à semi-conducteur dans la mesure où celui-ci dissipe alors la puissance maximale. Cependant, les diodes (DEL et zener incluses) fonctionnant selon les exigences de 7.1 doivent être considérées uniquement pour la puissance qu'elles doivent dissiper dans le mode passant direct ou, si applicable, dans le mode zener;
 - les circuits intégrés peuvent se mettre en défaut de manière telle que toute combinaison de courts-circuits ou de circuits ouverts peut exister entre leurs connexions externes. Bien que toute combinaison puisse être présumée, une fois qu'un défaut a été appliqué, il ne peut pas être changé, par exemple par application d'un second défaut. Sous cette condition de défaut, toute capacité et toute inductance connectées au dispositif doivent être considérées dans le cas le plus défavorable de connexion à la suite du défaut;
 - quand on considère la tension aux broches externes d'un circuit intégré qui comporte un convertisseur de tension (par exemple un multiplicateur de tension ou un inverseur de tension), les tensions internes ne doivent pas être prises en compte, pourvu que cette tension augmentée ne soit pas présente à toute une broche externe et qu'aucun composant externe comme un condensateur ou une inductance ne soit utilisé pour la conversion, par exemple des EEPROM. Si la tension augmentée est disponible sur une broche externe, cette tension augmentée doit être supposée être présente sur toutes les broches externes du circuit intégré;

NOTE La présente norme n'exige pas que la conformité du circuit intégré aux spécifications de son fabricant soit vérifiée.

- e) les connexions doivent être considérées comme se mettant en défaut en circuit ouvert, et si elles sont libres, elles peuvent se connecter à n'importe quelle partie du circuit dans le champ de leur mouvement. La rupture initiale est un défaut à prendre en compte et la reconnexion est un deuxième défaut à prendre en compte (mais voir 8.7);
- f) les distances dans l'air, les lignes de fuite et les distances de séparation doivent être prises en compte conformément à 6.3;
- g) la défaillance des condensateurs en circuit ouvert, en court-circuit et à toute valeur inférieure à leur valeur maximale spécifiée doit être prise en compte (mais voir 8.5);
- h) la défaillance d'inductances en circuit ouvert et à toute valeur entre la résistance nominale et le court-circuit mais seulement avec des rapports inductance/résistance plus faibles que celui obtenu à partir de la caractéristique de l'inductance doit être prise en compte;
- i) la défaillance en circuit ouvert de tout conducteur ou toute piste de circuit imprimé, y compris ses connexions, doit être considérée comme un défaut unique pris en compte.

L'insertion de l'éclateur afin de simuler une interruption, un court-circuit ou un défaut de terre ne doit pas être considérée comme un défaut pris en compte mais comme un essai en fonctionnement normal.

Les connexions et les séparations infaillibles conformes à l'Article 8 ne doivent pas être considérées comme produisant un défaut et l'éclateur ne doit pas être inséré en série avec de telles connexions ou en parallèle sur de telles séparations. Cependant, lorsque des connexions ou des séparations infaillibles ne sont pas encapsulées ni recouvertes par un revêtement en conformité avec l'Article 6, ou ne maintiennent pas une intégrité d'enveloppe d'au moins IP20 lorsque les dispositifs de connexions sont accessibles, l'éclateur doit être inséré en série avec de telles connexions ou en parallèle sur de telles séparations.

7.7 Dispositifs piézoélectriques

Les dispositifs piézoélectriques doivent être testés conformément à 10.7.

7.8 Cellules électrochimiques pour la détection des gaz

Les cellules électrochimiques utilisées pour la détection des gaz doivent être considérées pour leur addition aux tensions et courants qui peuvent affecter l'évaluation et les essais d'inflammation par étincelle. Cependant, elles ne nécessitent pas d'être prises en compte pour leur addition à la puissance pour l'évaluation d'inflammation thermique du matériel.

8 Composants infaillibles, assemblages infaillibles de composants et connexions infaillibles dont dépend la sécurité intrinsèque

Les exigences de cet article ne s'appliquent pas au niveau de protection «ic».

8.1 Transformateurs de réseau

Les transformateurs de réseau infaillibles doivent être considérés comme n'étant pas capables de tomber en court-circuit entre un enroulement alimentant un circuit de sécurité intrinsèque et tout autre enroulement. Des courts-circuits dans les enroulements et des enroulements en circuit ouvert peuvent se produire. La combinaison de défauts qui provoquerait une augmentation de la tension ou du courant de sortie ne doit pas être prise en considération.

8.1.1 Mesures de protection

Le circuit d'entrée des transformateurs de réseau destinés à l'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque doit être protégé par un coupe-circuit à fusibles conforme aux exigences de 7.3 ou par un disjoncteur convenablement dimensionné.

Lorsque les enroulements d'entrée et de sortie sont séparés par un écran métallique relié à la terre (voir type de construction 2b) en 8.1.2), chaque conducteur d'entrée non relié à la terre doit être protégé par un coupe-circuit à fusibles ou par un disjoncteur.

Lorsqu'en plus du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur, un fusible thermique enrobé ou un autre dispositif thermique est utilisé pour la protection contre la surchauffe du transformateur, un dispositif unique doit être suffisant.

Les coupe-circuit à fusibles, les ensembles porteurs, les disjoncteurs et les dispositifs thermiques doivent se conformer à une norme appropriée et reconnue.

NOTE La présente norme n'exige pas que la conformité des coupe-circuit à fusibles, des ensembles porteurs, des disjoncteurs et des dispositifs thermiques aux spécifications de leurs fabricants soit vérifiée.

8.1.2 Construction des transformateurs

Tous les enroulements d'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque doivent être séparés des autres enroulements conformément à l'un des types de construction indiqués ci-après:

Pour la construction de type 1, les enroulements doivent être disposés

- a) soit sur une colonne du noyau les uns à côté des autres,
- b) soit sur des colonnes différentes du noyau.

Les enroulements doivent être séparés conformément au Tableau 5.

Pour la construction du type 2, les enroulements doivent être bobinés les uns par dessus les autres avec

- a) soit une isolation solide entre enroulements conformément au Tableau 5,
- b) soit un écran raccordé à la terre (constitué d'un clinquant de cuivre) entre les enroulements ou un enroulement équivalent en fils (écran bobiné). L'épaisseur du clinquant de cuivre ou de l'écran en fils doit être conforme au Tableau 6.

NOTE Cette précaution assure que, dans l'éventualité d'un court-circuit entre l'un quelconque des enroulements et l'écran, l'écran soit capable de supporter, sans rupture, le courant qui le traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur.

Les tolérances du constructeur ne doivent pas réduire les valeurs du Tableau 6 de plus de 10 % ou 0,1 mm, la plus petite des deux valeurs étant retenue.

Tableau 6 – Epaisseur minimale de l'écran en clinquant ou diamètre minimal du fil de l'écran en fonction du courant nominal du coupe-circuit à fusibles

Courant nominal du coupe-circuit A	0,1	0,5	1	2	3	5
Epaisseur minimale de l'écran en clinquant mm	0,05	0,05	0,075	0,15	0,25	0,3
Diamètre minimal du fil de l'écran bobiné mm	0,2	0,45	0,63	0,9	1,12	1,4

L'écran en clinquant doit être muni de deux connexions de raccordement à la terre mécaniquement séparées, chacune d'elles dimensionnée pour supporter le courant maximal permanent qui la traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur, par exemple, dans le cas d'un coupe-circuit à fusibles, $1,7 I_n$.

Un écran en fils comprend au moins deux couches de fils électriquement indépendantes, chacune d'elle munie d'une connexion de raccordement à la terre dimensionnée pour supporter le courant maximal permanent qui la traverserait jusqu'au fonctionnement du coupe-circuit à fusibles ou du disjoncteur. La seule exigence relative à l'isolation entre les couches est que cette isolation doit être capable de supporter un essai à 500 V conformément à 10.3.

Les noyaux de tous les transformateurs de réseau doivent être munis d'une connexion de raccordement à la terre, à moins que cette raccordée à la terre ne soit pas nécessaire pour le mode de protection, par exemple lorsque des transformateurs à noyau isolé sont utilisés. Pour les transformateurs utilisant des noyaux en ferrite, il n'y a pas d'exigence de raccordement à la terre du noyau, mais, à des fins de séparation, la ferrite doit être considérée comme conductrice, sauf si une information adéquate est disponible pour prouver que le matériau du noyau est isolant.

Les enroulements fournissant des circuits séparés de sécurité intrinsèque doivent être séparés les uns des autres et des autres enroulements conformément au Tableau 5.

Les enroulements des transformateurs doivent être consolidés, par exemple par imprégnation ou par encapsulage.

NOTE L'utilisation d'une imprégnation pour consolider les enroulements peut ne pas respecter les exigences de séparation.

8.1.3 Essais de type des transformateurs

Le transformateur avec ses dispositifs associés, par exemple coupe-circuit à fusibles, disjoncteurs, dispositifs thermiques et résistances reliés aux extrémités de l'enroulement, doit maintenir une séparation galvanique sûre entre la source d'alimentation en énergie et le circuit de sécurité intrinsèque, même lorsque l'un quelconque des enroulements de sortie est court-circuité et que tous les autres enroulements de sortie sont soumis à leur charge électrique assignée maximale.

Si une résistance en série est, soit incorporée dans le transformateur, soit encapsulée avec le transformateur de manière telle qu'il n'y ait pas de parties actives nues entre le transformateur et la résistance, soit montée de manière à garantir les lignes de fuite et distances dans l'air indiquées au Tableau 5, et si la résistance demeure dans le circuit après l'application de l'Article 5, alors l'enroulement de sortie ne doit pas être considéré comme pouvant se mettre en court-circuit, sauf au travers de la résistance.

Les transformateurs doivent être conformes aux essais spécifiés en 10.10.

8.1.4 Essais individuels des transformateurs de réseau

Chaque transformateur de réseau doit être testé conformément à 11.2.

8.2 Transformateurs autres que les transformateurs de réseau

L'inauxibilité et les modes de défaillances de ces transformateurs doivent être conformes à 8.1.

NOTE Ces transformateurs peuvent être des transformateurs de couplage tels que ceux utilisés dans les circuits de transmission de signaux, ou des transformateurs pour d'autres fonctions, par exemple ceux utilisés pour les blocs convertisseurs.

La construction et les essais de ces transformateurs doivent être conformes à 8.1, sauf qu'ils doivent être testés sous la charge qui produit la dissipation de puissance maximale dans le transformateur sans produire un circuit ouvert des enroulements, afin d'assurer que l'isolation est assignée correctement. Quand faire fonctionner le transformateur sous des conditions de courant alternatif n'est pas réalisable, chaque enroulement doit être soumis à un courant direct de $1,7 I_n$ dans l'essai de type de 8.1.3. Cependant, l'essai individuel conformément à 11.2 doit utiliser une tension réduite entre les enroulements d'entrée et de sortie de $2 U + 1 000 \text{ V eff}$ ou $1 500 \text{ V}$, la valeur la plus élevée étant retenue, U étant la tension assignée la plus haute de chaque enroulement en essai.

Si de tels transformateurs sont connectés aux deux extrémités de circuits de sécurité intrinsèque, alors une tension réduite de 500 V entre l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire doit être appliquée pendant l'essai individuel, comme indiqué en 11.2.

Lorsque de tels transformateurs sont reliés à des circuits de sécurité non intrinsèque alimentés par le réseau, d'autres mesures de protection conformes à 8.1.1 ou un coupe-circuit à fusibles et une diode Zener doivent être mis en place dans la connexion d'alimentation conformément à 8.8 de manière qu'une puissance non définie n'annule pas l'inafiaillibilité des distances dans l'air et des lignes de fuite du transformateur. La tension d'entrée assignée de 8.1.3 doit être celle de la diode Zener.

Si de tels transformateurs sont connectés à des circuits de sécurité intrinsèque et qu'il n'y a pas de coupe-circuit à fusibles, alors chaque enroulement doit être soumis au courant maximal qui peut circuler sous les conditions de défaut spécifiées à l'Article 5.

8.3 Enroulements infaillibles

8.3.1 Enroulements d'amortissement

Les enroulements d'amortissement réalisés par des spires en court-circuit pour réduire les effets d'inductance doivent être considérés comme non sujets à défaut par circuit ouvert si leur construction mécanique est fiable, par exemple les tubes métalliques sans soudure ou les enroulements de fil nu entièrement court-circuités par soudure.

8.3.2 Inductance réalisée par des conducteurs isolés

Les inductances réalisées avec des conducteurs isolés ne sont pas considérées comme défaillantes pour une résistance ou une inductance de valeur inférieure à la résistance et à l'inductance nominales (en prenant en compte les tolérances), si elles sont conformes à ce qui suit:

- le diamètre nominal du conducteur des fils utilisés pour l'enroulement de l'inducteur doit être au moins égal à 0,05 mm;
- le conducteur doit être recouvert avec au moins deux couches d'isolant, ou une seule couche d'isolant solide d'épaisseur supérieure à 0,5 mm entre les conducteurs adjacents, ou être fait avec un fil circulaire émaillé en conformité avec:
 - a) le grade 1 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8, ou la CEI 60317-13.
 - b) le grade 2 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8, ou la CEI 60317-13.

Il n'y a pas de défaillance due aux valeurs limites minimales de tension de claquage listées pour le grade 2 et, lors de l'essai conformément à l'Article 14 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7 ou la CEI 60317-8, il n'y a pas plus de six défauts pour 30 m de fil quelque soit le diamètre, ou

- b) le grade 2 de la CEI 60317-3, la CEI 60317-7, la CEI 60317-8, ou la CEI 60317-13.

Le fabricant doit apporter la preuve de la conformité aux exigences ci-dessus.

NOTE La présente norme n'exige pas que la conformité à la spécification du fabricant relative à l'isolation pour le grade 1 ou le grade 2 soit vérifiée.

- les enroulements, après avoir été formés ou enrubannés, doivent être séchés pour en retirer l'humidité avant imprégnation avec une matière d'imprégnation appropriée, par trempage, par ruissellement ou par imprégnation sous vide. Le revêtement par peinture ou projection n'est pas considéré comme une imprégnation;
- l'imprégnation doit être effectuée conformément aux instructions particulières du constructeur du produit d'imprégnation utilisé de façon à assurer aussi complètement que possible le remplissage des espaces entre conducteurs et obtenir une bonne cohésion entre les conducteurs;
- si les produits d'imprégnation utilisés contiennent des solvants, les procédés d'imprégnation et de séchage doivent être effectués au moins deux fois.

8.4 Résistances de limitation de courant

Les résistances de limitation de courant doivent être de l'un des types suivants:

- a) type à couche;
- b) type bobiné comportant une protection destinée à éviter le déroulement du fil en cas de coupure;
- c) résistances déposées, telles que les résistances utilisées dans les circuits hybrides ou similaires, couvertes par un revêtement conforme à 6.3.8 ou encapsulées conformément à 6.3.4.

Une résistance infaillible de limitation de courant doit être considérée comme se mettant en défaut seulement en circuit ouvert, ce qui doit être considéré comme un défaut pris en compte.

Une résistance de limitation de courant doit être assignée conformément aux exigences de 7.1, pour tenir au moins 1,5 fois la tension maximale et pour dissiper au moins 1,5 fois la puissance maximale qui peut apparaître en fonctionnement normal ou dans des conditions de défaut définies dans l'Article 5. Les défauts entre les spires de fils des résistances bobinées correctement assignées ayant des enroulements revêtus ne doivent pas être pris en compte. Le revêtement de l'enroulement doit être supposé avoir la valeur d'IRC appropriée conformément au Tableau 5 pour les tensions assignées indiquées par le constructeur.

La résistance froide (à la température ambiante minimale) des coupe-circuit à fusible et des filaments des ampoules peut être considérée comme étant une résistance de limitation de courant infaillible si ces composants sont utilisés dans leurs conditions normales de fonctionnement. Le filament d'ampoule est admissible uniquement pour évaluer un composant de limitation de courant pour les lampes portables et les lampes-chapeaux. En l'absence de données, ce peut être pris comme la résistance minimale à la température ambiante minimale spécifiée, mesurée sur 10 échantillons comme requis en 10.4.

NOTE L'ampoule nécessite d'être protégée par un mode de protection autre que la sécurité intrinsèque.

8.5 Condensateurs de blocage

Chacun des deux condensateurs en série d'un ensemble infaillible de condensateurs de blocage doit être considéré comme étant capable de se mettre en défaut par court-circuit ou circuit ouvert. La capacité de l'ensemble doit être prise comme la valeur la plus défavorable de l'un ou l'autre condensateur et un facteur de sécurité de 1,5 doit être utilisé dans toute application de l'ensemble.

Les condensateurs de blocage doivent être d'un type à haute fiabilité à diélectrique solide. Les condensateurs électrolytiques ou au tantale ne doivent pas être utilisés. Les connexions externes de l'ensemble doivent être conformes à 6.3 mais ces exigences de séparation ne doivent pas être appliquées à l'intérieur des condensateurs de blocage.

L'isolation de chaque condensateur doit être conforme aux exigences de tenue diélectrique de 6.3.12 appliquées entre les électrodes et aussi entre chaque électrode et les parties conductrices externes. Quand des condensateurs de blocage sont utilisés entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits de sécurité non intrinsèque, les condensateurs de blocage doivent être évalués comme une capacité de couplage entre ces circuits. L'énergie transmise est calculée en utilisant U_m et la valeur la plus défavorable de chaque condensateur et elle doit être conforme à l'énergie d'inflammation admissible de 10.7. Tous les transitoires possibles doivent être pris en compte et les effets de la fréquence de fonctionnement nominal la plus élevée (telle que donnée par le fabricant) dans cette partie de circuit doivent être considérés.

Lorsqu'un tel ensemble est également conforme à 8.8, il doit être considéré comme réalisant une séparation galvanique infaillible pour le courant continu.

Les condensateurs connectés entre le châssis du matériel et un circuit de sécurité intrinsèque doivent être conformes à 6.3.12. Lorsque leur défaillance court-circuite un composant dont la sécurité intrinsèque dépend, ils doivent aussi être conformes aux exigences applicables aux condensateurs de couplage.

NOTE L'utilisation normale des condensateurs connectés entre le châssis et le circuit est le filtrage des hautes fréquences.

8.6 Montages en shunt de sécurité

8.6.1 Généralités

Un assemblage de composants doit être considéré comme un montage en shunt de sécurité quand il assure la sécurité intrinsèque d'un circuit par utilisation de composants en dérivation.

Lorsque des diodes ou des diodes Zener sont utilisées comme composants en dérivation dans un montage en shunt de sécurité infaillible, elles doivent former au moins deux branches de diodes en parallèle. Dans le niveau de protection «ia» des montages en shunt de sécurité, seule la défaillance d'une diode doit être prise en compte pour l'application de l'Article 5. Les diodes doivent être capables de conduire le courant qui pourrait circuler à leur point d'installation si elles se mettaient en défaut par court-circuit.

NOTE 1 Pour éviter l'inflammation par étincelle lorsqu'une connexion se rompt, un encapsulage en conformité avec 6.3.4 peut être exigé.

NOTE 2 Les composants en dérivation utilisés dans ces montages peuvent conduire en fonctionnement normal.

Lorsque les montages en shunt de sécurité sont soumis à des défauts en puissance définis seulement par une valeur de U_m , les composants qui les constituent doivent être dimensionnés en conformité avec 7.1. Lorsque les composants sont protégés par un coupe-circuit à fusibles, le coupe-circuit à fusibles doit être conforme à 7.3 et les composants doivent être prévus pour conduire un courant permanent de 1,7 I_n du coupe-circuit à fusibles. La capacité des composants en dérivation à résister aux transitoires doit être soit testée selon 10.8 soit évaluée par comparaison de la caractéristique de durée de fusion du coupe-circuit à fusibles en fonction du courant avec les caractéristiques de fonctionnement du dispositif.

Lorsqu'un montage en shunt de sécurité est fabriqué comme matériel individuel plutôt que comme partie d'un matériel plus important, la construction du montage doit être conforme à 9.2.

Lorsqu'on considère l'utilisation d'un montage en shunt de sécurité comme un ensemble infaillible, les règles suivantes doivent être appliquées:

- a) le montage en shunt de sécurité doit être considéré comme défaillant dans des conditions de circuit ouvert;
- b) la tension du montage doit être celle de la branche en dérivation ayant la tension la plus élevée;
- c) la défaillance par court-circuit de l'une ou l'autre branche doit être comptée comme un défaut;
- d) les circuits utilisant des thyristors en dérivation doivent être testés conformément à 10.1.5.3.

8.6.2 Shunts de sécurité

Un montage en shunt de sécurité doit être considéré comme un shunt de sécurité lorsqu'il assure que les paramètres électriques d'un composant ou d'une partie d'un circuit de sécurité intrinsèque défini sont réduits à des valeurs qui n'annulent pas la sécurité intrinsèque.

Les shunts de sécurité doivent être soumis à l'analyse des transitoires exigée lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m conformément à 8.6.1, sauf lorsqu'ils sont utilisés comme suit:

- pour la limitation de la décharge des dispositifs de stockage d'énergie, par exemple des inductances ou dispositifs piézoélectriques;
- pour la limitation de la tension des dispositifs de stockage d'énergie, par exemple des condensateurs.

Un ensemble de diodes connectées en pont et correctement dimensionnées doit être considéré comme un shunt de sécurité infaillible.

8.6.3 Limiteurs shunt de tension

Un montage en shunt de sécurité doit être considéré comme un shunt de limitation de tension lorsqu'il garantit qu'un niveau défini de tension est appliqué à un circuit de sécurité intrinsèque.

Les shunts de limitation de tension doivent être soumis à l'analyse des transitoires exigée lorsqu'ils sont connectés à des sources de puissance définies seulement par U_m conformément à 8.6.1, sauf lorsque le montage est alimenté à partir d'un des circuits suivants:

- un transformateur infaillible conforme à 8.1;
- une barrière de sécurité à diodes conforme à l'Article 9;
- un accumulateur conforme à 7.4;
- un montage en shunt de sécurité infaillible conforme à 8.6.

8.7 Câblage, pistes de circuits imprimés et connexions

Le câblage, les pistes de circuits imprimés y compris les connexions qui constituent une partie du matériel doivent être considérés comme infaillibles vis-à-vis de la défaillance en circuit ouvert dans les cas suivants:

- pour les conducteurs:
 - lorsque deux conducteurs sont en parallèle, ou
 - lorsqu'un conducteur unique a un diamètre d'au moins 0,5 mm et a une longueur libre inférieure à 50 mm ou est maintenu mécaniquement au voisinage de son point de connexion, ou
 - lorsqu'un conducteur unique est du type multibrin ou flexible plat, a une section d'au moins $0,125 \text{ mm}^2$ (0,4 mm de diamètre), n'est pas soumis à des flexions en service et est soit de longueur inférieure à 50 mm soit est maintenu au voisinage de son point de connexion;
- pour les pistes de cartes imprimées:
 - lorsque deux pistes larges de 1 mm au minimum sont en parallèle, ou
 - lorsqu'une piste unique a une largeur supérieure ou égale à 2 mm ou à 1 % de sa longueur, selon la plus grande des deux valeurs.

Dans les deux cas ci-dessus, la piste de circuit imprimé doit être conforme en tout point à ce qui suit:

- lorsque chaque piste est formée d'un revêtement de cuivre ayant une épaisseur nominale d'au moins de 33 μm ; ou
- la capacité de transport de courant d'une piste seule ou d'un ensemble de pistes est testée sur une durée de 1 h avec un courant égal à 1,5 fois le courant continu maximal qui peut passer dans la piste dans des conditions normales et de défaut. Il convient que l'application de cet essai de courant ne provoque pas la défaillance de la piste testée, par un circuit ouvert ou la séparation même ponctuelle de son support;

- 3) quand des pistes appartenant à des couches différentes sont connectées par soit un via unique de circonférence d'au moins 2 mm, soit deux vias parallèles de circonférence d'au moins 1 mm et que ces vias sont raccordés l'un à l'autre conformément) 8.7.b) 1) ou 8.7.b) 2).

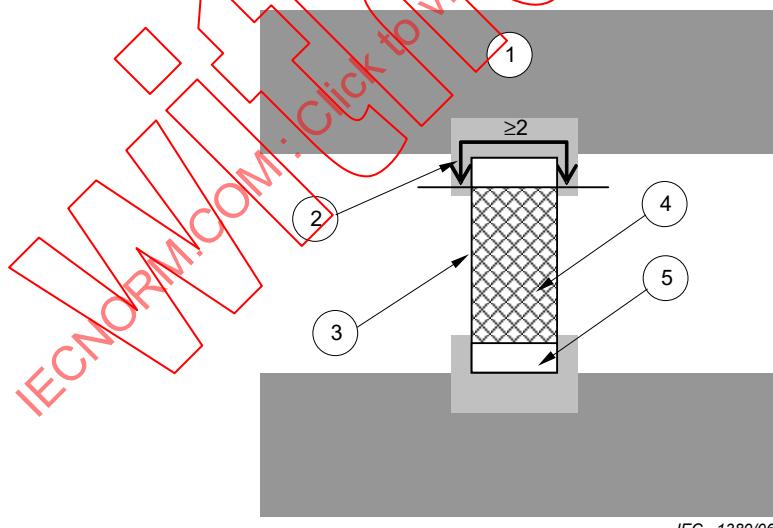
Les vias doivent être conformes à l'un des points suivants:

- avoir un revêtement métallique d'épaisseur de 33 µm au moins; ou
- la capacité de transport de courant d'un via seul est testée sur une durée de 1 h avec un courant égal à 1,5 fois le courant continu maximal qui peut passer dans la piste dans des conditions normales et de défaut. Il convient que l'application de cet essai de courant ne provoque pas la défaillance du via testé, par un circuit ouvert ou la séparation même ponctuelle de son support;

- c) pour les connexions (sauf les fiches, prises et bornes de raccordements):

- 1) lorsqu'il y a deux connexions en parallèle; ou
- 2) lorsqu'il y a une seule connexion soudée où le conducteur passe à travers la carte (y compris à travers un trou métallisé) et est soit recourbé avant soudure soit, s'il n'est pas recourbé, est soudé automatiquement ou a une connexion emboutie ou est brasé ou soudé; ou
- 3) quand il y a un joint de soudure d'un composant monté en surface d'une longueur d'au moins 2 mm (voir Figure 6); ou
- 4) lorsqu'il y a une seule connexion qui est vissée ou verrouillée et conforme à 60079-7; ou
- 5) lorsqu'il y a un connecteur interne dans l'enveloppe et que la connexion comporte au moins trois éléments de connexion indépendants pour le niveau «ia» et au moins deux pour «ib», ces éléments étant connectés en parallèle (voir Figure 5). Lorsque le connecteur peut être séparé en biais, une liaison doit être présente à chaque extrémité ou près de chaque extrémité du connecteur.

NOTE Lorsque le connecteur est complètement déconnecté, il convient que les circuits restent de sécurité intrinsèque.



Légende

- 1 Piste de PCB
- 2 Interface de soudure entre le plot sur la carte et le plot du composant (≥ 2 mm)
- 3 Composant connecté infailliblement
- 4 Plot de soudure du composant
- 5 Plot de soudure du PCB dimensionné selon les spécifications du fabricant du composant

Figure 6 – Connexion soudée infaillible d'un composant monté en surface conformément à 8.7 c) 3)

8.8 Composants présentant une isolation galvanique

8.8.1 Généralités

Un composant isolant infaillible conforme aux exigences ci-après doit être considéré comme n'étant pas capable de se mettre en défaut par court-circuit au travers de la séparation infaillible.

8.8.2 Composant d'isolation entre des circuits de sécurité intrinsèque et des circuits de sécurité non intrinsèque

Les composants d'isolation doivent être conformes à ce qui suit.

- a) Les exigences du Tableau 5, sauf les colonnes 5, 6 et 7 en ce qui concerne l'intérieur des dispositifs scellés, c'est-à-dire les opto-coupleurs, doivent s'appliquer au composant d'isolation. Si le Tableau F.1 est applicable, la colonne 2 ne l'est pas.
- b) Les connexions d'un circuit de sécurité non intrinsèque doivent être fournies avec des protections qui assurent que les caractéristiques assignées des dispositifs conformément à 7.1 (l'exception donnée dans cet article restant applicable) ne sont pas dépassées sans qu'il puisse être montré que les circuits connectés à ces connexions ne peuvent pas invalider la séparation infaillible des dispositifs. Par exemple, l'introduction d'une diode zener de shunt unique protégée par un coupe-circuit à fusible correctement assigné conformément à 7.3, ou un dispositif thermique, doit être considérée comme une protection suffisante. Pour cette disposition, le Tableau 5 ne doit pas être appliqué au coupe-circuit à fusibles et à la diode zener. La puissance assignée de la diode zener doit être au moins de 1,7 I_h fois la tension maximale de la diode zener. Les normes générales de l'industrie pour la construction des coupe-circuit à fusible et de leurs supports doivent être appliquées et leurs méthodes de montage incluant le câblage de connexion ne doivent pas réduire les distances dans l'air, les lignes de fuite et les séparations apportées par le coupe-circuit et son support. Dans certaines applications, les connexions des circuits de sécurité intrinsèque peuvent nécessiter l'application de techniques similaires de protection pour éviter le dépassement de l'assignation des opto-coupleurs.
- c) Les composants doivent être conformes aux exigences de tenue diélectrique conformément à 6.3.12 entre les broches des circuits de sécurité non intrinsèque et celles des circuits de sécurité intrinsèque. La tension d'essai d'isolation donnée par le fabricant pour la séparation infaillible du composant ne doit pas être inférieure à la tension d'essai exigée par 6.3.12.

Les relais de séparation galvanique doivent être conformes à 6.3.13 et tout enroulement doit être capable de dissiper la puissance maximale à laquelle il est connecté.

NOTE La réduction des paramètres électriques de l'enroulement du relais selon 7.1 n'est pas imposée.

8.8.3 Composants d'isolation entre circuits de sécurité intrinsèque

Les composants d'isolation doivent être considérés comme fournissant une séparation infaillible entre des circuits séparés de sécurité intrinsèque si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) l'assignation du dispositif est conforme à 7.1 (l'exception donnée dans cet article restant applicable) sauf s'il peut être montré que les circuits connectés à ces broches ne peuvent pas invalider la séparation infaillible des dispositifs. Des techniques de protection (telles que celles indiquées en 8.8.2) peuvent être nécessaires pour éviter de dépasser l'assignation du photo-coupleur;
- b) le dispositif doit être conforme aux exigences de tenue diélectrique conformément à 6.3.12. La tension d'essai d'isolation donnée par le fabricant pour la séparation infaillible du composant en essai ne doit pas être inférieure à la tension d'essai exigée par 6.3.12.

9 Barrières de sécurité à diodes

9.1 Généralités

Les diodes à l'intérieur d'une barrière de sécurité à diodes limitent la tension appliquée à un circuit de sécurité intrinsèque, et une résistance infaillible de limitation d'intensité placée en aval limite le courant qui peut parcourir le circuit. Ces assemblages sont prévus pour être utilisés comme interfaces entre les circuits de sécurité intrinsèque et les circuits de sécurité non intrinsèque et doivent être soumis aux essais individuels de 11.1.

L'aptitude de la barrière de sécurité à supporter les défauts transitoires doit être testée conformément à 10.8.

Les barrières de sécurité comprenant seulement deux diodes ou deux séries de diodes mises bout à bout et utilisées en niveau de protection «ia» doivent être acceptables comme ensembles infaillibles conformément à 8.6, à condition que les diodes aient été soumises aux essais individuels spécifiés en 11.1.2. Dans ce cas, seule la défaillance d'une diode doit être prise en compte dans l'application de 10.8.

Dans les barrières de sécurité de niveau de protection «ic», l'exigence minimale est une seule diode zener et une résistance de limitation de courant. Elles doivent être correctement assignées en se basant sur U_m .

9.2 Construction

9.2.1 Montage

La construction doit être telle que, lorsque des groupes de barrières sont montés ensemble, tout montage incorrect soit évident, par exemple en ayant une asymétrie de forme ou de couleur en fonction du montage.

9.2.2 Eléments de raccordement à la terre

En plus de tout élément de raccordement du circuit qui peut être mis au potentiel de terre, la barrière doit avoir au moins un élément de raccordement supplémentaire ou doit être munie d'un conducteur isolé ayant une section d'au moins 4 mm^2 pour la connexion supplémentaire de terre.

9.2.3 Protection des composants

L'assemblage doit être protégé contre toute intervention soit par encapsulage conformément à 6.3.4 soit par une enveloppe qui forme un bloc non réparable, afin d'éviter la réparation ou le remplacement d'un composant dont dépend la sécurité. L'assemblage complet doit former une entité unique.

10 Vérification de type et essais de type

10.1 Essai d'inflammation à l'éclateur

10.1.1 Généralités

Tous les circuits nécessitant un essai à l'éclateur doivent être testés pour montrer qu'ils ne sont pas capables de provoquer une inflammation dans les conditions de l'Article 5 pour la catégorie appropriée du matériel.

Les conditions normales et les conditions de défaut doivent être simulées durant les essais. Des facteurs de sécurité doivent être pris en compte comme décrit dans l'Annexe A. L'éclateur doit être inséré, dans le circuit testé, en tout point où l'on estime qu'une interruption, un court-circuit ou un défaut de terre peut se produire. L'éclateur doit fonctionner dans une enceinte remplie avec le mélange le plus inflammable du gaz d'essai avec l'air, dans les limites spécifiées en 10.1.3.

Un circuit peut être dispensé d'un essai de type à l'éclateur si sa structure et ses paramètres électriques sont suffisamment bien définis pour que l'on puisse déduire son caractère de sécurité d'après les courbes de référence, les Figures A.1 à A.6 ou les Tableaux A.1 et A.2, par les méthodes décrites à l'Annexe A.

Lorsque les tensions et les courants sont spécifiés sans tolérance précise, une tolérance de $\pm 1\%$ doit être utilisée.

NOTE 1 Un circuit évalué à l'aide des courbes et des tableaux de référence peut provoquer une inflammation lorsqu'il est testé par l'éclateur. La sensibilité de l'éclateur varie, et les courbes et tableaux sont issus d'un grand nombre d'essais.

NOTE 2 Des fils de tungstène courbés et éraillés de l'éclateur peuvent accroître cette sensibilité. Cela peut conduire à des résultats d'essai non valables.

10.1.2 Eclateur d'essai

L'éclateur d'essai doit être celui qui est décrit à l'Annexe B, sauf lorsque l'Annexe B indique qu'il n'est pas adapté. Dans ces circonstances, un autre appareil d'essai de sensibilité équivalente doit être utilisé et la justification de son emploi doit être incluse dans le compte rendu.

Pour les niveaux de protection «ia» et «ib», l'emploi de l'éclateur pour produire des courts-circuits, des interruptions et des défauts à la terre doit être un essai de fonctionnement normal et est un défaut non pris en compte

- aux dispositifs de raccordement,
- aux connexions internes ou aux bornes de lignes de fuites internes, distances dans l'air, distances au travers d'un moulage ou d'un isolant solide, non conformes à 6.1.1 ou 6.1.2.

L'éclateur ne doit pas être utilisé

- aux bornes des séparations infaillibles ou en série avec des connexions infaillibles,
- aux bornes des lignes de fuite, distances dans l'air, distances au travers du moulage et distances au travers d'une isolation solide conformes au Tableau 5 ou à l'Annexe F,
- dans les matériaux associés autres que les bornes de raccordement de sécurité intrinsèque du circuit,
- entre les bornes de raccordement de circuits séparés conformes à 6.2.1, à part les exceptions décrites en 7.6i).

Pour le niveau de protection «ic», l'essai d'inflammation à l'éclateur doit être considéré pour les situations suivantes:

- à travers les séparations de valeur inférieure à celles spécifiées au Tableau 5 ou dans l'Annexe F;
- à la place des contacts normalement à étincelle, telles que les fiches, les prises, les commutateurs, les boutons poussoirs, les potentiomètres;
- à la place des composants qui ne sont pas correctement assignés sous des conditions normales de fonctionnement.

10.1.3 Mélanges de gaz d'essai et courant d'étalonnage de l'éclateur

10.1.3.1 Mélange d'essai explosif approprié aux essais avec un facteur de sécurité de 1,0 et courant d'étalonnage de l'éclateur

Les mélanges d'essais explosifs donnés dans le Tableau 7 doivent être utilisés selon le groupe spécifié pour le matériel en essai. Les mélanges explosifs spécifiés dans ce paragraphe ne comportent pas de facteur de sécurité. Si un facteur de sécurité de 1,5 est exigé, les valeurs électriques du circuit doivent être augmentées conformément à 10.1.4.2 a).

La sensibilité de l'éclateur doit être vérifiée avant chaque série d'essais conformément à 10.1.5. A cette fin, l'éclateur doit fonctionner dans un circuit sous 24 V d.c. comportant une bobine à entrefer air de $95 (\pm 5)$ mH. Le courant dans ce circuit doit être établi à la valeur donnée dans le Tableau 7 pour le groupe approprié. La sensibilité doit être considérée comme satisfaisante si une inflammation du mélange explosif d'essai apparaît dans les 440 tours du support de fil, avec le support de fil polarisé positivement.

Tableau 7 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un facteur de sécurité de 1,0

Groupe	Compositions des mélanges explosifs d'essai Vol. % dans l'air	Courant dans le circuit d'étalonnage mA
I	$(8,3 \pm 0,3)$ % méthane	110 – 111
IIA	$(5,25 \pm 0,25)$ % propane	100 – 101
IIB	$(7,8 \pm 0,5)$ % éthylène	65 – 66
IIC	(21 ± 2) % hydrogène	30 – 30,5

Dans des cas spéciaux, le matériel qui doit être testé et qui est marqué pour être utilisé dans un gaz ou une vapeur particuliers doit être testé en présence du mélange le plus facilement inflammable de ce gaz ou de cette vapeur dans l'air.

NOTE La pureté des gaz et vapeurs commercialement disponibles est en général suffisante pour ces essais, mais il convient de ne pas utiliser ceux dont la pureté est inférieure à 95 %. Les effets des variations normales de la température du laboratoire et de la pression atmosphérique, ainsi que ceux de l'humidité de l'air dans le mélange explosif gazeux paraissent négligeables. Tout effet notable de ces variations se manifestera au cours des étalonnages de routine de l'éclateur.

10.1.3.2 Mélange d'essai explosif approprié aux essais avec un facteur de sécurité de 1,5 et courant d'étalonnage de l'éclateur

Les mélanges d'essai préférés sont ceux spécifiés en 10.1.3.1 avec un facteur de sécurité appliquée par l'accroissement de la tension ou du courant, comme applicable. Quand ce n'est pas réalisable et qu'un mélange d'essai plus sévère est utilisé pour atteindre un facteur de sécurité, un facteur de sécurité de 1,5 est considéré comme ayant été appliqué pour l'objet de cette norme quand la composition est comme donnée au Tableau 8.

Tableau 8 – Compositions des mélanges explosifs d'essai pour un facteur de sécurité de 1,5

Groupe	Compositions des mélanges explosifs d'essai Volume %					Courant dans le circuit d'étalonnage mA	
	Mélange oxygène-hydrogène-air			Mélange oxygène-hydrogène			
	Hydrogène	Air	Oxygène	Hydrogène	Oxygène		
I	$52 \pm 0,5$	$48 \pm 0,5$	–	$85 \pm 0,5$	$15 \pm 0,5$	73 – 74	
IIA	$48 \pm 0,5$	$52 \pm 0,5$	–	$81 \pm 0,5$	$19 \pm 0,5$	66 – 67	
IIB	$38 \pm 0,5$	$62 \pm 0,5$	–	$75 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$	43 – 44	
IIC	$30 \pm 0,5$	$53 \pm 0,5$	$17 \pm 0,5$	$60 \pm 0,5$	$40 \pm 0,5$	20 – 21	

10.1.4 Essai à l'éclateur

10.1.4.1 Circuit d'essai

On choisit, pour le circuit d'essai, les paramètres les plus susceptibles de provoquer l'inflammation, en prenant en compte les tolérances conformément à l'Article 7 et une variation de 10 % de la tension d'alimentation du secteur.

L'éclateur doit être inséré, dans le circuit testé, en tout point où l'on estime qu'une interruption ou une interconnexion peut se produire. Les essais doivent être effectués lorsque le circuit fonctionne normalement et également en présence d'un ou deux défauts, conformément au niveau de protection du matériel électrique défini à l'Article 5, et avec les valeurs maximales de capacité (C_o) et d'inductance (L_o) externes, ou du rapport inductance sur résistance (L_o/R_o) pour lesquelles le matériel est prévu.

Chaque circuit doit être testé pour le nombre de tours indiqué ci-après, avec une tolérance de $^{+10}_0$ % du support de fils de l'éclateur:

- a) pour les circuits à courant continu, 400 tours (5 min), soit 200 tours pour chaque polarité;
- b) pour les circuits alternatifs, 1 000 tours (12,5 min);
- c) pour les circuits capacitifs, 400 tours (5 min), soit 200 tours pour chaque polarité. Des précautions doivent être prises pour s'assurer que la capacité dispose d'un temps de recharge suffisant (au moins trois fois la constante de temps). La durée normale de recharge est environ de 20 ms et, lorsque celle-ci est inadéquate, elle doit être augmentée en enlevant un ou plusieurs fils ou en ralentissant la vitesse de rotation de l'éclateur. Lorsque des fils sont enlevés, le nombre de tours doit être augmenté de manière à maintenir le même nombre d'étincelles.

Après chaque essai selon a), b), ou c), l'étalonnage de l'éclateur doit être repris. Si l'étalonnage ne satisfait pas aux exigences de 10.1.3, l'essai à l'éclateur du circuit en évaluation doit être considéré comme nul.

10.1.4.2 Coefficients de sécurité

NOTE Le but de l'application d'un coefficient de sécurité est d'assurer, soit qu'un essai de type ou une évaluation sont effectués avec un circuit qui est indiscutablement plus susceptible de provoquer l'inflammation que l'original, soit que le circuit d'origine est testé dans un mélange gazeux plus facilement inflammable. En général, il n'est pas possible d'obtenir une équivalence exacte entre les différentes méthodes d'obtention d'un coefficient de sécurité défini, mais les méthodes suivantes fournissent des choix acceptables.

Quand le coefficient de sécurité de 1,5 est exigé, il doit être obtenu par l'une des deux méthodes suivantes:

- a) augmentation de la tension du réseau (système d'alimentation électrique) jusqu'à 110 % de sa valeur nominale pour tenir compte des variations du secteur, ou réglage des autres tensions, par exemple accumulateurs, alimentations de puissance et dispositifs de limitation de tension à la valeur maximale conformément à l'Article 7, puis:
 - 1) pour les circuits inductifs et résistifs, augmentation du courant à 1,5 fois le courant de défaut en diminuant la valeur de la résistance de limitation. Si le facteur de 1,5 ne peut être atteint, augmenter la tension;
 - 2) pour les circuits capacitifs, augmentation de la tension pour obtenir 1,5 fois la tension de défaut. En variante, lorsqu'une résistance de limitation de courant infaillible est utilisée avec un condensateur, le condensateur est considéré comme un accumulateur et le circuit comme résistif.

Lorsqu'on utilise les courbes des Figures A.1 à A.6 ou les Tableaux A.1 et A.2 pour l'évaluation, la même méthode doit être utilisée.

- b) utiliser le mélange explosif d'essai le plus facilement enflammé, conformément au Tableau 8.

Quand un facteur de sécurité de 1,0 est exigé, le mélange d'essai du Tableau 7 doit être utilisé.

10.1.5 Remarques sur les essais

10.1.5.1 Généralités

Les essais d'inflammation par étincelles doivent être effectués avec un circuit modifié pour donner les conditions les plus inflammables. Pour les circuits simples du type pour lequel les courbes des Figures A.1 à A.6 s'appliquent, un essai de court-circuit est l'essai le plus sévère. Pour les circuits plus complexes, les conditions varient et un essai en court-circuit peut ne pas être la condition la plus sévère. Par exemple, pour les sources d'alimentation à tension constante limitées en courant, la condition la plus sévère se produit normalement lorsqu'une résistance est placée en série à la sortie de la source d'alimentation et limite le courant au maximum qui peut être débité sans réduction en tension.

NOTE Les alimentations non linéaires nécessitent des considérations spéciales.

10.1.5.2 Circuits comportant à la fois inductance et condensateur

Lorsqu'un circuit contient de l'énergie emmagasinée simultanément dans une inductance et un condensateur, il peut être difficile d'évaluer un tel circuit à partir des courbes des Figures A.1 à A.6, par exemple lorsque l'énergie emmagasinée dans un condensateur peut renforcer la source de puissance alimentant une inductance. Lorsque l'inductance totale, ou la résistance évaluée par rapport aux exigences de l'Article 5, est inférieure à 1 % de la valeur admissible quand on utilise les courbes d'inflammation ou les tableaux donnés en Annexe A, alors la capacité ou l'inductance maximales admissibles peuvent être établies comme étant celles admissibles par les courbes et tableaux.

La conformité du circuit doit être évaluée avec l'une des méthodes suivantes:

- essai avec l'ensemble de la capacité et de l'inductance, ou
- quand des circuits linéaires (limitation en courant résistif) sont considérés
 - pour une inductance et une capacité distribuées, par exemple comme dans un câble, autoriser les valeurs de L et C déterminées par les courbes d'inflammation et les tableaux donnés dans l'Annexe A;
 - pour les circuits contenant jusqu'à 1% d'inductance et jusqu'à 1% de capacité déterminées par rapport aux exigences de l'Article 5, en combinaison avec un câble, autoriser les valeurs de L et C, déterminées par les courbes d'inflammation et les tableaux donnés dans l'Annexe A;
 - pour la connexion de l'inductance et de la capacité combinées où les deux sont supérieures à la limite admissible de 1 % (câble exclus), autoriser jusqu'à 50 % chacune des valeurs de L et de C, déterminées par les courbes d'inflammation et les tableaux donnés dans l'Annexe A, quand ils sont lus avec un facteur de sécurité de 1,5 sur la tension ou le courant, comme applicable.

10.1.5.3 Circuits utilisant la protection par shunt de court-circuit (éclateur à décharge)

Une fois la tension de sortie stabilisée, le circuit doit être incapable de provoquer l'inflammation pour le niveau de protection approprié du matériel dans les conditions de l'Article 5. De plus, quand le niveau de protection est lié au fonctionnement de l'éclateur à décharge provoqué par d'autres défauts du circuit, l'énergie coupée limitée de l'éclateur à décharge pendant le fonctionnement ne doit pas excéder la valeur suivante pour le groupe de matériel:

- pour le matériel du Groupe IIC 20 µJ
- pour le matériel du Groupe IIB 80 µJ
- pour le matériel du Groupe IIA 160 µJ
- Matériel du Groupe I 260 µJ

Les essais d'inflammation avec l'éclateur n'étant pas adaptés au cas des essais d'énergie de passage de l'éclateur à décharge, cette énergie de passage doit être évaluée, par exemple à partir de mesures à l'oscilloscope.

NOTE Une méthode pour effectuer cet essai est donnée dans l'Annexe E.

10.1.5.4 Résultats des essais à l'éclateur

Aucune inflammation ne doit se produire dans toute la série d'essais pour tous les points d'essai choisis.

10.2 Essais en température

Toutes les données relatives à la température doivent être rapportées à une température ambiante de référence de 40 °C ou à la température ambiante maximale marquée sur le matériel. Les essais ayant une température ambiante de référence doivent être exécutés à toute température ambiante comprise entre 20 °C et la température ambiante de référence. La différence entre la température ambiante à laquelle l'essai a été effectué et la température de référence doit alors être ajoutée à la température mesurée, à moins que les caractéristiques en température du composant soient non linéaires, comme c'est le cas pour les accumulateurs. Si l'échauffement est mesuré à la température ambiante de référence, cette valeur doit être utilisée pour déterminer le classement en température.

La température doit être mesurée par tout moyen convenable. L'élément de mesure ne doit pas provoquer un abaissement substantiel de la température mesurée.

Une méthode acceptable pour déterminer la montée en température d'un enroulement est la suivante:

- mesure de la résistance de l'enroulement avec l'enroulement à la température ambiante enregistrée;
- application du ou des courants d'essai et mesure de la résistance maximale de l'enroulement, et enregistrement de la température ambiante au moment de la mesure;
- calcul de l'échauffement à partir de l'équation suivante:

$$t = \frac{R}{r} (k + t_1) - (k + t_2)$$

où

t est l'échauffement, en kelvins;

r est la résistance de l'enroulement à la température ambiante t_1 , en ohms;

R est la résistance maximale de l'enroulement soumis aux conditions d'essai en courant, en ohms;

t_1 est la température ambiante, en degrés Celsius, lorsque r est mesurée;

t_2 est la température, en degrés Celsius, lorsque R est mesurée;

k est l'inverse du coefficient de température de la résistance de l'enroulement à 0 °C et a la valeur de 234,5 K pour le cuivre.

10.3 Essais de tenue diélectrique

Les essais diélectriques doivent être en conformité avec les normes CEI appropriées.

Lorsqu'une telle norme n'existe pas, la méthode d'essai suivante doit être employée. L'essai doit être effectué soit sous une tension alternative sensiblement sinusoïdale et de fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz soit sous une tension continue ne présentant pas plus de 3 % d'ondulation crête à crête, à un niveau de 1,4 fois la tension alternative exigée.

La source doit avoir une puissance suffisante pour maintenir la tension en tenant compte de tout courant de fuite pouvant se produire.

La tension doit être augmentée régulièrement jusqu'à la valeur spécifiée en un temps d'au moins 10 s et ensuite maintenue pendant au moins 60 s.

La tension appliquée doit rester constante pendant l'essai. Le courant circulant pendant l'essai ne doit excéder 5 mA eff à aucun moment.

10.4 Détermination des paramètres de composants mal définis

Dix échantillons neufs du composant doivent être obtenus auprès d'un ou de plusieurs fournisseurs et leurs caractéristiques mesurées. Les essais doivent être normalement effectués à la température ambiante maximale assignée ou rapportés à cette température, par exemple 40 °C, mais, si nécessaire, les composants sensibles à la température tels que les piles/accumulateurs au cadmium-nickel doivent être testés à des températures plus basses pour obtenir les conditions les plus sévères.

Les valeurs les plus sévères des paramètres, ne provenant pas nécessairement du même échantillon, obtenues à partir des essais sur les 10 échantillons, doivent être considérées comme représentatives du composant.

10.5 Essais des piles et accumulateurs

10.5.1 Généralités

Les piles ou accumulateurs rechargeables doivent être complètement chargés et ensuite être déchargés au moins deux fois avant d'effectuer tout essai. A la seconde décharge, ou la suivante si nécessaire, on doit s'assurer que la capacité de la pile ou de l'accumulateur est conforme à ses caractéristiques de fabrication afin que les essais puissent être effectués sur une pile ou un accumulateur complètement chargé selon ses caractéristiques de fabrication.

Lorsqu'un court-circuit est exigé pour les besoins d'un essai, la résistance de la liaison de court-circuit, en excluant les connexions, ne doit pas excéder 3 mΩ ou doit avoir une chute de tension à ses bornes ne dépassant pas 200 mV ou 15 % de la f.e.m. de l'élément. Le court-circuit doit être appliqué aussi près que possible des bornes de la pile ou de l'accumulateur.

10.5.2 Essai de fuite d'électrolyte des piles ou accumulateurs

Dix échantillons d'épreuve doivent être soumis au plus sévère des cas suivants:

- court-circuit jusqu'à la décharge;
- application des courants d'entrée ou de charge selon les recommandations du fabricant;
- charge d'un accumulateur selon les recommandations du fabricant avec un élément complètement déchargé ou endommagé par une inversion de polarité.

Les conditions ci-dessus doivent inclure toute inversion de charge due aux conditions produites par l'application de 5.2 et 5.3. Elles ne doivent pas inclure l'emploi d'un circuit de charge externe qui dépasse les caractéristiques de charge recommandées par le fabricant de l'élément ou de l'accumulateur.

L'échantillon d'essai doit être placé avec toute discontinuité d'enveloppe, par exemple scellement, face vers le bas dans une orientation spécifiée par le fabricant du dispositif, sur un morceau de papier buvard pour une durée minimale de 12 h après la réalisation de l'essai ci-dessus. Il ne doit y avoir aucune trace visible d'électrolyte sur le buvard ni sur les surfaces externes des échantillons d'essai. Lorsqu'un composé de moulage a été appliqué de manière à obtenir la conformité à 7.4.9, l'examen de l'élément à la fin de l'essai ne doit pas montrer de dommage qui pourrait annuler la conformité à 7.4.9.

10.5.3 Inflammation par étincelle et température de surface des piles et accumulateurs

Lorsqu'un accumulateur comprend un nombre d'éléments distincts ou d'accumulateurs plus petits associés en une construction bien définie respectant la séparation et les autres exigences de la présente norme, chaque élément distinct doit être considéré comme un composant individuel pour les besoins de l'essai. Sauf pour les constructions spéciales d'accumulateur, où il peut être démontré que des courts-circuits entre éléments ne peuvent pas se produire, la défaillance de chaque élément doit être considérée comme un défaut unique. Dans des conditions moins bien définies, on doit considérer que l'accumulateur a un défaut de court-circuit entre ses bornes de sortie externes.

Les piles et accumulateurs conformes à 7.4.9 doivent être testés ou évalués comme suit.

- a) L'évaluation ou l'essai par étincelle doit être effectué sur les bornes externes de la pile ou de l'accumulateur, sauf dans le cas où un dispositif de limitation de courant est incorporé et où la jonction de ce dispositif et de la pile ou de l'accumulateur satisfait aux règles de 6.6. L'essai ou l'évaluation doit alors inclure le dispositif de limitation de courant.

Quand le matériel contient des piles qui ne sont pas changées dans l'atmosphère explosive gazeuse, la décharge d'étincelle d'inflammation sur les broches d'une pile unique ne nécessite pas d'être testée, pourvu que:

- la pile seule délivre une tension crête de circuit ouvert inférieure à 4,5 V, et
- le produit de la tension maximale et du courant transitoire aux broches de la pile ne dépasse pas 33 W.

NOTE 1 Cette relaxation consistant à ne pas exiger d'éprouver la décharge d'étincelle aux broches d'une pile isolée est basée sur le fait qu'à 4,5 V, la tension est trop basse pour créer un arc en l'absence d'une inductance, et les courbes d'inflammation résistive de l'Annexe A permettent jusqu'à 33 W pour le produit de la tension par le courant, avec un facteur de sécurité de 1,5 y compris pour groupe IIC.

Lorsque la résistance interne d'une pile ou d'un accumulateur doit être incluse dans l'évaluation de la sécurité intrinsèque, sa valeur de résistance minimale doit être spécifiée. Lorsque le fabricant de la pile ou de l'accumulateur n'est pas en mesure de confirmer la valeur minimale de la résistance interne, la station d'essai doit utiliser la valeur d'essai la plus sévère du courant de court-circuit obtenue à partir de l'essai de 10 échantillons de la pile ou de l'accumulateur, en prenant la tension à vide en circuit ouvert conformément à 7.4.3 pour déterminer la résistance interne.

- b) La température maximale de surface doit être déterminée comme suit. Tous les dispositifs de limitation de courant extérieurs à la pile ou à l'accumulateur doivent être court-circuités pour l'essai. Tout fourreau externe (de papier ou métallique, etc.) ne faisant pas partie de l'enveloppe même de l'élément doit être enlevé pour l'essai. La température doit être déterminée sur l'enveloppe externe de chaque pile ou accumulateur, et on doit retenir la valeur maximale. L'essai est effectué avec les dispositifs internes de limitation d'intensité en circuit puis en court-circuit, en utilisant 10 éléments dans chaque cas. Les 10 échantillons ayant les dispositifs internes de limitation de courant court-circuités doivent être fournis par le fabricant de la pile ou de l'accumulateur avec toutes les instructions ou précautions nécessaires pour une utilisation et une mise en essai sûres des échantillons.

NOTE 2 Lorsqu'on détermine la température de surface de la plupart des accumulateurs, l'effet de dispositifs de protection incorporés tels que des coupe-circuit à fusibles ou des résistances PTC n'est pas pris en compte parce qu'il s'agit d'une évaluation d'un défaut interne possible, par exemple la défaillance d'une séparation.

NOTE 3 Lors de la détermination de la température de surface maximale d'un accumulateur comprenant plus d'un élément, et si les éléments sont correctement séparés les uns des autres, il faut qu'un seul élément à la fois soit court-circuité pour déterminer cette température de surface maximale. (Cela est basé sur la probabilité infime que plus d'un élément puisse être court-circuité simultanément.)

10.5.4 Essai de pression du conteneur d'accumulateur

Un échantillon de cinq conteneurs d'accumulateur doit être soumis à l'essai de pression pour déterminer l'évacuation de pression. La pression doit être appliquée à l'intérieur du conteneur. La pression est augmentée graduellement jusqu'à ce que l'évacuation commence. La pression maximale déclenchant l'évacuation doit être enregistrée et ne doit pas excéder 30 kPa.

La pression maximale d'évacuation enregistrée doit être appliquée à un exemplaire de conteneur d'accumulateur pour une durée de 60 s. Il ne doit pas y avoir de chute de pression. Après l'essai, l'exemplaire doit être soumis à une inspection visuelle. Aucun dommage ou déformation permanente ne doit être visible.

Si le conteneur de l'accumulateur comporte des espacements basés sur le Tableau 5, alors il n'est pas nécessaire d'effectuer l'essai de pression sur un échantillon qui a subi l'essai d'endurance thermique de la CEI 60079-0. Si le conteneur de l'accumulateur comporte des espacements basés sur l'Annexe F, alors l'essai de pression doit être effectué sur un échantillon qui a subi l'essai d'endurance thermique de la CEI 60079-0 et, de plus, si le matériel est portable, l'essai de chute de la CEI 60079-0.

10.6 Essais mécaniques

10.6.1 Composé de moulage

Une force de 30 N doit être appliquée perpendiculairement à la surface exposée du composé de moulage pendant 10 s à partir de l'extrémité plate d'une tige ronde de 6 mm de diamètre. Aucun dommage ni aucune déformation permanente de l'encapsulage ni déplacement supérieur à 1 mm ne doit se produire.

Lorsqu'une surface libre du composé de moulage se présente, et afin de s'assurer que le composé est rigide mais non friable, un des essais de choc suivants doit être effectué sur la surface du composé de moulage à $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ en utilisant l'appareillage d'essai décrit à l'Annexe C de la CEI 60079-0:

- pour les applications du Groupe I, lorsque le composé de moulage forme une partie de l'enveloppe externe et est utilisé pour exclure une atmosphère potentiellement explosive, une énergie d'impact minimale de 20 J doit être utilisée;
- pour toutes les autres applications, une énergie d'impact minimale de 2 J doit être utilisée.

Le composé de moulage doit rester intact et aucune déformation permanente ne doit se produire. De faibles craquelures en surface ne doivent pas être prises en compte.

10.6.2 Scellement de composants avant encapsulage

Quand des composants nécessitent d'être encapsulés et que l'encapsulage peut pénétrer à l'intérieur du composant et affecter la sécurité, l'essai suivant doit être réalisé sur cinq échantillons de chaque composant avant réalisation de l'encapsulage.

Quand les échantillons d'essai ont une température initiale de $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, ils doivent être plongés rapidement dans de l'eau à une température de $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ et à une profondeur d'au moins 25 mm et pendant 1 min. Les dispositifs sont considérés comme étant satisfaisants si aucune bulle n'émerge des échantillons pendant l'essai.

10.6.3 Cloisons

Les cloisons doivent pouvoir supporter une force minimale de 30 N appliquée à partir d'une tige rigide de 6 mm de diamètre. La force doit être appliquée approximativement au centre de la cloison pendant au moins 10 s. Il ne doit pas se produire de déformations de la cloison pouvant altérer sa fonction.

10.7 Essais des matériaux comportant des dispositifs piézoélectriques

La capacité du dispositif doit être mesurée, et aussi la tension qui apparaît lorsqu'une partie du matériel accessible en service est soumise à l'essai de choc conformément à la colonne «élevé» du Tableau 8 de la CEI 60079-0 effectué à $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$, en utilisant l'appareillage d'essai de l'Annexe C de la CEI 60079-0. Pour la valeur de tension, le résultat le plus élevé des deux essais sur le même échantillon doit être pris en compte.

Lorsque le matériel comportant le dispositif piézoélectrique inclut une protection contre un contact physique direct, l'essai de choc doit être effectué sur la protection, la protection et le matériel étant montés comme prévu par le constructeur.

L'énergie maximale emmagasinée par la capacité du cristal à la tension maximale mesurée ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

- pour le matériel du Groupe I 1 500 μ J
- pour le matériel du Groupe IIA 950 μ J
- pour le matériel du Groupe IIB 250 μ J
- pour le matériel du Groupe IIC 50 μ J

Lorsque la sortie électrique du dispositif piézoélectrique est limitée par des composants de protection, ces composants ne doivent pas être détériorés par le choc d'une manière telle que le mode de protection soit annulé.

Lorsqu'il est nécessaire de protéger le matériel contre des chocs physiques externes afin d'empêcher que l'énergie de choc dépasse les valeurs spécifiées, des dispositions précises doivent être données comme conditions spéciales pour une utilisation sûre et le matériel doit être marqué du signe X comme exigé au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

10.8 Essais de type des barrières de sécurité à diodes et des shunts de sécurité

Les essais suivants sont utilisés pour démontrer que la barrière de sécurité ou le shunt de sécurité peut supporter les effets des transitoires.

Les résistances infaillibles doivent être considérées comme étant capables de supporter tout transitoire en provenance de l'alimentation spécifiée.

On doit démontrer que les diodes sont capables de supporter la valeur crête U_m divisée par la valeur de la résistance (à la température ambiante minimale) du coupe-circuit à fusibles et de toute résistance infaillible en série avec le coupe-circuit à fusible, soit à partir des spécifications données par le constructeur de la diode, soit par l'essai suivant.

Soumettre chaque type de diode dans la direction d'utilisation (pour les diodes zener, la direction zener) à cinq impulsions rectangulaires, chacune d'une durée de 50 μ s, répétées à 20 ms d'intervalle, avec une amplitude d'impulsion égale à la valeur crête de U_m divisée par la valeur de résistance froide du coupe-circuit à fusible à température ambiante minimale (plus toute résistance série infaillible qui est dans le circuit). Lorsque la caractéristique donnée par le fabricant indique un temps de pré-arc plus grand que 50 μ s pour ce courant, la largeur de l'impulsion sera modifiée pour représenter le temps de pré-arc réel. Lorsque le temps de pré-arc ne peut pas être obtenu dans les caractéristiques disponibles auprès du constructeur, 10 coupe-circuit à fusibles doivent être soumis au courant calculé et leur temps de pré-arc mesuré. Cette valeur, si elle est supérieure à 50 μ s, doit être utilisée.

La tension de la diode doit être mesurée pour le même courant avant et après cet essai. Le courant d'essai est celui spécifié par le fabricant du composant. Les tensions mesurées ne doivent pas être différentes de plus de 5 % (la valeur de 5 % inclut les incertitudes de l'appareil d'essai). La plus haute élévation de tension observée pendant l'essai sera utilisée comme la valeur crête de la série d'impulsions à appliquer comme ci-dessus à tout dispositif de limitation de courant à semi-conducteur. Après l'essai, la conformité de ces dispositifs à la spécification du constructeur du composant doit être revérifiée.

A partir d'une gamme générique fabriquée par un fabricant particulier, il est seulement nécessaire d'essayer un échantillon représentatif d'une tension particulière pour prouver l'acceptabilité de la gamme générique.

10.9 Essai de traction du câble

L'essai doit être effectuée de la manière suivante:

- appliquer une force de traction d'une valeur minimale de 30 N sur le câble dans la direction de l'axe de pénétration du câble dans le matériel pendant au moins 1 h;
- bien que le déplacement de la gaine du câble soit admissible, aucun déplacement visible des extrémités du câble ne doit être observé;
- cet essai ne doit pas être appliqué aux conducteurs individuels qui sont connectés en permanence et ne font pas partie d'un câble.

10.10 Essais des transformateurs

L'isolation électrique de sécurité satisfait aux exigences si le transformateur supporte l'essai individuel, l'essai de type décrit ci-dessous et ensuite supporte une tension d'essai (voir 10.3) de $2 U + 1\ 000$ V ou de 1 500 V, la plus grande des deux valeurs étant retenue, entre un quelconque des enroulements utilisés pour l'alimentation des circuits de sécurité intrinsèque et tous les autres enroulements, U étant la tension assignée la plus élevée de tout enroulement en essai.

La tension d'entrée est établie à la valeur de tension assignée au transformateur. Le courant d'entrée doit être établi jusqu'à $1,7 I_n \pm 10\%$ du coupe-circuit à fusible ou au courant continu maximal que le coupe-circuit transportera sans fonctionner par accroissement de la charge des enroulements secondaires. Quand l'accroissement de la charge est limité par l'atteinte d'un court-circuit de tous les enroulements secondaires, l'essai doit fonctionner en utilisant la tension d'entrée assignée et le courant d'entrée maximal atteint dans ces conditions.

L'essai doit se poursuivre pendant 6 h au moins ou jusqu'au déclenchement du fusible thermique non réarmable. Lorsqu'un fusible thermique à réenclenchement automatique est utilisé, la durée d'essai doit être prolongée jusqu'à 12 h au moins.

Pour les transformateurs de type 1 et de type 2a), la température des enroulements du transformateur ne doit pas dépasser la valeur admissible par la classe de température définie dans la CEI 60085. La température des enroulements doit être mesurée conformément à 10.2.

Pour les transformateurs de type 2b) où l'isolation vis-à-vis de la terre des enroulements utilisés dans les circuits de sécurité intrinsèque est exigée, l'exigence ci-dessus s'applique. Cependant lorsque l'isolation vis-à-vis de la terre n'est pas exigée, le transformateur doit être accepté sous réserve qu'il ne prenne pas feu.

11 Vérifications et essais individuels

11.1 Essais individuels pour les barrières de sécurité à diode

11.1.1 Barrières terminées

Un essai individuel de chaque barrière terminée doit être effectué pour vérifier le fonctionnement correct de chaque composant de la barrière et la résistance de tout coupe-circuit à fusibles. L'emploi de liaisons amovibles pour permettre cet essai est admissible, à condition que la sécurité intrinsèque soit maintenue lorsque la liaison est retirée.

11.1.2 Diodes des barrières «ia» à deux diodes

La tension aux bornes des diodes doit être mesurée comme cela est spécifié par leur constructeur à la température ambiante avant et après les essais suivants:

- somettre chaque diode à une température de 150 °C pendant 2 h;
- somettre chaque diode à l'essai en impulsions de courant selon 10.8.

11.2 Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles

Pendant les essais individuels, les tensions appliquées aux transformateurs de réseau doivent être conformes aux valeurs indiquées au Tableau 9, où U_n est la plus haute tension assignée de tout enroulement en essai. La tension d'essai doit être appliquée pour une durée de 60 s.

Autrement, l'essai peut être réalisé à 1,2 fois la tension d'essai, mais avec une durée réduite d'au moins 1 s.

La tension appliquée doit rester constante pendant l'essai. Le courant circulant pendant l'essai ne doit pas croître au-dessus de ce qui est prévu dans la conception du circuit et il ne doit excéder 5 mA eff à aucun moment.

Pendant ces essais, il ne doit se produire aucune rupture d'isolation entre les enroulements ou entre chaque enroulement et le noyau ou l'écran.

Tableau 9 – Essais diélectriques individuels des transformateurs infaillibles

Point d'application	Valeur efficace de la tension d'essai		
	Transformateurs de réseau	Transformateurs non de réseau	Transformateurs dont les enroulements primaires et secondaires sont de sécurité intrinsèque
Entre enroulements d'entrée et de sortie	4 U ou 2 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	2 U + 1 000 V ou 1 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre tous les enroulements et le noyau ou l'écran	2 U_n ou 1 000 V, selon la plus grande des deux valeurs	2 U ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre chaque enroulement qui alimente un circuit de sécurité intrinsèque et un autre enroulement de sortie	2 U + 1 000 V ou 1 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	2 U ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V
Entre chaque enroulement de circuit de sécurité intrinsèque	2 U ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	2 U ou 500 V, selon la plus grande des deux valeurs	500 V

12 Marquage

12.1 Généralités

Le matériel de sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent porter au minimum le marquage spécifié dans la CEI 60079-0. Le texte des marquages d'avertissement, si applicable, doit être issu de 29.8 de la CEI 60079-0.

Le matériel conforme aux exigences de 5.4 doit être marqué avec le symbole «ic». Quand il est nécessaire d'inclure le marquage d'une ou plusieurs méthodes de protection listées dans la CEI 60079-0, le symbole «ic» doit être placé en premier.

NOTE 1 Dans le cas du matériel électrique associé, il faut que les symboles Ex ia, Ex ib ou Ex ic (ou ia, ib ou ic, si Ex est déjà marqué) soient placés entre crochets.

Il est recommandé que tous les paramètres utiles soient marqués, par exemple U_m , L_i , C_i , L_o , C_o , dans la mesure du possible.

NOTE 2 Les symboles normalisés pour le marquage et la documentation sont indiqués à l'Article 3 de la CEI 60079-0.

Des considérations pratiques peuvent restreindre ou empêcher l'emploi de caractères italiques ou d'indices, et une représentation simplifiée peut être utilisée, par exemple U_0 à la place de U_{\circ} .

Pour le matériel conforme aux exigences de 6.1.2 a), le degré IP doit être marqué.

Le matériel conforme à 6.1.2 c) doit être marqué avec un «X» comme exigé au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

Le matériel de sécurité intrinsèque de niveau de protection «ic» pour lequel la limitation de transitoire est apportée extérieurement au matériel doit être marqué avec un «X» comme exigé au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

Le matériel conforme à 6.3.12 doit être marqué avec un «X» comme exigé au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

Lorsqu'il est nécessaire de protéger le matériel contre des chocs physiques externes afin d'empêcher que l'énergie de choc de 10.7 dépasse les valeurs spécifiées, des dispositions précises doivent être données comme conditions spéciales pour une utilisation sûre, et le matériel doit être marqué du signe X comme exigé au point i) de 29.2 de la CEI 60079-0.

12.2 Marquage des éléments de raccordement

Les éléments de raccordement, les logements de raccordement et les prises de courant des matériels électriques de sécurité intrinsèque et des matériels électriques associés doivent être clairement repérés et facilement identifiables. Lorsqu'à cet effet on utilise une couleur, ce doit être le bleu clair.

Lorsque des parties d'un matériel ou de différents matériels sont reliées par des prises de courant, ces prises de courant doivent être identifiées comme comportant seulement des circuits de sécurité intrinsèque. Lorsqu'à cet effet on utilise une couleur, ce doit être le bleu clair.

En outre, un marquage suffisant et adéquat doit être réalisé pour assurer la connexion correcte pour le maintien de la sécurité intrinsèque de l'ensemble.

NOTE Il peut être nécessaire d'inclure des étiquettes additionnelles, par exemple sur les prises de courant ou à côté de ces prises, pour assurer cette sécurité. S'il ne peut y avoir d'équivoque, l'étiquette du matériel peut suffire.

12.3 Marquages d'avertissement

Lorsque l'un des marquages d'avertissement suivants est exigé sur le matériel, le texte comme décrit dans le Tableau 10, suivant le mot «AVERTISSEMENT», peut être remplacé par un texte équivalent d'un point de vue technique. Des avertissements multiples peuvent être combinés en un avertissement équivalent.

Tableau 10 – Texte de marquages d'avertissement

Point	Référence	Marquage d'AVERTISSEMENT
a)	7.4.1	AVERTISSEMENT – UTILISER UNIQUEMENT DES ACCUMULATEURS YYYYY (où Y est le nom du fabricant des éléments et le type de pile ou d'accumulateur).
b)	7.4.7	AVERTISSEMENT – NE PAS OUVRIR SI UNE ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE PEUT ÊTRE PRÉSENTE
c)	7.4.8	AVERTISSEMENT – NE PAS CHARGER L'ACCUMULATEUR DANS UNEMPLACEMENT DANGEREUX

12.4 Exemples de marquage

Des exemples de marquage sont donnés ci-après.

a) Matériel de sécurité intrinsèque autonome

C TOME LTD
PAGING RECEIVER TYPE 3
Ex ia IIC T4
 $-25^{\circ}\text{C} \leq \text{Ta} \leq +50^{\circ}\text{C}$
IECEx ExCB 04.****
Numéro de série XXXX

b) Matériel de sécurité intrinsèque conçu pour être raccordé à d'autres matériaux

M HULOT
TRANSDUCTEUR TYPE 12
Ex ib IIB T4
ACB No: Ex05****
 $L_i: 10 \mu\text{H}$ $C_i: 1 200 \text{ pF}$
 $U_i: 28 \text{ V}$ $I_i: 250 \text{ mA}$
 $P_i: 1,3 \text{ W}$

c) Matériel associé

J SCHMIDT A.G.
STROMVERSORGUNG TYP 4
[Ex ib]
ACB No: Ex05****
 $U_m: 250 \text{ V}$ $P_o: 0,9 \text{ W}$
 $I_o: 150 \text{ mA}$ $U_o: 24 \text{ V}$
 $L_o: 20 \text{ mH}$ $C_o: 4,6 \mu\text{F}$

d) Matériel associé protégé par une enveloppe anti-déflagrante

PIZZA ELECT. SpA
Ex d [ia] IIB T6
ACB No: Ex05****
 $U_m: 250 \text{ V}$ $P_o: 0,9 \text{ W}$
 $U_o: 36 \text{ V}$ $I_o: 100 \text{ mA}$
 $C_o: 0,31 \mu\text{F}$ $L_o: 15 \text{ mH}$
Numéro de série XXXX