

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Explosive atmospheres –  
Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”**

**Atmosphères explosives –  
Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»**

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-18:2009



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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](http://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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Explosive atmospheres –  
Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”**

**Atmosphères explosives –  
Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

V

ICS 29.260.20

ISBN 978-2-88910-046-0

## CONTENTS

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                    | 4  |
| 1 Scope.....                                                                     | 6  |
| 2 Normative references .....                                                     | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                    | 7  |
| 4 General .....                                                                  | 9  |
| 4.1 Level of protection (Equipment protection level (EPL)) .....                 | 9  |
| 4.2 Additional requirements for level of protection “ma” .....                   | 9  |
| 4.3 Rated voltage and prospective short circuit current .....                    | 9  |
| 5 Requirements for compounds .....                                               | 9  |
| 5.1 General.....                                                                 | 9  |
| 5.2 Specification .....                                                          | 9  |
| 5.3 Properties of the compound.....                                              | 10 |
| 5.3.1 Water absorption .....                                                     | 10 |
| 5.3.2 Dielectric strength .....                                                  | 10 |
| 6 Temperatures.....                                                              | 10 |
| 6.1 General.....                                                                 | 10 |
| 6.2 Determination of the limiting temperature .....                              | 10 |
| 6.2.1 Maximum surface temperature.....                                           | 10 |
| 6.2.2 Temperature of the compound.....                                           | 10 |
| 6.3 Temperature limitation.....                                                  | 10 |
| 7 Constructional requirements.....                                               | 11 |
| 7.1 General.....                                                                 | 11 |
| 7.2 Determination of faults .....                                                | 11 |
| 7.2.1 Fault examination .....                                                    | 11 |
| 7.2.2 Components considered as not subject to fail .....                         | 12 |
| 7.2.3 Isolating components.....                                                  | 12 |
| 7.2.4 Infallible separation distances.....                                       | 12 |
| 7.3 Free space in the encapsulation .....                                        | 13 |
| 7.3.1 Group III “m” equipment.....                                               | 13 |
| 7.3.2 Group I and Group II “m” equipment .....                                   | 14 |
| 7.4 Thickness of the compound .....                                              | 15 |
| 7.4.1 “m” equipment .....                                                        | 15 |
| 7.4.2 Windings for electrical machines .....                                     | 17 |
| 7.4.3 Rigid, multi-layer printed wiring boards with through connections .....    | 17 |
| 7.5 Switching contacts .....                                                     | 18 |
| 7.5.1 Level of protection “ma” .....                                             | 18 |
| 7.5.2 Level of protection “mb”.....                                              | 18 |
| 7.5.3 Level of protection “mc” .....                                             | 18 |
| 7.6 External connections .....                                                   | 19 |
| 7.6.1 General .....                                                              | 19 |
| 7.6.2 Additional requirements for “ma” equipment .....                           | 19 |
| 7.7 Protection of bare live parts.....                                           | 19 |
| 7.8 Cells and batteries .....                                                    | 19 |
| 7.8.1 General .....                                                              | 19 |
| 7.8.2 Prevention of gassing .....                                                | 19 |
| 7.8.3 Protection against inadmissible temperatures and damage to the cells ..... | 20 |

|       |                                                                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.8.4 | Reverse current.....                                                                                       | 20 |
| 7.8.5 | Current limitation .....                                                                                   | 20 |
| 7.8.6 | Protection against the polarity inversion and deep discharge of the cells .....                            | 20 |
| 7.8.7 | Charging of cells or batteries .....                                                                       | 21 |
| 7.8.8 | Requirements for control safety devices for cells or batteries .....                                       | 21 |
| 7.9   | Protective devices .....                                                                                   | 21 |
| 7.9.1 | General .....                                                                                              | 21 |
| 7.9.2 | Electrical protective devices .....                                                                        | 22 |
| 7.9.3 | Thermal protective devices .....                                                                           | 23 |
| 7.9.4 | Built-in protective devices .....                                                                          | 23 |
| 8     | Type tests .....                                                                                           | 23 |
| 8.1   | Tests on the compound .....                                                                                | 23 |
| 8.1.1 | Water absorption test .....                                                                                | 23 |
| 8.1.2 | Dielectric strength test.....                                                                              | 24 |
| 8.2   | Tests on the apparatus.....                                                                                | 24 |
| 8.2.1 | Test sequence .....                                                                                        | 24 |
| 8.2.2 | Maximum temperature .....                                                                                  | 24 |
| 8.2.3 | Thermal endurance test.....                                                                                | 24 |
| 8.2.4 | Dielectric strength test.....                                                                              | 25 |
| 8.2.5 | Cable pull test .....                                                                                      | 25 |
| 8.2.6 | Pressure test for Group I and Group II electrical equipment.....                                           | 26 |
| 8.2.7 | Test for resettable thermal protective device .....                                                        | 26 |
| 8.2.8 | Sealing test for build-in protective devices.....                                                          | 27 |
| 9     | Routine verifications and tests.....                                                                       | 27 |
| 9.1   | Visual inspections .....                                                                                   | 27 |
| 9.2   | Dielectric strength test.....                                                                              | 27 |
| 10    | Marking .....                                                                                              | 27 |
|       | Annex A (informative) Basic requirements for compounds for “m” equipment .....                             | 29 |
|       | Annex B (normative) Allocation of test samples .....                                                       | 30 |
|       | Bibliography.....                                                                                          | 31 |
|       | Figure 1 – Dimensional key for thickness through the compound .....                                        | 16 |
|       | Figure 2 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards.....                                    | 18 |
|       | Figure 3 – Fitting of blocking diodes .....                                                                | 20 |
|       | Figure A.1 – Basic requirements for compounds for “m” equipment.....                                       | 29 |
|       | Table 1 – Distances through the compound .....                                                             | 13 |
|       | Table 2 – Minimum thickness of compound adjacent to free space for Group III “m” equipment.....            | 13 |
|       | Table 3 – Minimum thickness of compound adjacent to free space for Group I and Group II “m” equipment..... | 14 |
|       | Table 4 – Thickness of the compound .....                                                                  | 16 |
|       | Table 5 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards .....                                    | 17 |
|       | Table 6 – Test pressure .....                                                                              | 26 |
|       | Table B.1 – Allocation of test samples .....                                                               | 30 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EXPLOSIVE ATMOSPHERES –****Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”**

## 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 60079-18 has been prepared by IEC technical committee 31: Equipment for explosive atmospheres.

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 60079-18 (2004) and IEC 61241-18 (2004), and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows:

- Incorporation of level of protection “mc”
- Equipment protection levels (EPL Ma, Ga, Da, Mb, Gb, Db, Gc, Dc)
- Incorporation of the dust requirements
- Incorporation of switching contacts for level of protection “ma”

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 31/784/FDIS | 31/801/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 is to be read in conjunction with IEC 60079-0:2007, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*.

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

The list of all parts of IEC 60079 series, under the general title *Explosive 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 corrigendum of June 2009 have been included in this copy.

## EXPLOSIVE ATMOSPHERES –

### Part 18: Equipment protection by encapsulation “m”

#### 1 Scope

This part of IEC 60079 gives the specific requirements for the construction, testing and marking of electrical equipment, parts of electrical equipment and Ex components with the type of protection encapsulation “m” intended for use in explosive gas atmospheres or explosive dust atmospheres.

This part applies only for encapsulated electrical equipment, encapsulated parts of electrical equipment and encapsulated Ex components (hereinafter always referred to as “m” equipment) where the rated voltage does not exceed 11 kV.

The application of electrical equipment in atmospheres, which may contain explosive gas as well as combustible dust simultaneously may require additional protective measures.

This standard does not apply to dusts of explosives, which do not require atmospheric oxygen for combustion, or to pyrophoric substances

This standard does not take account of any risk due to an emission of flammable or toxic gas from the dust.

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

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

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

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection “n”*

IEC 60079-26, *Explosive atmospheres – Part 26: Equipment with equipment protection level (EPL) Ga*

IEC 60079-31, *Explosive atmospheres – Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosures “t”*

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating material – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60691, *Thermal-links – Requirements and application guide*

IEC 60730-2-9, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls*

IEC 60738-1, *Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification*

IEC 61241-11, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 11: Protection by intrinsic safety 'iD'*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 62326-4-1, *Printed boards – Part 4: Rigid multilayer printed boards with interlayer connections – Sectional specification – Section 1: Capability detail specification – Performance levels A, B and C*

ISO 62, *Plastics – Determination of water absorption*

ANSI/UL 248-1, *Standard for low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

ANSI/UL 746B, *Standard for polymeric materials – Long term property evaluations*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60079-0 and the following definitions specific to encapsulation “m” apply.

NOTE Additional definitions applicable to explosive atmospheres can be found in IEC 60050-426.

#### 3.1

##### **encapsulation “m”**

type of protection whereby parts that are capable of igniting an explosive atmosphere by either sparking or heating are enclosed in a compound in such a way as to avoid ignition of a dust layer or explosive atmosphere under operating or installation conditions

#### 3.2

##### **compounds**

any thermosetting, thermoplastic, epoxy resin or elastomeric materials with or without fillers and/or additives, in their solid state

#### 3.3

##### **temperature range of the compound**

range of temperatures within which, the properties of the compound, in either operation or storage, permit compliance with the requirements of this standard

#### 3.4

##### **continuous operating temperature (COT) of the compound**

temperature range within which, according to the details given by the manufacturer, the properties of the compound, during operation, satisfy the requirements of this standard on a permanent basis during the foreseen lifetime of the equipment

### **3.5**

#### **encapsulation**

process of applying the compound to enclose any electrical device(s) by suitable means

### **3.6**

#### **free surface**

compound surface exposed to the explosive atmospheres and/or dust layers

### **3.7**

#### **normal operation**

operation of equipment 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, for example operation of a motor on a duty cycle.

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

### **3.8**

#### **void**

unintentional space created as a consequence of the encapsulation process

### **3.9**

#### **free space**

intentionally created space surrounding components or space inside components

### **3.10**

#### **switching contact**

mechanical contact, which makes and breaks an electrical circuit

### **3.11**

#### **adhesion**

moisture, gas and dust tight permanent bonding of a compound to a surface

### **3.12**

#### **countable fault**

fault, which occurs in parts of electrical equipment conforming to the constructional requirements

### **3.13**

#### **infallible separation or insulation**

separation or insulation between electrically conductive parts that is considered as not subject to short circuits as specified in IEC 60079-18. 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

### **3.14**

#### **non-countable fault**

fault, which occurs in parts of electrical equipment not conforming to the constructional requirements of IEC 60079-18

### **3.15**

#### **solid insulation**

insulation material, which is extruded or moulded, but not poured

NOTE Insulators fabricated from two or more pieces of electrical insulating material, which are solidly bonded together may be considered as solid. Varnish and similar coatings are not considered to be solid insulation.

## 4 General

### 4.1 Level of protection (Equipment protection level (EPL))

Electrical equipment with encapsulation “m” shall be either

- a) level of protection “ma” (EPL “Ma, Ga, Da”),
- b) level of protection “mb” (EPL “Mb, Gb, Db”) or in
- c) level of protection “mc” (EPL “Gc, Dc”).

The requirements of this standard shall apply to all levels of protection “m” (EPL`s) unless otherwise stated.

### 4.2 Additional requirements for level of protection “ma”

The working voltage at any point in the circuit shall not exceed 1 kV.

Components without additional protection shall be used only if they cannot damage the encapsulation mechanically or thermally in the case of any specified fault.

Alternatively, where a fault of an internal component may lead to failure of the encapsulation “m” due to increasing temperature, the requirements of 7.9 shall apply.

### 4.3 Rated voltage and prospective short circuit current

The rated voltage and the prospective short circuit current shall be specified such that the limiting temperature is not exceeded for the relevant level of protection “ma”, “mb” or “mc”.

## 5 Requirements for compounds

### 5.1 General

The documentation shall specify the compound(s) used and the processing method(s).

As a minimum, those properties of the compound(s) on which the encapsulation “m” depends shall be provided.

NOTE Due consideration should be given in the selection of compounds to allow for the expansion of components during operation and in the event of allowable faults.

### 5.2 Specification

The specification for the compound shall include the following:

- a) the name and address of the manufacturer of the compound,
- b) the exact and complete reference of the compound and if relevant, percentage of fillers and any other additives, the mixture ratios and the type designation,
- c) if applicable, any treatment of the surface of the compound(s), for example varnishing,
- d) if applicable, to obtain correct adhesion of the compound to a component, any requirement for pre-treating of the component for example cleaning, etching,
- e) the dielectric strength in accordance with IEC 60243-1 at the maximum temperature of the equipment determined according to 8.2.2 if available. If not available, the requirements of 5.3.2 shall be applied,
- f) temperature range of the compound(s) (continuous operating temperature),
- g) in the case of “m” equipment where the compound is part of the external enclosure, the temperature index TI value as defined by IEC 60079-0. As an alternative to the TI, the

relative thermal index (RTI-mechanical impact) may be determined in accordance with ANSI/UL 746B,

- h) the colour of the compound used for the test samples, where the compound specification will be influenced by changing the colour.

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

### **5.3 Properties of the compound**

#### **5.3.1 Water absorption**

If the equipment is to be exposed to dampness, the compound shall be tested in accordance with 8.1.1. If this test is not performed, the equipment shall be marked "X" in accordance with the marking requirements of IEC 60079-0 and the restriction of use to dry environments clarified in the instructions.

#### **5.3.2 Dielectric strength**

Where the dielectric strength according to IEC 60243-1 is not available at the maximum temperature of the equipment as defined according to 8.2.2, see 5.2 e), a test shall be performed in accordance with 8.1.2.

## **6 Temperatures**

### **6.1 General**

The maximum value of the continuous operating temperature of the compound shall not be exceeded under normal operation. The maximum surface temperature, determined in accordance with IEC 60079-0 shall not be exceeded under normal operation and under fault conditions as defined in 7.2.1. The "m" equipment shall be protected in such a way that the encapsulation "m" is not adversely affected under these fault conditions.

NOTE Normal operation includes operation at the extremes of voltage tolerances of the supply normally 90 % to 110 % if not otherwise specified.

### **6.2 Determination of the limiting temperature**

#### **6.2.1 Maximum surface temperature**

The maximum surface temperature shall be determined using the test method given in 8.2.2 in accordance with the supply conditions specified in 4.3. This temperature shall be used to determine the temperature class for explosive gas atmosphere or the maximum surface temperature in degrees Celsius for explosive dust atmosphere of the equipment.

#### **6.2.2 Temperature of the compound**

The hottest component(s) shall be determined. The maximum temperature in the compound, adjacent to the hottest component(s), shall be determined using the test method given in 8.2.2 for normal operation.

As an alternative the determination of the temperature of the hottest component may be done by calculation, manufacturer's specification or by a practical test prior to encapsulating the components.

### **6.3 Temperature limitation**

Where the equipment may be subject to fault in accordance with 7.2.1, or where there is the possibility of an increased temperature, for example by an unfavourable input voltage in accordance with 7.2.1 or an unfavourable load, this shall be taken into account in determining the limiting temperatures.

When a protective device is required to limit temperatures for safety reasons, it shall be an internal or external, electrical or thermal device, as defined in 7.9.

## 7 Constructional requirements

### 7.1 General

Where the compound forms part of the external enclosure it shall comply with the requirements of IEC 60079-0 for non metallic enclosures and parts of non metallic enclosures.

If the surface of the compound is totally or partly surrounded by an enclosure and the enclosure is part of the protection, the enclosure or parts of the enclosure shall comply with the enclosure requirements of IEC 60079-0

If additional protective measures are required to be provided by the user in order to satisfy the requirements of this standard, for example, additional mechanical protection, to indicate this specific condition of use the equipment shall be in accordance with the "specific conditions of use" marking requirements of IEC 60079-0.

Appropriate action shall be taken to accommodate the expansion of components during normal operation and in the event of faults according to 7.2.

In 7.2 to 7.9 the requirements differ according to whether the compound adheres to the enclosure. Where adhesion is specified, the aim is to prevent the ingress of explosive atmospheres and moisture at the boundary surfaces (for example enclosure-compound, compound-parts that are not completely embedded in the compound, such as printed wiring boards, connection terminals, etc.). Where adhesion is required to maintain the type of protection, it shall be maintained after completion of all the prescribed tests.

NOTE The choice of the compound(s) to be used for a specific application is dependent on the task each compound has to perform. In general, testing a compound once is not sufficient for universal use for encapsulation "m".

### 7.2 Determination of faults

#### 7.2.1 Fault examination

The encapsulation "m" shall not be invalidated even under the most adverse input rating, but between 90 % and 110 % of the rating and most adverse output load and up to two internal countable faults for level of protection "ma", and up to one internal countable fault for level of protection "mb".

No faults are taken into account for level of protection "mc".

NOTE Examples of faults are: a short circuit in any component; the failure of any component and a fault in the printed wiring board.

Components meeting the requirements of 7.2.2 are not considered to fail and infallible separation distances shall only be considered to fail in accordance with 7.2.4.

The failure of some components may result in an unstable condition, for example, alternating between high and low resistance. In those cases, the most onerous condition shall be considered.

If a fault leads to one or more subsequent faults, for example, due to the overload of a component, the primary and subsequent fault(s) shall be considered to be a single fault.

### 7.2.2 Components considered as not subject to fail

For levels of protection “ma” and “mb” the following components shall be considered as not to fail if they are encapsulated according to the requirements of this standard, if they are suitable for the service temperature and if they are not operated at more than 2/3 of their rated voltage, rated current or rated power specified by the manufacturer of the respective component:

- resistors, if they comply with the current limiting resistors of IEC 60079-11,
- single-layer, spirally wound coils,
- plastic foil capacitors,
- paper capacitors,
- ceramic capacitors,
- shunt semiconductors, if they are used in accordance with the shunt safety assemblies of IEC 60079-11,
- series semiconductor devices used to limit current:
  - a single device is adequate for level of protection “mb”
  - two devices shall be used for level of protection “ma”.

For levels of protection “ma” and “mb” coils, motor windings and transformers that comply with IEC 60079-7, including also those that have wire diameters of less than 0,25 mm shall be considered as not subject to failure if they are encapsulated according to the requirements of this standard.

### 7.2.3 Isolating components

The following components for the segregation of different circuits shall be considered to provide isolation and are not considered to fail across the segregation:

- optocouplers and relays, if the rated insulation voltage conforms to  $2U + 1\,000\text{ V r.m.s.} + \frac{5}{0}\%$  or  $1\,500\text{ V r.m.s.}$  whichever is greater ( $U$  is the sum of the rated r.m.s. voltages of both circuits);
- transformers, complying with IEC 61558-2-6 or IEC 60079-11.

### 7.2.4 Infallible separation distances

It is not necessary to consider the possibility of a fault occurring as described in 7.2.1 in respect of voltage breakdown, if the distances between bare current-carrying parts

- of the same circuit, or
- of a circuit and earthed metal parts, or
- of two separate circuits (sum of the working voltages shall be taken as the voltage for Table 1; where one of the working voltages is less than 20 % of the other, it shall be ignored),

comply with the requirements of 7.2.4.1 and if applicable 7.2.4.2.

#### 7.2.4.1 Distances through the compound

Distances through compound shall be considered to be infallible against short circuit for level of protection “ma” and level of protection “mb” if they comply with the values in Table 1, provided that the distances in the compound are fixed or secured mechanically before encapsulation.

Distances between the minimum distances given for level of protection “mc” and the infallible distances given for level of protection “ma” and “mb” are not considered infallible and shall be

assessed as a “countable fault”. Distances less than those given for level of protection “mc” are considered as short-circuits if this impairs the type of protection “m”.

For level of protection “mc” the values of Table 1 are the constructional requirements and may be achieved by mechanically fixing before encapsulation.

**Table 1 – Distances through the compound**

| Voltage $U$ r.m.s. or d.c. (see note)<br>V | Minimum distance<br>mm |       |       |
|--------------------------------------------|------------------------|-------|-------|
|                                            | “ma”                   | “mb ” | “mc ” |
| $\leq 32$                                  | 0,5                    | 0,5   | 0,2   |
| $\leq 63$                                  | 0,5                    | 0,5   | 0,3   |
| $\leq 400$                                 | 1                      | 1     | 0,6   |
| $\leq 500$                                 | 1,5                    | 1,5   | 0,8   |
| $\leq 630$                                 | 2                      | 2     | 0,9   |
| $\leq 1\ 000$                              | 2,5                    | 2,5   | 1,7   |
| $\leq 1\ 600$                              | -                      | 4     | 4     |
| $\leq 3\ 200$                              | -                      | 7     | 7     |
| $\leq 6\ 300$                              | -                      | 12    | 12    |
| $\leq 10\ 000$                             | -                      | 20    | 20    |

NOTE Voltages shown are derived from IEC 60664-1. For all voltages, the actual voltage may exceed the value given in the table by up to 10 %. This is based on the rationalisation of supply voltages given in Table F.3b of IEC 60664-1.

#### 7.2.4.2 Distances through solid insulation

The distance through solid insulation, on which the type of protection “m” depends, shall be at least 0,1 mm and shall comply with the dielectric strength test of 8.2.4.

### 7.3 Free space in the encapsulation

#### 7.3.1 Group III “m” equipment

The compound shall be free of voids.

The sum of the free spaces is not limited, but the volume of each individual free space is limited to 100 cm<sup>3</sup>. The thickness of the compound surrounding such free spaces shall meet the requirements of Table 2.

**Table 2 – Minimum thickness of compound adjacent to free space for Group III “m” equipment**

| Level of protection | Minimum thickness of compound adjacent to free space to: | Free space $\leq 1\text{ cm}^3$          | Free space $> 1\text{ cm}^3 \leq 100\text{ cm}^3$ |
|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| “ma”                | Free space or free surface                               | 3 mm                                     | 3 mm                                              |
|                     | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup> | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>          |
|                     | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 3 mm                                     | 3 mm                                              |

| Level of protection                                                                                                                     | Minimum thickness of compound adjacent to free space to: | Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$ | Free space $> 1 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| "mb"                                                                                                                                    | Free space or free surface                               | 1 mm                             | 3 mm                                                |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 1 mm (enclosure + compound)      | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>            |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 1 mm                             | 3 mm                                                |
| "mc"                                                                                                                                    | Free space or free surface                               | 1 mm                             | 1 mm                                                |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 1 mm (enclosure + compound)      | 1 mm (enclosure + compound)                         |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 1 mm                             | 1 mm                                                |
| <sup>a</sup> Wall thickness of the enclosure $\geq 1 \text{ mm}$ .                                                                      |                                                          |                                  |                                                     |
| NOTE The thickness of the materials quoted in this table does not imply compliance with other mechanical tests required by IEC 60079-0. |                                                          |                                  |                                                     |

### 7.3.2 Group I and Group II "m" equipment

The compound shall be free of voids.

The sum of the free spaces shall not exceed

- $100 \text{ cm}^3$  for level of protection "mb" and "mc";
- $10 \text{ cm}^3$  for level of protection "ma".

The minimum thickness of the compound surrounding such free spaces shall comply with Table 3.

**Table 3 – Minimum thickness of compound adjacent to free space for Group I and Group II "m" equipment**

| Level of protection | Minimum thickness of compound adjacent to free space to: | Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$         | Free space $> 1 \text{ cm}^3 \leq 10 \text{ cm}^3$                                   | Free space $> 10 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$ |
|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| "ma"                | Free space or free surface                               | 3 mm                                     | 3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)                                        | Not permitted                                        |
|                     | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup> | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup><br>(pressure test in accordance with 8.2.6) | Not permitted                                        |
|                     | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 3 mm                                     | 3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)                                        | Not permitted                                        |
| "mb"                | Free space or free surface                               | 1 mm                                     | 3 mm                                                                                 | 3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)        |

| Level of protection                                                                                                                     | Minimum thickness of compound adjacent to free space to: | Free space $\leq 1 \text{ cm}^3$ | Free space $> 1 \text{ cm}^3 \leq 10 \text{ cm}^3$ | Free space $> 10 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 1 mm (enclosure + compound)      | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup>           | 3 mm (enclosure + compound) <sup>a</sup><br><br>(pressure test in accordance with 8.2.6) |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 1 mm                             | 3 mm                                               | 3 mm (pressure test in accordance with 8.2.6)                                            |
| "mc "                                                                                                                                   | Free space or free surface                               | 1 mm                             | 1 mm                                               | 3 mm                                                                                     |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure with adhesion            | 1 mm (enclosure + compound)      | 1 mm (enclosure + compound)                        | 3 mm (enclosure + compound)<br>See note                                                  |
|                                                                                                                                         | Non-metallic or metal enclosure without adhesion         | 1 mm                             | 1 mm                                               | 3 mm                                                                                     |
| <sup>a</sup> Wall thickness of the enclosure $\geq 1 \text{ mm}$ .                                                                      |                                                          |                                  |                                                    |                                                                                          |
| NOTE The thickness of the materials quoted in this table does not imply compliance with other mechanical tests required by IEC 60079-0. |                                                          |                                  |                                                    |                                                                                          |

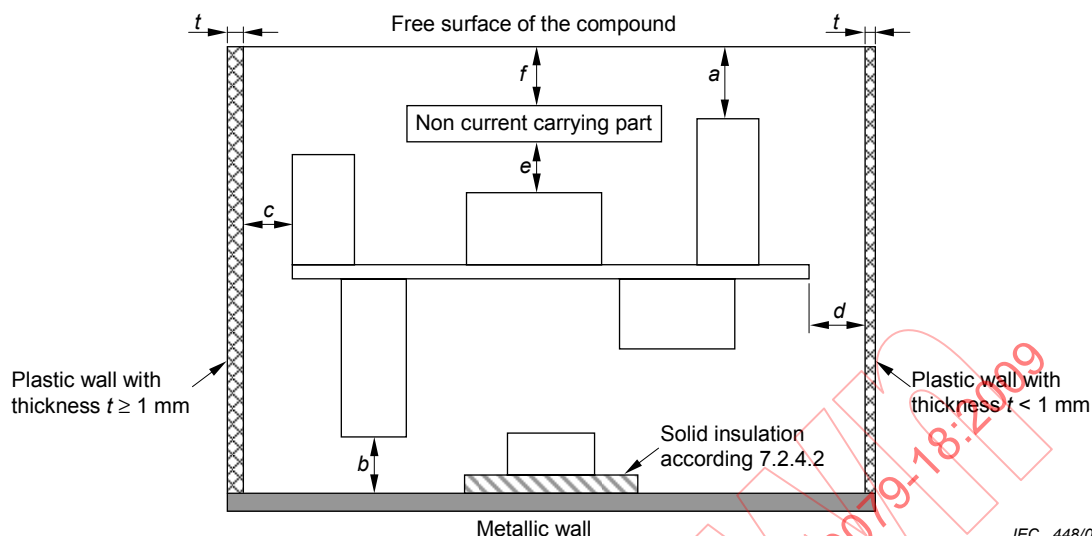
## 7.4 Thickness of the compound

### 7.4.1 "m" equipment

The minimum thickness of compound surrounding the electrical components and circuit shall be in accordance with Table 4 and Figure 1.

If solid insulation according to 7.2.4.2 is used in an enclosure with metallic walls as shown in Figure 1, the compound shall adhere to the wall.

NOTE Figure 1 does not necessarily represent a practical construction, but is intended to assist in understanding Table 4 by showing an encapsulated circuit with all of: a free surface; a metallic enclosure; a plastic enclosure with different wall thicknesses.



IEC 448/09

**Key**

- a distance to free surface
- b distance to metallic enclosure
- c distance to plastic enclosure with wall thickness  $t \geq 1$  mm
- d distance to plastic enclosure with wall thickness  $t < 1$  mm
- e distance to non current carrying part within the compound
- f distance from non current carrying part to free surface

**Figure 1 – Dimensional key for thickness through the compound**

In all cases the compound shall be subjected to the dielectric strength test of 8.2.4.

**Table 4 – Thickness of the compound**

|                                                                                                                                                                                  | Level of protection<br>"ma"   | Level of protection "mb" or "mc"                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Free surface $\leq 2 \text{ cm}^2$                                                                                                                                               | $a \geq 3 \text{ mm}$         | $a \geq$ distance according to Table 1 but not less than 1 mm     |
| Free surface $> 2 \text{ cm}^2$                                                                                                                                                  | $a \geq 3 \text{ mm}$         | $a \geq$ distance according to Table 1 but not less than 3 mm     |
| Plastic housing with adhesion<br>(wall thickness $t < 1$ mm)                                                                                                                     | $d \geq 3 \text{ mm}$         | $d \geq$ distance according to Table 1 but not less than 1 mm     |
| Plastic housing with adhesion<br>(wall thickness $t \geq 1$ mm)                                                                                                                  | $c \geq (3 \text{ mm} - t)^a$ | $c \geq (\text{distance according to Table 1} - t)^a$             |
| Plastic housing without adhesion                                                                                                                                                 | $c = d \geq 3 \text{ mm}$     | $c = d \geq$ distance according to Table 1 but not less than 1 mm |
| Metal housing                                                                                                                                                                    | $b \geq 3 \text{ mm}$         | $b \geq$ distance according to Table 1 but not less than 1 mm     |
| Non current carrying part                                                                                                                                                        | $e \geq 3 \text{ mm}$         | $e \geq$ distance according to Table 1 but not less than 1 mm     |
| Non current carrying part –<br>free surface                                                                                                                                      | $f + e \geq a$                | $f + e \geq a$                                                    |
| <sup>a</sup> In the case of plastic housing with adhesion and wall thickness $\geq 1$ mm if the application of the formula allows $c = 0$ the component may be against the wall. |                               |                                                                   |

## 7.4.2 Windings for electrical machines

For electrical machines with windings in slots, the solid slot insulation shall have:

- a) for level of protection “ma” only, a minimum thickness of 0,1 mm and shall be extended by at least 5 mm beyond the end of the slot;
- b) for levels of protection “ma” and “mb”, the end of the slot and the end-winding shall be protected by the minimum thickness of compound in accordance with 7.4.1. A dielectric strength test in accordance with 8.2.4, shall be passed with a test voltage  $U = 2U + 1\,000\text{ V r.m.s. } +5_0\%$  with a minimum of 1 500 V a.c. at 48 Hz to 62 Hz.

## 7.4.3 Rigid, multi-layer printed wiring boards with through connections

### 7.4.3.1 General

Multi-layer printed wiring boards complying with the requirements of IEC 62326-4-1, performance level C, operated at voltages less than or equal to 500 V, shall be considered to be encapsulated providing they meet 7.4.3.2

### 7.4.3.2 Minimum distances

The insulation thickness of both, the copper-clad laminates and the adhesive films shall comply with the requirements of 7.2.4.2.

The minimum distance between the printed circuit conductors and the edge of the multi-layer printed wiring board or any hole in it shall be at least distance *b* of Table 5. If the edges or holes are protected with metal or insulating material extending at least 1 mm along the surface of the board from the edges or holes, the distance between the printed wiring conductors and the metal or insulating material may be reduced to distance *c* of Table 5. Metal coating shall have a minimum thickness of 35 µm, see also Figure 2 and Table 5.

**Table 5 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards**

| Distance | Level of protection “ma”   | Level of protection “mb”   | Level of protection “mc”   |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>a</i> | 3 mm                       | 0,5 mm                     | 0,25 mm                    |
| <i>b</i> | 3 mm                       | 3 mm                       | 1mm                        |
| <i>c</i> | 3 mm                       | 1 mm                       | 0,5 mm                     |
| <i>d</i> | 0,1 mm, see 7.2.3.2        | 0,1 mm, see 7.2.3.2        | 0,1 mm, see 7.2.3.2        |
| <i>e</i> | In accordance with Table 1 | In accordance with Table 1 | In accordance with Table 1 |

where

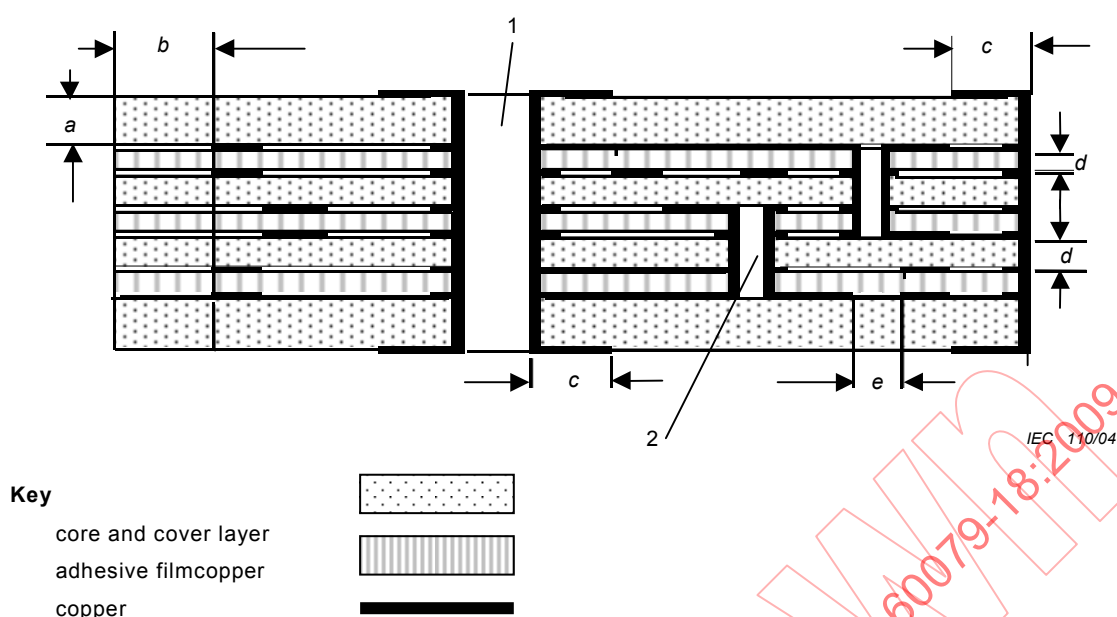
*a* is the distance between the current carrying part and the outside surface through the cover layer;

*b* is the distance between the current carrying part and the outside surface along the cover layer;

*c* is the length of metal or insulation extending along the surface of the board from the edge or the hole;

*d* is the thickness of the adhesive film or the core where segregation is required;

*e* is the distance between two circuits inside the multilayer where segregation is required.



**Figure 2 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards**

## 7.5 Switching contacts

NOTE Compound should not enter the enclosure of the switching contacts during the encapsulation process

### 7.5.1 Level of protection “ma”

Switching contacts shall be provided with an additional enclosure in accordance with the requirements for hermetically-sealed devices as defined in IEC 60079-15 before encapsulation.

NOTE This additional enclosure should withstand all stresses during potting and all stresses expected during lifetime of the equipment.

The rating of the switching contact shall be less or equal 60 V and 6 A. The additional enclosure shall be made of inorganic material if the switched current exceeds 2/3 of the rated current specified by the manufacturer of the component.

### 7.5.2 Level of protection “mb”

Switching contacts shall be provided with an additional enclosure before encapsulation. This additional enclosure shall be made of inorganic material if the switched current exceeds 2/3 of the rated current specified by the manufacturer of the component or if the current exceeds 6 A.

### 7.5.3 Level of protection “mc”

Switching contacts shall be provided with an additional enclosure before encapsulation. This additional enclosure shall be made of inorganic material if the switched current exceeds 6 A.

## 7.6 External connections

### 7.6.1 General

The entry of all electric conductors, including cables, into the compound shall be designed in such a way that the ingress of an explosive atmosphere into the “m” equipment under normal operating conditions and fault conditions in 7.2 is prevented.

NOTE This may be achieved by a bare conductor path in the compound that is at least 5 mm long.

When compounds are used to secure a permanently connected cable, the cable shall be suitably protected against damage from flexing and the pull test shall be carried out according to 8.2.5

### 7.6.2 Additional requirements for “ma” equipment

External connections shall meet the following requirements:

- for EPL Ma, level of protection “ia” ;
- for EPL Ga, the “Ga” requirements of IEC 60079-26 ;
- for EPL Da, the “Da” requirements of IEC 60079-31 or IEC 61241-11, level of protection “iaD”.

NOTE IEC 61241-11 specifies “category” “iaD” and “ibD” and refers to Clause 5 of IEC 60079-11 where “ia” and “ib” are identified as “levels of protection”. For the purposes of IEC 60079-18, the terms “category” and “level of protection” should be considered to be synonymous.

## 7.7 Protection of bare live parts

Depending on the required EPL bare live parts that pass through the surface of the compound shall be protected by another type of protection as listed in IEC 60079-0 for the required EPL.

NOTE This implies that the equipment be marked as combined types of protection in accordance with IEC 60079-0

## 7.8 Cells and batteries

### 7.8.1 General

When evaluating battery control arrangements with respect to the potential release of gas, the full range of operating temperatures, internal resistance and voltage capability shall be considered. It shall be assumed that batteries can become unbalanced, but cells with negligible resistance or voltage capability need not be taken into account.

Subclause 7.8 applies to all levels of protection, unless specifically excluded.

For level of protection “ma” cells and batteries shall additionally comply with the cell and battery requirements of IEC 60079-11 except for the relaxation for parallel cells, which are not permitted in equipment solely protected by encapsulation.

### 7.8.2 Prevention of gassing

Electrochemical systems that can release gas during normal operation are not permitted. If for levels of protection “ma” and “mb” the release of gas in the event of a fault cannot be precluded, the gassing shall be minimised by a control device in accordance with 7.8.8. With secondary cells, the control device shall be effective not only during charging, but also during discharging. This also applies for charging outside the hazardous area.

In particular,

- a) vented cells shall not be used,

- b) sealed valve regulated cells shall not be used,
- c) sealed gas-tight cells that, within the range of the ambient temperature of the electric equipment, do not release gas under any operating or fault conditions may be used without a control device in accordance with 7.8.8.

Gas-tight cells that do not fulfil the requirements of 7.8.2 c) shall have a control device in accordance with 7.8.8.

### 7.8.3 Protection against inadmissible temperatures and damage to the cells

Cells or batteries under worst case load shall comply with either a) or b):

- a) in normal service, the surface temperature of the cells shall not exceed either the temperature specified by the manufacturer of the cells or batteries, or 80 °C if not specified by the manufacturer, at the maximum ambient temperature of the equipment, and the maximum charging and discharging current shall not exceed the safe value specified by the manufacturer, or
- b) cells or batteries shall be provided with one or more control devices as described in 7.8.5 or 7.8.8, to prevent unacceptable overheating or gassing inside the compound.

### 7.8.4 Reverse current

For level of protection “ma” and “mb” where there is another voltage source in the same enclosure, the encapsulated cell or battery and its associated circuits shall be protected against charging by circuits other than those specifically designed for charging. For example, by separating the cell or battery and its associated circuits from all other voltage source(s) inside the enclosure, using the distances specified in Table 1 for the highest voltage capable of causing the reverse current. Alternatively, the cell or battery only may be separated, from the other voltage source(s) using the distances specified in Table 1, but with one blocking diode for level of protection “mb”, or two blocking diodes for level of protection “ma”, fitted as shown in Figure 3 below, and so arranged as to reduce the risk of a single fault causing both diodes to be short-circuited.



NOTE Figure shows arrangement for level of protection “ma”.

**Figure 3 – Fitting of blocking diodes**

### 7.8.5 Current limitation

The maximum surface temperature shall be determined using the highest discharge current permitted by the maximum load specified by the equipment manufacturer, or by the protective device, see 7.9, for example 1,7 x rating of the fuse, or at short circuit if neither a load nor a protective device is specified.

A resistor, a current limiting device or a fuse according to IEC 60127 or an equivalent standard may be used to ensure the maximum discharge current specified by the manufacturer of the cells or battery is not exceeded. If replaceable fuses are used the equipment shall be marked to show their rating and function.

### 7.8.6 Protection against the polarity inversion and deep discharge of the cells

For level of protection “ma” and “mb” when more than 3 cells are used in series, the cell voltage shall be monitored. During discharging, if the voltage falls below the limit value for the cell voltage specified by the manufacturer of the cells or battery, the control device shall disconnect the cells or battery. For level of protection “mc”, if more than three cells are

connected in series, precautions shall be taken to prevent reverse polarity charging of the cell.

NOTE 1 If several cells are connected in series, cells can change polarity during discharge due to the various capacities of the cells in a battery. These "reversed pole" cells can enter an inadmissible gassing range.

Where a deep discharge protection circuit is used to prevent reverse polarity charging of cells during discharge, the minimum cut-off voltage shall be that specified by the cell or battery manufacturer. After disconnecting the load, the current shall be no more than the discharge capacity at the 1 000 h rate.

NOTE 2 If too many cells are connected in series, there may be no safe protection due to the tolerances of the individual cell voltages and the deep discharge protection circuit. Generally no more than six cells (in series) should be protected by one deep discharge protection circuit.

## **7.8.7 Charging of cells or batteries**

### **7.8.7.1 Level of protection "ma" and "mb"**

The charging circuits shall be fully specified as part of the equipment. The charging system shall be such that either:

- a) with one fault condition of the charging system, the charging voltage and current shall not exceed the limits specified by the manufacturer;
- or
- b) if, during charging, it is possible for the limit values specified by the manufacturer of the cells or battery for the cell voltage or the charging current to be exceeded, a separate protective device in accordance with 7.9 shall be provided to minimize the possibility of a release of gas and also exceeding the manufacturer's maximum rated cell temperature during charging.

### **7.8.7.2 Level of protection "mc"**

The charging system shall be such that in normal operation the charge voltage and current do not exceed the limits specified by the manufacturer based on the specified temperature range of the equipment. If cells and batteries, which are an integral part of the electrical equipment are to be charged in the hazardous area, the charger shall be fully specified as part of the equipment design. If cells or batteries, which are an integral part of the electrical equipment or can be separated from the equipment are charged outside of the hazardous area, the charging shall be within the limits specified by the manufacturer of the equipment.

## **7.8.8 Requirements for control safety devices for cells or batteries**

Where required, the control devices shall form safety related parts of a control system. It shall be the responsibility of the manufacturer to provide the information necessary to maintain the integrity of the system.

NOTE Safety related parts meeting the requirements of PL c of ISO 13849-1 "Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design" would satisfy this subclause.

## **7.9 Protective devices**

### **7.9.1 General**

Where the "m" equipment is not able to withstand a single fault for level of protection "mb" or two faults for level of protection "ma" without exceeding the COT of the compound, or the temperature class for explosive gas atmosphere or the maximum surface temperature in degree Celsius for explosive dust atmosphere, a protective device shall be provided either external to the equipment or directly integrated into the equipment. Protective devices for level of protection "ma" shall be non resettable. Thermal protective devices for level of protection "mb" may be resettable.

NOTE 1 For level of protection “mc” the equipment operating under normal conditions should not exceed the COT of the compound or the temperature class for explosive gas atmospheres or the maximum surface temperature in degree Celsius for explosive dust atmospheres.

The protective device shall be capable of interrupting the maximum fault current of the circuit in which it is installed. The rated voltage of the protective device shall at least correspond to the working voltage of the circuit in which it is installed.

Where the “m” equipment contains a cell or battery and a control device is provided to prevent excessive overheating (see 7.8.5), the control device can also be considered as a protective device, providing it also protects all other components inside the same compound from exceeding the COT or temperature class for explosive gas atmospheres or the maximum surface temperature in degree Celsius for explosive dust atmospheres.

NOTE 2 The use of protective devices is to protect against faults and unforeseen overloads which overheat and/or permanently damage or compromise the operational life of the equipment. Where resettable devices are used, instructions should be provided to guide the user in the desirability of re-setting the devices. These instructions should consider external operational conditions under which they might be reset and also any subsequent monitoring that might be desirable.

NOTE 3 Both self-resetting and manually resettable devices are considered to be resettable devices for the purpose of this standard.

For level of protection “ma”, if the non resettable protective device complies with IEC 60127 series or IEC 60691 or ANSI/UL 248-1, only one device is necessary.

## 7.9.2 Electrical protective devices

### 7.9.2.1 General

Fuses shall have a voltage rating not less than that of the circuit in which they are installed and shall have a breaking capacity not less than the fault current of the circuit. Unless otherwise specified, a fuse shall be assumed to be capable of passing 1,7 x rated current continuously. The time-current characteristic of the fuse, as stated by the manufacturer of the fuse, shall ensure that the COT of the compound and the temperature class for explosive gas atmospheres or the maximum surface temperature in degree Celsius for explosive dust atmospheres are not exceeded.

For electrical protective devices two devices are required for level of protection “ma” and one device is required for level of protection “mb”.

An electrical protective device is not required for level of protection “mc”.

NOTE In the case of electrical supply networks where the rated voltage does not exceed 250 V, the prospective short-circuit fault current is usually 1 500 A.

### 7.9.2.2 Protective devices that are connected to the “m” equipment

If the protective device is external to the “m” equipment it shall be seen as equipment required for the safety of the “m” equipment, in accordance with 7.9.2. This specific condition of use shall appear on the certificate and the equipment shall be marked in accordance with the “specific conditions of use” marking requirements of IEC 60079-0.

The use of an external protective device and its connection to “m” equipment requires the device to have a suitable type of Ex protection compatible with “ma”, “mb”, or “mc” as appropriate.

NOTE Failure to use such a device in the intended manner will lead to loss of level of protection. Where an external protective device is used to control the correct application of voltage, current and power to equipment with level of protection “ma”, the performance of the external protective device or protective circuit should be safe with one countable fault. The permitted levels of voltage, current and power should be determined by the thermal characteristics of the “m” equipment.

### 7.9.3 Thermal protective devices

Thermal protective devices shall be used to protect the compound from damage caused by local heating, for example, by faulty components or from exceeding the maximum surface temperature (temperature class for explosive gas atmospheres, or the maximum surface temperature in degree Celsius for explosive dust atmospheres).

Non-resettable devices have no provision for being reset and open a circuit permanently after being exposed to a temperature higher than their operating temperature for a given maximum period. Adequate thermal coupling shall be achieved between the monitored component and the thermal protective device. The switching capability of the device shall be defined and shall be not less than the maximum possible load of the circuit.

NOTE Additional resettable devices may be used for functional reasons. If these devices are used, they should operate at temperatures lower than the operating temperature of the thermal protective device.

If resettable thermal protective devices are used, two devices in series are required for type of protection “mb” and one device is required for type of protection “mc”.

Resettable thermal protective devices with switching contacts shall not be operated at more than 2/3 of their rated current and voltage specified by the manufacturer of the device.

Resettable thermal protective devices with switching contacts shall either comply with IEC 60730-2-9, or shall be tested according to 8.2.7.1.

Resettable thermal protective devices without switching contacts shall either comply with IEC 60738-1, or shall be tested according to 8.2.7.2.

### 7.9.4 Built-in protective devices

Protective devices integral with the “m” equipment shall be of the enclosed type such that no compound can enter during the encapsulation process.

The suitability of the protective device for encapsulation shall be confirmed either by:

- a) a documentation from the manufacturer of the device ;
- or
- b) testing of samples according 8.2.8

NOTE Devices in glass, plastic, ceramic or otherwise sealed are regarded as enclosed types.

## 8 Type tests

### 8.1 Tests on the compound

#### 8.1.1 Water absorption test

The test shall be carried out only on samples of the compound(s) used in “m” equipment, which are intended to be used in a moist environment during operation of the “m” equipment.

Three dry samples, see ISO 62, of the compound(s) shall be tested. The samples shall be circular with a diameter of  $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  and a thickness of  $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . The samples shall be weighed then immersed for at least 24 h in water, at a temperature of  $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ K}$ . They shall then be taken out of the water, wiped dry and weighed again. The increase in mass shall not exceed 1 %.

NOTE It is not required to use distilled water for this test.

### 8.1.2 Dielectric strength test

The sample shall be circular with a diameter of  $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  and a thickness of  $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ . The sample shall be symmetrically placed between electrodes  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  in diameter, within a temperature controlled oven, set to achieve the highest temperature defined in 3.3.

A voltage of  $4 \text{ kV r.m.s. } +5\%$  and with frequency between  $48 \text{ Hz}$  and  $62 \text{ Hz}$  shall be applied for not less than  $5 \text{ min}$ . No flashover or breakdown shall occur during the test.

## 8.2 Tests on the apparatus

### 8.2.1 Test sequence

The test sequence and number of samples are given in Annex B.

### 8.2.2 Maximum temperature

A sample of “m” equipment shall be subjected to a type test to ensure that:

- a) the temperature limits specified in 6.1 are not exceeded in normal operation;
- b) for level of protection “ma” and “mb” the maximum surface temperature is not exceeded under fault conditions as defined in 7.2.1.

For “m” equipment without an external load, the test shall be carried out in accordance with the temperature measurements of IEC 60079-0 taking into account the supply conditions given in 4.3.

For “m” equipment with an external load, the test shall be carried out for level of protection “ma” and “mb” by adjusting the current to the highest value, which does not cause the protective device to operate, and for level of protection “mc” at the specified load parameters in normal operation and in the case of regular expected occurrences.

NOTE For equipment with characteristics such as non linear external loads, input power control or difficult to define failure modes, testing, simulation and analysis may be necessary in order to achieve safety under malfunction conditions.

### 8.2.3 Thermal endurance test

#### 8.2.3.1 Thermal endurance to heat

##### 8.2.3.1.1 Level of protection “ma” and “mb”

The test shall be carried out in accordance with IEC 60079-0. The temperature to be used as the reference service temperature for the test shall be the higher of the following:

- a) the maximum surface temperature of the test sample taking into account fault conditions, see 8.2.2;
- or
- b) the maximum temperature at the component surface in the compound under normal operation, see 6.2.2.

##### 8.2.3.1.2 Level of protection “mc”

The test shall be carried out in accordance with IEC 60079-0.

The temperature to be used shall be the maximum surface temperature under normal operation, see 6.2.1, of the test sample plus at least  $20 \text{ K}$ .

### 8.2.3.2 Thermal endurance to cold

The test shall be carried out in accordance with IEC 60079-0.

### 8.2.3.3 Acceptance criteria

After each test the sample shall be subjected to a visual inspection. No visible damage to the compound that could impair the type of protection shall be evident, for example cracks in the compound, exposure of encapsulated parts, failure of adhesion, inadmissible shrinkage, discoloration, swelling, decomposition or softening. A discoloration on the surface of the compound is permissible (for example oxidation in the case of epoxy resin).

In addition, any electrical protective device on which safety depends, other than thermal fuses, shall be verified as remaining functional.

### 8.2.4 Dielectric strength test

#### 8.2.4.1 Test procedure

The test shall be carried out on the following arrangements of circuits as applicable:

- a) between galvanically isolated circuits;
- b) between each circuit and all earthed parts;
- c) between each circuit and the surface of the compound or the non-metallic enclosure that, if necessary, can be clad with a conductive foil.

For arrangement a), the voltage  $U$  to be used shall be the sum of the rated voltages of the two circuits being tested and for arrangements b) and c), the voltage  $U$  to be used shall be the rated voltage of the circuit being tested.

For arrangement b), circuits that contain transient suppression components connected between the circuit and the earthed parts, a special test sample without these components shall be permitted for the type test.

For equipment where the voltage  $U$  does not exceed 90 V peak, the test voltage shall be 500 V r.m.s. ( $+5_0$  %) at 48 Hz to 62 Hz.

For equipment where the voltage  $U$  exceeds 90 V peak, the test voltage shall be  $2U + 1\,000$  V r.m.s. ( $+5_0$  %), with a minimum of 1 500 V r.m.s. at 48 Hz to 62 Hz. Alternatively, the test voltage shall be  $2U + 1\,400$  V d.c. ( $+5_0$  %) with a minimum of 2100 V d.c.

The test voltage shall be increased steadily within a period of not less than 10 s until it reaches the prescribed value, and it shall then be maintained for at least 60 s.

NOTE 1 In the case of equipment that, for electro-magnetic compatibility reasons, contain components connected to the enclosure for the suppression of interference pulses and which could be damaged during the tests, a partial discharge test may be considered.

NOTE 2 If the circuit under test is not accessible from the exterior it may be necessary to prepare a specific test sample with additional connections

#### 8.2.4.2 Acceptance criteria

The test shall be deemed as passed if no breakdown or arcing occurs during testing.

### 8.2.5 Cable pull test

#### 8.2.5.1 Test procedure

The test shall be carried out on one sample, previously unstressed and at  $21\,^{\circ}\text{C} \pm 2\,^{\circ}\text{C}$

A further test sample shall be subjected to the cable pull test after conditioning according to 8.2.3.1 at the maximum temperature at the cable entry point.

The tensile force (in Newton) applied shall either be 20 times the value in millimetres of the diameter of the cable or 50 times the mass (in kilograms) of the "m" equipment, whichever is the lower value. This value can be reduced to 25 % of the required value in the case of permanent installations. The minimum tensile force shall be 1 N and the minimum duration shall be 1 h. The force shall be applied in the least favourable direction.

This test shall not be performed on "Ex" components.

#### 8.2.5.2 Acceptance criteria

After testing, the sample shall be subjected to a visual inspection. Visible displacement of the cable, which affects the type of protection, shall not be evident. No damage to the compound or cable that could impair the type of protection shall be evident, for example, cracks in the compound, exposure of the encapsulated components or failure of adhesion.

### 8.2.6 Pressure test for Group I and Group II electrical equipment

#### 8.2.6.1 Test procedure

For level of protection "ma" with any individual free spaces between 1 cm<sup>3</sup> and 10 cm<sup>3</sup> and level of protection "mb" with any individual free spaces between 10 cm<sup>3</sup> and 100 cm<sup>3</sup>, test samples shall be prepared with a pressure connection. Where there is more than one free space of a size requiring testing, the pressure test shall be carried out simultaneously in all those free spaces.

The pressure test shall be carried out on samples that have already been submitted to the thermal endurance tests see 8.2.3.

The test shall be carried out with a pressure as shown in Table 6 applied for at least 10 s.

**Table 6 – Test pressure**

| Minimum ambient temperature<br>°C                                                                        | Test pressure<br>kPa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ≥ -20 (see note)                                                                                         | 1 000                |
| ≥ -30                                                                                                    | 1 370                |
| ≥ -40                                                                                                    | 1 450                |
| ≥ -50                                                                                                    | 1 530                |
| ≥ -60                                                                                                    | 1 620                |
| NOTE This covers equipment designed for the standard ambient temperature range specified in IEC 60079-0. |                      |

#### 8.2.6.2 Acceptance criteria

After testing, the samples shall be visually inspected. No compound damage (such as cracks in the compound, exposure of the encapsulated components or failure of adhesion) that could impair the type of protection shall be evident.

### 8.2.7 Test for resettable thermal protective device

#### 8.2.7.1 Resettable thermal protective devices with switching contacts

##### 8.2.7.1.1 Test procedure

The function of the protective device shall be verified. This test shall be performed after the thermal endurance test. The device must be capable switching its rated current ≥ 5 000 times.

#### **8.2.7.1.2 Acceptance criteria**

The test shall be deemed as passed if the protective device acts correctly after the test in the range specified in its datasheet

#### **8.2.7.2 Resettable thermal protective devices without switching contacts**

##### **8.2.7.2.1 Test procedure**

The function of the protective device shall be verified. This test shall be performed after the thermal endurance test. The device shall be capable of acting (direct or indirect limiting the temperature rise)  $\geq 500$  times.

##### **8.2.7.2.2 Acceptance criteria**

The test shall be deemed as passed if the protective device acts correctly after the test in the range specified in its datasheet

#### **8.2.8 Sealing test for build-in protective devices**

With the test samples at an initial temperature of  $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , they are suddenly immersed in water at a temperature of  $(65 \pm 2) ^\circ\text{C}$  to a depth of 25 mm for 1 min. If no bubbles emerge from the samples during this test, they are considered to be "sealed" for the purposes of this standard.

### **9 Routine verifications and tests**

#### **9.1 Visual inspections**

Each piece of "m" equipment shall be subjected to a visual inspection. No damage shall be evident, such as cracks in the compound, exposure of the encapsulated parts, flaking, inadmissible shrinkage, swelling, decomposition, failure of adhesion or softening.

#### **9.2 Dielectric strength test**

For circuits, which are accessible from the exterior the dielectric strength test shall be used to test the isolation of circuits from each other and from their environment. The test shall be carried out on these circuits in accordance with 8.2.4.

The test voltage shall be applied for at least 1 s.

Alternatively,  $1,2 \times$  test voltage may be applied and maintained for at least 100 ms.

NOTE In some cases, the actual test period could be significantly longer than 100 ms as a sample with a large distributed capacitance may take some additional time to reach the actual test voltage.

The test shall be deemed as passed if no breakdown or arcing occurs during testing.

Contrary to the above, the dielectric strength test for cells or batteries shall be carried out in accordance with the routine dielectric test requirements of IEC 60079-7.

In the case of equipment that employs circuits that contain transient suppression components connected between the circuit and the earthed parts, the equipment need not be subjected to routine dielectric strength tests, if intended for use only with a galvanically isolated circuit, and shall be marked "X" to indicate this specific condition of use in accordance with the "specific conditions of use" marking requirements of IEC 60079-0.

## 10 Marking

In addition to the requirements of IEC 60079-0, the marking shall include:

- a) the rated voltage,
- b) the rated current,
- c) the prospective short-circuit current of the external electric supply source if less than 1 500 A, for example "Permitted supply short-circuit current: 500 A".
- d) optionally, the permitted prospective short-circuit current of the external electrical supply if the equipment is designed for a short-circuit current of 1 500 A or more, for example "Permitted supply short-circuit current: 3 500 A".
- e) other information necessary for safe operation of the particular equipment.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60079-18:2009

## Annex A (informative)

### Basic requirements for compounds for “m” equipment

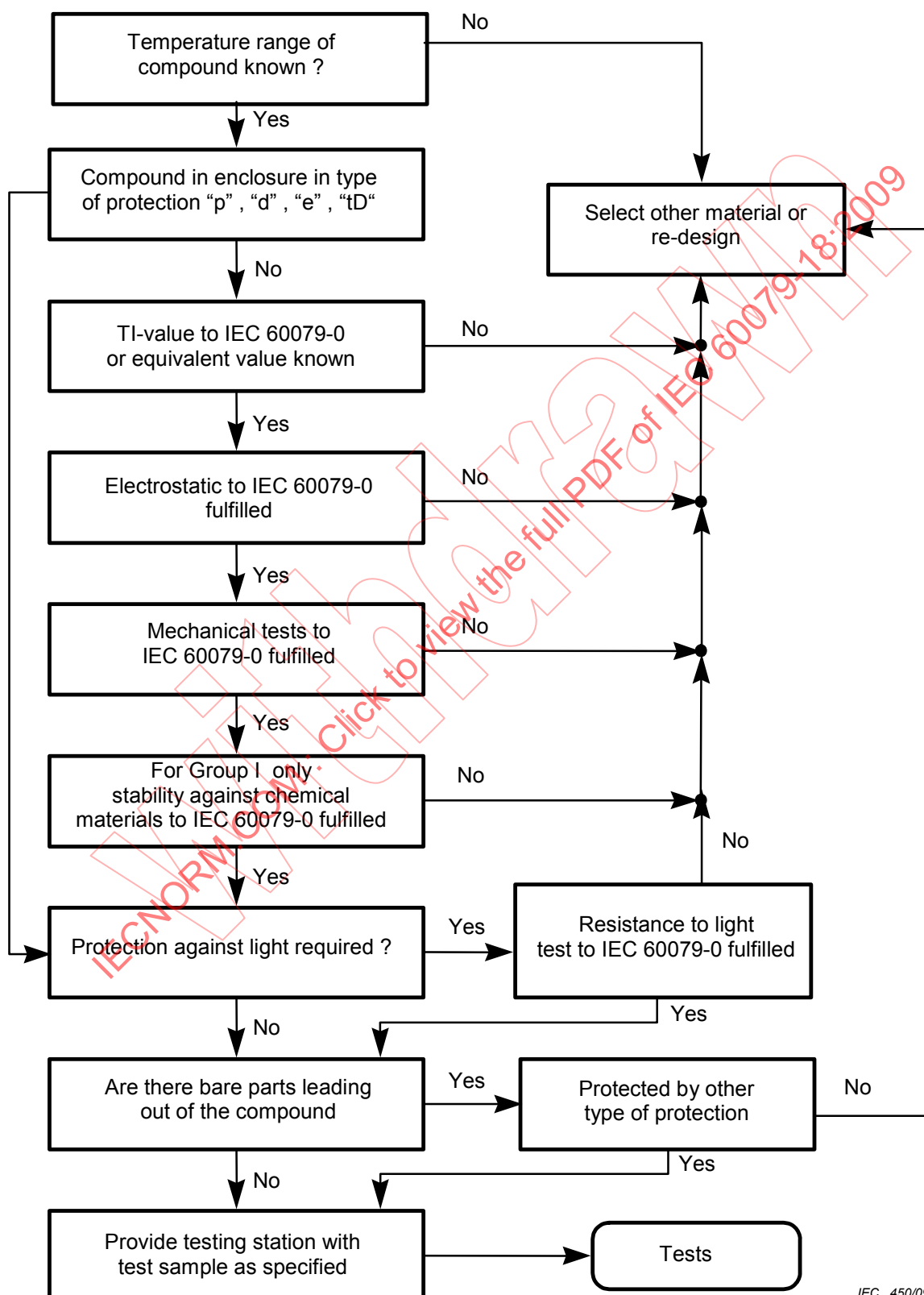


Figure A.1 – Basic requirements for compounds for “m” equipment

## Annex B (normative)

### Allocation of test samples

**Table B.1 – Allocation of test samples**

| Standard tests                                                           |                                                                    | Additional tests                         |                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sample 1                                                                 | Sample 2                                                           | Sample 3                                 | Sample 4                                                                                                                                       |
| Determination of limiting temperature in accordance with 6.3             |                                                                    |                                          |                                                                                                                                                |
|                                                                          |                                                                    | Cable pull test in accordance with 8.2.5 | Thermal endurance test based on the service temperature determined at the point where the cable enters the compound in accordance with 8.2.3.1 |
| Thermal endurance to heat in accordance with 8.2.3.1                     | Thermal endurance to heat in accordance with 8.2.3.1               |                                          |                                                                                                                                                |
| Thermal endurance to cold in accordance with 8.2.3.2                     | Thermal endurance to cold in accordance with 8.2.3.2               |                                          |                                                                                                                                                |
| Resettable thermal protective device test in accordance with 8.2.7       | Resettable thermal protective device test in accordance with 8.2.7 |                                          | Cable pull test in accordance with 8.2.5                                                                                                       |
| Dielectric strength test in accordance with 8.2.4                        | Dielectric strength test in accordance with 8.2.4                  |                                          |                                                                                                                                                |
| Pressure test in accordance with 8.2.6 (if required)                     | Pressure test in accordance with 8.2.6 (if required)               |                                          |                                                                                                                                                |
| Mechanical tests in accordance with IEC 60079-0 (if required)            | Mechanical tests in accordance with IEC 60079-0 (if required)      |                                          |                                                                                                                                                |
| Note: The tests are carried out in the order they appear in each column. |                                                                    |                                          |                                                                                                                                                |

## Bibliography

IEC 60050(426):2008, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Equipment for explosive atmospheres*

IEC 60079-1, *Explosive atmospheres – Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures "d"*

IEC 60079-2, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosures "p"*

IEC 60079-5, *Explosive atmospheres – Part 5: Equipment protection by powder filling "q"*

IEC 60079-6, *Explosive atmospheres – Part 6: Equipment protection by oil immersion "o"*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-14, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-26, *Explosive atmospheres – Part 26: Equipment with equipment protection level (EPL) Ga*

IEC 60079-28, *Explosive atmospheres – Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60622, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

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

IEC 61241-10, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present*

IEC 61951-1, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 1: Nickel-cadmium*

IEC 61951-2, *Secondary cells and batteries containing alkaline and other non-acid electrolytes – Portable sealed rechargeable single cells – Part 2: Nickel-metal hydride*

IEC 61960-1, *Secondary lithium cells and batteries for portable applications – Part 1: Secondary lithium cells*

---

## SOMMAIRE

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                           | 34 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                | 36 |
| 2 Références normatives .....                                                                | 36 |
| 3 Termes and définitions .....                                                               | 37 |
| 4 Généralités .....                                                                          | 39 |
| 4.1 Niveau de protection (EPL pour Equipment Protection Level) .....                         | 39 |
| 4.2 Exigences supplémentaires pour le niveau de protection «ma» .....                        | 39 |
| 4.3 Tension assignée et courant de court-circuit présumé .....                               | 39 |
| 5 Exigences pour les composés .....                                                          | 39 |
| 5.1 Généralités .....                                                                        | 39 |
| 5.2 Spécification .....                                                                      | 39 |
| 5.3 Propriétés du composé .....                                                              | 40 |
| 5.3.1 Absorption d'eau .....                                                                 | 40 |
| 5.3.2 Rigidité diélectrique .....                                                            | 40 |
| 6 Températures .....                                                                         | 40 |
| 6.1 Généralités .....                                                                        | 40 |
| 6.2 Détermination des valeurs limites de température .....                                   | 40 |
| 6.2.1 Température maximale de surface .....                                                  | 40 |
| 6.2.2 Température du composé .....                                                           | 41 |
| 6.3 Limites en température .....                                                             | 41 |
| 7 Exigences de construction .....                                                            | 41 |
| 7.1 Généralités .....                                                                        | 41 |
| 7.2 Détermination des défauts .....                                                          | 41 |
| 7.2.1 Examen des défauts .....                                                               | 41 |
| 7.2.2 Composants considérés comme ne pouvant pas être défaillant .....                       | 42 |
| 7.2.3 Composants d'isolation .....                                                           | 42 |
| 7.2.4 Distances de séparation infaillibles .....                                             | 42 |
| 7.3 Espace libre dans l'encapsulage .....                                                    | 44 |
| 7.3.1 Matériel «m» du Groupe III .....                                                       | 44 |
| 7.3.2 Matériel «m» du Groupe I et du Groupe II .....                                         | 44 |
| 7.4 Epaisseur du composé .....                                                               | 45 |
| 7.4.1 Matériel «m» .....                                                                     | 45 |
| 7.4.2 Enroulements pour machines électriques .....                                           | 47 |
| 7.4.3 Cartes de circuits imprimés rigides multicouches avec connexions<br>traversantes ..... | 47 |
| 7.5 Contacts de commutation .....                                                            | 48 |
| 7.5.1 Niveau de protection «ma» .....                                                        | 48 |
| 7.5.2 Niveau de protection «mb» .....                                                        | 48 |
| 7.5.3 Niveau de protection «mc» .....                                                        | 48 |
| 7.6 Connexions externes .....                                                                | 49 |
| 7.6.1 Généralités .....                                                                      | 49 |
| 7.6.2 Exigences supplémentaires pour le matériel «ma» .....                                  | 49 |
| 7.7 Protection des parties actives nues .....                                                | 49 |
| 7.8 Piles et accumulateurs .....                                                             | 49 |
| 7.8.1 Généralités .....                                                                      | 49 |
| 7.8.2 Prévention des dégagements gazeux .....                                                | 49 |

|       |                                                                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.8.3 | Protection contre les températures excessives et contre la détérioration des piles et accumulateurs .....                   | 50 |
| 7.8.4 | Courant inverse .....                                                                                                       | 50 |
| 7.8.5 | Limitation de courant .....                                                                                                 | 50 |
| 7.8.6 | Protection contre l'inversion de polarité et les décharges excessives des piles et accumulateurs .....                      | 51 |
| 7.8.7 | Chargement des piles et accumulateurs .....                                                                                 | 51 |
| 7.8.8 | Exigences pour les dispositifs de contrôle de sécurité des piles ou accumulateurs .....                                     | 52 |
| 7.9   | Dispositifs de protection .....                                                                                             | 52 |
| 7.9.1 | Généralités .....                                                                                                           | 52 |
| 7.9.2 | Dispositifs de protection électrique .....                                                                                  | 52 |
| 7.9.3 | Dispositifs de protection thermique .....                                                                                   | 53 |
| 7.9.4 | Dispositifs de protection incorporés .....                                                                                  | 54 |
| 8     | Essais de type .....                                                                                                        | 54 |
| 8.1   | Essais sur le composé .....                                                                                                 | 54 |
| 8.1.1 | Essai d'absorption d'eau .....                                                                                              | 54 |
| 8.1.2 | Essai de rigidité diélectrique .....                                                                                        | 54 |
| 8.2   | Essais du matériel .....                                                                                                    | 54 |
| 8.2.1 | Séquence d'essai .....                                                                                                      | 54 |
| 8.2.2 | Température maximale .....                                                                                                  | 54 |
| 8.2.3 | Essai d'endurance thermique .....                                                                                           | 55 |
| 8.2.4 | Essais de rigidité diélectrique .....                                                                                       | 55 |
| 8.2.5 | Essai de traction de câble .....                                                                                            | 56 |
| 8.2.6 | Essai de pression pour le matériel du Groupe I et du Groupe II .....                                                        | 57 |
| 8.2.7 | Essais des dispositifs de protection thermique réenclenchables .....                                                        | 57 |
| 8.2.8 | Essai d'étanchéité pour les dispositifs de protection incorporés .....                                                      | 58 |
| 9     | Vérifications et essais individuels .....                                                                                   | 58 |
| 9.1   | Inspections visuelles .....                                                                                                 | 58 |
| 9.2   | Essais de rigidité diélectrique .....                                                                                       | 58 |
| 10    | Marquage .....                                                                                                              | 58 |
|       | Annexe A (informative) Exigences de base pour les composés pour matériel «m» .....                                          | 60 |
|       | Annexe B (normative) Allocation des échantillons d'essai .....                                                              | 61 |
|       | Bibliographie .....                                                                                                         | 62 |
|       | Figure 1 – Règles dimensionnelles pour les épaisseurs dans le composé .....                                                 | 46 |
|       | Figure 2 – Distances minimales pour les cartes imprimées multicouches .....                                                 | 48 |
|       | Figure 3 – Mise en place de diodes de blocage .....                                                                         | 50 |
|       | Figure A.1 – Exigences de base pour les composés pour matériel «m» .....                                                    | 60 |
|       | Tableau 1 – Distances dans le composé .....                                                                                 | 43 |
|       | Tableau 2 – Epaisseur minimale du composé adjacent à un espace libre pour le matériel «m» du Groupe III .....               | 44 |
|       | Tableau 3 – Epaisseur minimale du composé adjacent à un espace libre pour le matériel «m» du Groupe I et du Groupe II ..... | 45 |
|       | Tableau 4 – Epaisseur du composé .....                                                                                      | 46 |
|       | Tableau 5 – Distances minimales pour cartes de circuit imprimé multicouches .....                                           | 47 |
|       | Tableau 6 – Essai de pression .....                                                                                         | 57 |
|       | Tableau B.1 – Allocation des échantillons d'essai .....                                                                     | 61 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

## Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 60079-18 a été établie par le comité d'études 31 de la CEI: Equipements pour atmosphères explosives.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de la CEI 60079-18 (2004) et la CEI 61241-18 (2004), et elle constitue une révision technique.

Les modifications techniques importantes par rapport à l'édition antérieure sont indiquées ci-dessous:

- Introduction du niveau de protection «mc»
- Niveaux de protection du matériel (EPL Ma, Ga, Da, Mb, Gb, Db, Gc, Dc)
- Introduction des exigences pour la poussière
- Introduction des contacts de commutation pour le niveau de protection «ma»

Le texte de la présente norme est basé sur les documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 31/784/FDIS | 31/801/RVD      |

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

La présente norme doit être lue conjointement à la CEI 60079-0:2007, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60079, présentées sous le titre général *Atmosphères explosives* peut être consultée 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 du corrigendum de juin 2009 a été pris en considération dans cet exemplaire.

## ATMOSPHÈRES EXPLOSIVES –

### Partie 18: Protection du matériel par encapsulage «m»

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60079 définit les exigences spécifiques à la construction, aux essais et au marquage des matériels électriques, des parties de matériels électriques et des composants Ex protégés par encapsulage de type «m» et destinés à une utilisation dans les atmosphères explosives gazeuses ou les atmosphères explosives poussiéreuses.

La présente partie ne s'applique qu'aux matériels électriques protégés par encapsulage, aux parties de matériel électrique protégées par encapsulage et aux composants Ex protégés par encapsulage (ci-après toujours dénommés matériel «m») pour lesquels la tension assignée n'excède pas 11 kV.

L'utilisation du matériel électrique en atmosphère pouvant contenir simultanément du gaz explosif et des poussières combustibles peut nécessiter des mesures de protection supplémentaires.

La présente norme ne s'applique pas aux poussières d'explosifs qui n'exigent pas d'oxygène de l'air pour leur combustion ni aux substances pyrophores.

La présente norme ne tient pas compte des risques, quels qu'ils soient, résultant d'une émission de gaz inflammable ou toxique provenant de la poussière.

La présente norme complète et modifie les exigences générales de la CEI 60079-0. Lorsqu'une exigence de la présente norme est en conflit avec une exigence de la CEI 60079-0, l'exigence de la présente norme doit avoir préséance.

#### 2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables pour l'application de ce document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document référencé (incluant tout amendement) s'applique.

CEI 60079-0, *Atmosphères explosives – Partie 0: Matériel – Exigences générales*

CEI 60079-7, *Atmosphères explosives – Partie 7: Protection de l'équipement par sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque «i»*

CEI 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection de matériels par mode de protection «n»*

CEI 60079-26, *Atmosphères explosives – Partie 26: Matériel d'un niveau de protection du matériel (EPL) Ga*

CEI 60079-31, *Atmosphères explosives – Partie 31: Protection du matériel contre l'inflammation des poussières par enveloppe «t»*

CEI 60127 (toutes les parties), *Coupe-circuit miniatures*

CEI 60243-1, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

CEI 60691, *Protecteurs thermiques – Prescriptions et guide d'application*

CEI 60730-2-9, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-9: Règles particulières pour les dispositifs de commande thermosensibles*

CEI 60738-1, *Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification* (disponible en anglais seulement)

CEI 61241-11, *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 11: Protection par sécurité intrinsèque «iD»*

CEI 61558-2:-6, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général*

CEI 62326-4-1, *Cartes imprimées – Partie 4: Cartes imprimées multicouches rigides avec connexions intercouches – Spécification intermédiaire – Section 1: Spécification particulière d'agrément – Niveaux de performances A, B et C*

ISO 62, *Plastiques – Détermination de l'absorption d'eau*

ANSI/UL 248-1, *Norme pour les fusibles basse tension – Partie 1: Règles générales*

ANSI/UL 746B, *Polymeric Materials – Long-term Property Evaluations* (disponible en anglais seulement)

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions donnés dans la CEI 60079-0 et les définitions suivantes spécifiques à l'encapsulage «m» s'appliquent.

NOTE Des définitions supplémentaires applicables aux atmosphères explosives sont données dans la CEI 60050-426.

#### 3.1 encapsulage «m»

mode de protection dans lequel les parties de matériel qui sont capables d'enflammer une atmosphère explosive par étincelle ou échauffement sont enfermées dans un composé, de telle sorte que l'inflammation d'une couche de poussière ou d'une atmosphère explosive dans des conditions de fonctionnement ou d'installation ne peut se produire

#### 3.2 composé

tout matériau à l'état solide, thermodurcissable, thermoplastique, résine époxy ou élastomère avec ou sans charge et/ou additif

#### 3.3 plage de températures du composé

plage de températures dans laquelle les propriétés du composé, lors du fonctionnement ou du stockage, sont conformes aux exigences de la présente norme

### 3.4

#### **température de fonctionnement continu (COT) du composé**

température dans laquelle, conformément aux informations données par le constructeur, les propriétés du composé satisfont, pendant le fonctionnement, aux exigences de la présente norme de façon permanente sur l'étendue de la durée de vie prévue pour le matériel

### 3.5

#### **encapsulage**

processus d'application du composé pour enfermer tout dispositif électrique par des moyens appropriés

### 3.6

#### **surface libre**

surface du composé exposée aux atmosphères explosives et/ou couches de poussières

### 3.7

#### **fonctionnement normal**

fonctionnement du matériel conformément à sa spécification de conception, tant du point de vue électrique que mécanique, et utilisé dans les limites spécifiées par le constructeur

NOTE 1 Les limites spécifiées par le constructeur peuvent comprendre des conditions opérationnelles permanentes, par exemple le fonctionnement d'un moteur à un régime nominal.

NOTE 2 Toutes les variations des spécifications d'alimentation dans les limites spécifiées et toute autre tolérance opérationnelle font partie du fonctionnement normal.

### 3.8

#### **vide**

interstice non intentionnel créé lors du processus d'encapsulage

### 3.9

#### **espace libre**

espace créé intentionnellement autour de composants, ou espace à l'intérieur d'un composant

### 3.10

#### **contact de commutation**

contact mécanique destiné à établir ou à couper un circuit électrique

### 3.11

#### **adhérence**

agrégat permanent d'un composé à la surface d'une paroi et qui est étanche à l'humidité, au gaz et à la poussière

### 3.12

#### **défaut pris en compte**

défaut qui survient dans les parties de matériel électrique conformes aux exigences de construction

### 3.13

#### **séparation ou isolation infaillible**

séparation ou isolation entre les parties électriquement conductrices qui est considérée comme non sujette aux courts-circuits, comme spécifié dans la CEI 60079-18. La probabilité que de tels modes de défaillance surviennent en service ou en stockage est considérée suffisamment faible pour ne pas être prise en compte

### 3.14

#### **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 60079-18

### 3.15

#### **isolement solide**

matériau d'isolement qui est extrudé ou moulé, mais non coulé

NOTE Les isolateurs fabriqués à partir de deux ou de plusieurs pièces en matériau isolant qui sont solidement fixés ensemble, peuvent être considérés comme solides. Les vernis et revêtements similaires ne sont pas considérés comme des isolations solides.

## **4 Généralités**

### **4.1 Niveau de protection (EPL pour Equipment protection level)**

Le matériel électrique avec encapsulage «m» doit être soit de:

- a) niveau de protection « ma » (EPL «Ma, Ga, Da»),
- b) niveau de protection « mb » (EPL «Mb, Gb, Db») ou de
- c) niveau de protection « mc » (EPL «Gc, Dc»).

Les exigences de la présente norme s'appliquent à tous les niveaux de protection EPL «m», sauf spécification contraire.

### **4.2 Exigences supplémentaires pour le niveau de protection «ma»**

La tension de travail en tout point du circuit ne doit pas dépasser 1kV.

Les composants sans protection supplémentaire doivent être utilisés à condition qu'ils ne puissent pas endommager mécaniquement ou thermiquement l'encapsulage en cas de tout défaut spécifié.

Autrement, lorsqu'un défaut d'un composant interne risque d'entraîner une défaillance du système d'encapsulage par suite d'une élévation de température, les exigences de 7.9 doivent s'appliquer.

### **4.3 Tension assignée et courant de court-circuit présumé**

La tension assignée et le courant de court-circuit présumé doivent être spécifiés de façon à ce que la limite de température ne soit pas dépassée pour le niveau de protection approprié «ma», «mb» ou «mc».

## **5 Exigences pour les composés**

### **5.1 Généralités**

La documentation doit spécifier le ou les composés utilisés et la ou les méthodes de mesure.

Au minimum, les propriétés du ou des composés dont dépend l'encapsulage «m» doivent être effectives.

NOTE Lors de la sélection des composés, il convient de tenir compte de l'expansion des composants lors du fonctionnement et de l'éventualité de défaut autorisés.

### **5.2 Spécification**

La spécification pour le composé doit comprendre ce qui suit:

- a) le nom et l'adresse du fabricant du composé,
- b) la référence exacte et complète du composé et le cas échéant le pourcentage des charges et autres additifs, les rapports de mélange et la désignation du type,

- c) le cas échéant, tout traitement de surface du ou des composés, par exemple vernissage,
- d) le cas échéant, toute exigence de prétraitement du composant dans le but d'obtenir une meilleure adhérence du composé sur le composant; par exemple nettoyage, gravure,
- e) la rigidité diélectrique en accord avec la CEI 60243-1, à la température maximale du matériel déterminée en accord avec 8.2.2, si la valeur de cette température est disponible. Si elle n'est pas disponible, les exigences de 5.3.2 doivent être appliquées,
- f) la gamme de températures du ou des composés (température de fonctionnement continu),
- g) dans le cas d'un matériel «m» pour lequel le composé constitue une partie de l'enveloppe externe, la valeur de l'indice de température IT tel que défini par la CEI 60079-0. En variante à l'IT, l'indice relatif thermique (IRT-choc mécanique) peut être déterminé en accord avec ANSI/UL 746B,
- h) la couleur du composé utilisé pour les échantillons d'essai, si la spécification du composé est influencée par un changement de couleur.

NOTE La vérification de la conformité du composé à la spécification du fabricant n'est pas une exigence de la présente norme.

### 5.3 Propriétés du composé

#### 5.3.1 Absorption d'eau

Si le matériel est destiné à un environnement humide, le composé doit être essayé en accord avec 8.1.1. Si cet essai n'est pas effectué, le matériel doit être marqué «X» en accord avec les exigences de marquage de la CEI 60079-0 et l'utilisation restreinte aux environnements secs doit être clarifiée dans les instructions.

#### 5.3.2 Rigidité diélectrique

Si la valeur de la rigidité diélectrique en accord avec la CEI 60243-1 n'est pas disponible à la température maximale du matériel telle que définie en 8.2.2, voir 5.2 e), un essai doit être réalisé en accord avec 8.1.2.

## 6 Températures

### 6.1 Généralités

La valeur maximale de la température de fonctionnement continu du composé ne doit pas être dépassée dans des conditions de fonctionnement normal. La température maximale de surface en accord avec la CEI 60079-0 ne doit pas être dépassée dans des conditions de fonctionnement normal et dans des conditions de défaut telles que définies en 7.2.1. Le matériel «m» doit être protégé de telle façon que l'encapsulage «m» ne soit pas altéré dans ces conditions de défaut.

NOTE Le fonctionnement normal inclut le fonctionnement aux valeurs extrêmes des tolérances de tension d'alimentation, normalement 90 % à 110 %, sauf spécification contraire.

### 6.2 Détermination des valeurs limites de température

#### 6.2.1 Température maximale de surface

La température maximale de surface doit être déterminée en utilisant la méthode d'essai donnée en 8.2.2 en accord avec les conditions d'alimentation spécifiées en 4.3. Cette température doit être utilisée pour déterminer la classe de température pour les atmosphères explosives gazeuses ou la température maximale de surface, exprimée en degrés Celsius, du matériel destiné aux atmosphères explosives poussiéreuses.

### 6.2.2 Température du composé

Le ou les composants les plus chauds doivent être déterminés. La température maximale dans le composé, à proximité du ou des composants les plus chauds, doit être déterminée en utilisant la méthode d'essai donnée en 8.2.2 pour le fonctionnement normal.

Autrement, la détermination du composant le plus chaud peut être faite soit par calcul, soit à partir de la spécification du fabricant ou soit par un essai avant encapsulation du composant.

### 6.3 Limites en température

Lorsque le matériel peut être défectueux, se reporter à 7.2.1, ou en cas de possible élévation de température, par exemple à la suite de l'application d'une tension dommageable en accord avec 7.2.1 ou suite à une charge dommageable, ces paramètres doivent être pris en compte pour déterminer les températures limites.

Lorsque pour des raisons de sécurité, un dispositif de protection doit limiter les températures, ce doit être un dispositif interne ou externe, électrique ou thermique, tel que défini en 7.9.

## 7 Exigences de construction

### 7.1 Généralités

Lorsque le composé fait partie de l'enveloppe externe, il doit satisfaire aux exigences de la CEI 60079-0 applicables aux enveloppes non métalliques et aux parties d'enveloppes non métalliques.

Si la surface du composé est totalement ou partiellement entourée par une enveloppe et que l'enveloppe fait partie de la protection, l'enveloppe ou les parties de l'enveloppe doivent satisfaire aux exigences de la CEI 60079-0.

Si l'utilisateur requiert l'application de mesures de protection supplémentaires pour satisfaire aux exigences de la présente norme (par exemple, une protection mécanique supplémentaire), le matériel doit être marqué «X» en accord avec la CEI 60079-0, pour indiquer cette condition particulière d'utilisation.

Les actions appropriées doivent être prises pour tenir compte de l'expansion des composants pendant un fonctionnement normal et en cas d'apparition de défaut en accord avec 7.2.

Dans 7.2 à 7.9, les exigences sont différentes selon que le composé adhère ou non à l'enveloppe. La spécification d'une adhérence vise à empêcher l'introduction de poussière combustible et d'humidité aux interfaces des surfaces de séparation (par exemple enveloppe-composé, composé-pièces non entièrement recouvertes par le composé, telles que cartes de circuits imprimés, bornes de connexion, etc.). Lorsque l'adhérence est nécessaire pour assurer le type de protection, elle doit être intacte après la fin de tous les essais prescrits.

NOTE Le choix du ou des composés à utiliser pour une application spécifique dépend du rôle attribué à chaque composé. En général, il ne suffit pas d'essayer un composé une seule fois en vue d'une utilisation universelle d'encapsulation «m».

### 7.2 Détermination des défauts

#### 7.2.1 Examen des défauts

L'encapsulage «m» ne doit pas être invalidé ni par les conditions d'entrées assignées les plus défavorables, ni par une charge de sortie comprise entre 90 % et 110 % des valeurs assignées, ni par la charge la plus défavorable et ni par deux défauts internes pris en compte pour le niveau de protection «ma» ou un défaut interne pris en compte pour le niveau de protection «mb».

Aucun défaut n'est pris en compte pour le niveau de protection «mc».

NOTE Des défauts sont par exemple, un court-circuit dans un composant, la défaillance d'un composant ou un défaut dans une carte de circuit imprimé.

Les composants conformes aux exigences de 7.2.2 ne sont pas considérés comme pouvant être en défaut et les distances de séparation infaillibles ne sont considérées défectueuses qu'en accord avec 7.2.4.

La défaillance de certains composants peut provoquer des conditions instables, par exemple la variation d'une résistance de faible à élevée. Dans ces cas, la condition qui donne la dissipation de puissance maximale doit être retenue.

Si un défaut entraîne ultérieurement un ou plusieurs autres défauts, par exemple à la suite de la surcharge d'un composant, le défaut initial et les défauts ultérieurs doivent être considérés comme constituant un seul défaut.

### 7.2.2 Composants considérés comme ne pouvant pas être défaillant

Pour les niveaux de protection «ma» et «mb», les composants suivants doivent être considérés comme ne pouvant pas être défaillants s'ils sont encapsulés conformément aux exigences de la présente norme, s'ils sont appropriés pour la température en service et s'ils ne sont pas chargés à plus de 2/3 de leur tension assignée, courant assigné ou puissance assignée spécifiés par le fabricant du composant:

- résistances, qui sont conformes aux résistances de limitation de courant de la CEI 60079-11,
- bobines spiralées, une seule couche,
- condensateurs plastiques multicouches,
- condensateurs au papier,
- condensateurs céramiques,
- semiconducteurs, s'ils sont utilisés conformément aux montages en shunt de sécurité de la CEI 60079-11,
- dispositifs à semiconducteurs montés en série utilisés pour limiter le courant :
  - un dispositif unique est approprié pour le niveau de protection «mb»
  - deux dispositifs doivent être utilisés pour le niveau de protection «ma».

Pour les niveaux de protection «ma» et «mb», les bobines, les transformateurs et les enroulements de moteur conformes à la CEI 60079-7, y compris ceux dont le diamètre de fil est inférieur à 0,25 mm, doivent être considérés comme ne pouvant pas être défaillants s'ils sont encapsulés conformément aux exigences de la présente norme.

### 7.2.3 Composants d'isolation

Pour la séparation de différents circuits, les composants suivants sont considérés fournir l'isolation et ne sont pas considérés comme pouvant être défaillants pour ce qui concerne l'isolation:

- coupleurs optoélectroniques et relais, si la tension d'isolement assignée est conforme à  $2U + 1\,000\text{ V eff. } +5\%_0$  ou à  $1\,500\text{ V eff.}$ , la plus grande de ces deux valeurs devant être considérée ( $U$  est la somme des tensions efficaces assignées des deux circuits)
- transformateurs conformes à la CEI 61558-2-6 ou à la CEI 60079-11.

### 7.2.4 Distances de séparation infaillibles

Il n'est pas nécessaire de considérer la possibilité d'un défaut, tel que cela est décrit en 7.2.1 dans le cas d'un claquage de tension, si la distance entre les pièces nues sous tension

- du même circuit, ou
- d'un circuit et de pièces métalliques à la terre, ou
- de deux circuits séparés (la somme des tensions doit être prise en tant que tension pour le Tableau 1; si une des tensions est inférieure de 20 % par rapport à l'autre, elle ne doit pas être prise en compte),

satisfait aux exigences de 7.2.4.1 et, s'il y a lieu, de 7.2.4.2.

#### 7.2.4.1 Distances dans le composé

Les distances dans le composé doivent être considérées infaillibles **par rapport au court-circuit** pour le niveau de protection «ma» et le niveau de protection «mb» si elles sont conformes aux valeurs du Tableau 1, à condition que les distances dans le composé soient fixées ou maintenues mécaniquement avant l'encapsulage.

Les distances qui sont comprises entre les distances minimales données pour le niveau de protection «mc» et les distances infaillibles données pour le niveau de protection «ma» et «mb» ne sont pas considérées infaillibles et elles doivent être évaluées en tant que défaut pris en compte. Les distances inférieures à celles données pour le niveau de protection «mc» sont considérées être des courts-circuits si elles invalident le mode de protection «m».

Pour le niveau de protection «mc», les valeurs du Tableau 1 constituent des exigences de construction et elles peuvent être obtenues par immobilisation mécanique avant l'encapsulage.

**Tableau 1 – Distances dans le composé**

| Tension $U$ eff. ou c.c. (voir note)<br>V                                                                                                                                                                                                                                                      | Distance minimale<br>mm |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | «ma»                    | «mb» | «mc» |
| ≤32                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,5                     | 0,5  | 0,2  |
| ≤63                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,5                     | 0,5  | 0,3  |
| ≤400                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                       | 1    | 0,6  |
| ≤500                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,5                     | 1,5  | 0,8  |
| ≤630                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2                       | 2    | 0,9  |
| ≤1 000                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2,5                     | 2,5  | 1,7  |
| ≤1 600                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                       | 4    | 4    |
| ≤3 200                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                       | 7    | 7    |
| ≤6 300                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                       | 12   | 12   |
| ≤10 000                                                                                                                                                                                                                                                                                        | -                       | 20   | 20   |
| NOTE Les tensions indiquées proviennent de la CEI 60664-1. Pour toutes les tensions, la tension de service réelle peut dépasser la valeur indiquée au tableau à hauteur de 10 %. Cela est basé sur la rationalisation des tensions d'alimentation indiquées au Tableau F.3b de la CEI 60664-1. |                         |      |      |

#### 7.2.4.2 Distances d'isolement dans le matériau

La distance d'isolement dans le matériau, dont le type de protection «m» dépend, doit être au minimum de 0,1 mm et doit être conforme avec l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4.

### 7.3 Espace libre dans l'encapsulage

#### 7.3.1 Matériel «m» du Groupe III

Le composé doit être exempt de tout vide.

La somme des espaces libres n'est pas limitée, mais le volume des espaces libres individuels est limité à 100 cm<sup>3</sup>. L'épaisseur du composé entourant de tels espaces libres doit être conforme aux exigences du Tableau 2.

**Tableau 2 – Epaisseur minimale du composé adjacent à un espace libre pour le matériel «m» du Groupe III**

| Niveau de protection                                                                                                                       | Epaisseur minimale du composé entre l'espace libre et | Espace libre ≤ 1 cm <sup>3</sup>        | Espace libre > 1 cm <sup>3</sup> ≤ 100 cm <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| «ma»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 3 mm                                    | 3 mm                                                   |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup> | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup>                |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 3 mm                                    | 3 mm                                                   |
| «mb»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 1 mm                                    | 3 mm                                                   |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 1 mm (enveloppe + composé)              | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup>                |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 1 mm                                    | 3 mm                                                   |
| «mc»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 1 mm                                    | 1 mm                                                   |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 1 mm (enveloppe + composé)              | 1 mm (enveloppe + composé)                             |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 1 mm                                    | 1 mm                                                   |
| <sup>a</sup> Epaisseur de la cloison de l'enveloppe ≥ 1 mm.                                                                                |                                                       |                                         |                                                        |
| NOTE L'épaisseur du matériau indiquée dans ce tableau n'implique pas la conformité aux autres essais mécaniques requis par la CEI 60079-0. |                                                       |                                         |                                                        |

#### 7.3.2 Matériel «m» du Groupe I et du Groupe II

Le composé doit être exempt de tout vide.

La somme de tous les espaces libres ne doit pas dépasser

- 100 cm<sup>3</sup> pour le niveau de protection «mb» et «mc»;
- 10 cm<sup>3</sup> pour le niveau de protection «ma».

L'épaisseur minimale du composé entourant de tels espaces libres doit être conforme au Tableau 3.

**Tableau 3 – Epaisseur minimale du composé adjacent à un espace libre pour le matériel «m» du Groupe I et du Groupe II**

| Niveau de protection                                                                                                                       | Epaisseur minimale du composé entre l'espace libre et | Espace libre $\leq 1 \text{ cm}^3$      | Espace libre $> 1 \text{ cm}^3 \leq 10 \text{ cm}^3$                             | Espace libre $> 10 \text{ cm}^3 \leq 100 \text{ cm}^3$                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| «ma»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 3 mm                                    | 3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)                                    | Non admissible                                                                   |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup> | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup> (essai de pression conformément à 8.2.6) | Non admissible                                                                   |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 3 mm                                    | 3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)                                    | Non admissible                                                                   |
| «mb»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 1 mm                                    | 3 mm                                                                             | 3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)                                    |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 1 mm (enveloppe + composé)              | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup>                                          | 3 mm (enveloppe + composé) <sup>a</sup> (essai de pression conformément à 8.2.6) |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 1 mm                                    | 3 mm                                                                             | 3 mm (essai de pression conformément à 8.2.6)                                    |
| «mc»                                                                                                                                       | Espace libre ou surface libre                         | 1 mm                                    | 1 mm                                                                             | 3 mm                                                                             |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique avec adhérence | 1 mm (enveloppe + composé)              | 1 mm (enveloppe + composé)                                                       | 3 mm (enveloppe + composé)<br>Voir note                                          |
|                                                                                                                                            | Enveloppe non métallique ou métallique sans adhérence | 1 mm                                    | 1 mm                                                                             | 3 mm                                                                             |
| <sup>a</sup> Epaisseur de la cloison de l'enveloppe $\geq 1 \text{ mm}$ .                                                                  |                                                       |                                         |                                                                                  |                                                                                  |
| NOTE L'épaisseur du matériau indiquée dans ce tableau n'implique pas la conformité aux autres essais mécaniques requis par la CEI 60079-0. |                                                       |                                         |                                                                                  |                                                                                  |

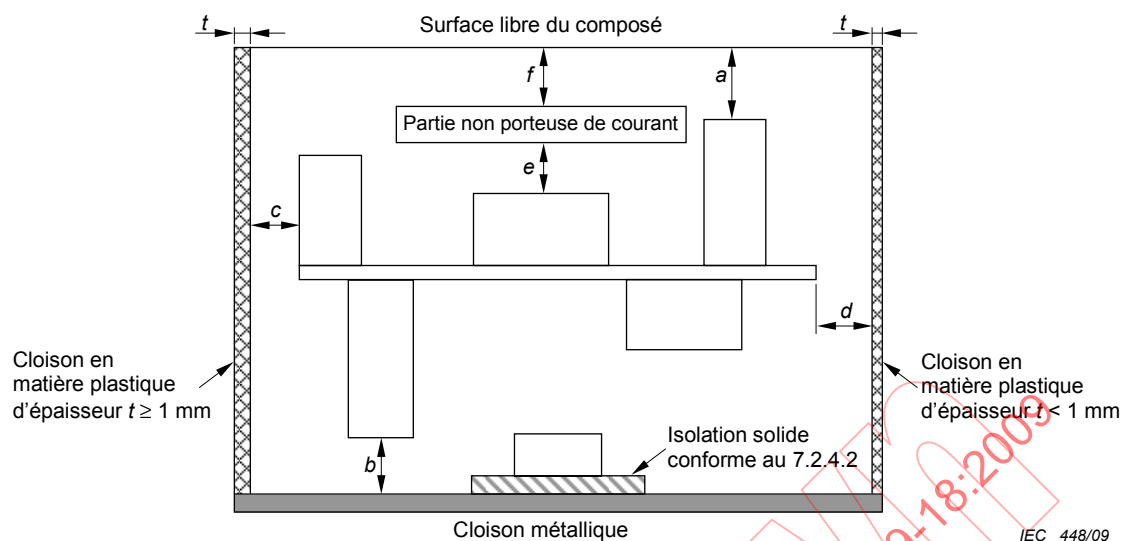
## 7.4 Epaisseur du composé

### 7.4.1 Matériel «m»

L'épaisseur minimale du composé enrobant les composants électriques et le circuit doit être conforme au Tableau 4 et à la Figure 1.

Si un isolant solide conforme à 7.2.4.2 est utilisé dans une enveloppe ayant des parois métalliques comme le décrit la Figure 1, le composé doit adhérer à la paroi.

NOTE La Figure 1 ne représente pas nécessairement une construction réelle mais elle est destinée à aider à comprendre le Tableau 4 en montrant un circuit encapsulé avec tous les cas: une surface libre, une enveloppe métallique, une enveloppe plastique avec différentes épaisseurs de paroi.



### Légende

- a distance par rapport une surface libre
- b distance par rapport une enveloppe métallique
- c distance par rapport à une enveloppe plastique ayant une épaisseur de paroi  $t \geq 1$  mm
- d distance par rapport à une enveloppe plastique ayant une épaisseur de paroi  $t < 1$  mm
- e distance par rapport à une partie non porteuse de courant dans le composé
- f distance entre une partie non porteuse de courant et une surface libre

**Figure 1 – Règles dimensionnelles pour les épaisseurs dans le composé**

Dans tous les cas, le composé doit être soumis à l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4.

**Tableau 4 – Epaisseur du composé**

|                                                                                                                                                                                                             | Niveau de protection «ma»     | Niveau de protection «mb» ou «mc»                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Surface libre $\leq 2 \text{ cm}^2$                                                                                                                                                                         | $a \geq 3 \text{ mm}$         | $a \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$     |
| Surface libre $> 2 \text{ cm}^2$                                                                                                                                                                            | $a \geq 3 \text{ mm}$         | $a \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 3 \text{ mm}$     |
| Enveloppe plastique avec adhérence (épaisseur de paroi $t < 1 \text{ mm}$ )                                                                                                                                 | $d \geq 3 \text{ mm}$         | $d \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$     |
| Enveloppe plastique avec adhérence (épaisseur de paroi $t \geq 1 \text{ mm}$ )                                                                                                                              | $c \geq (3 \text{ mm} - t)^a$ | $c \geq (\text{distance en accord avec le Tableau 1} - t)^a$                 |
| Enveloppe plastique sans adhérence                                                                                                                                                                          | $c = d \geq 3 \text{ mm}$     | $c = d \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$ |
| Enveloppe métallique                                                                                                                                                                                        | $b \geq 3 \text{ mm}$         | $b \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$     |
| Pièce non porteuse de courant                                                                                                                                                                               | $e \geq 3 \text{ mm}$         | $e \geq$ distance en accord avec le Tableau 1, mais pas $< 1 \text{ mm}$     |
| Pièce non porteuse de courant – Surface libre                                                                                                                                                               | $f + e \geq a$                | $f + e \geq a$                                                               |
| <sup>a</sup> Dans le cas d'une enveloppe plastique avec adhérence et d'épaisseur de paroi $\geq 1 \text{ mm}$ , si l'application de la formule permet $c = 0$ le composant peut être placé contre la paroi. |                               |                                                                              |

## 7.4.2 Enroulements pour machines électriques

Dans le cas des machines électriques avec enroulements dans des gorges, le matériau isolant dans la gorge doit avoir:

- a) pour le niveau de protection «ma» uniquement, une épaisseur minimale de 0,1 mm et il doit être étendu sur au moins 5 mm au-delà de la gorge;
- b) pour les niveaux de protection «ma» et «mb», l'extrémité de la gorge et l'extrémité du câblage doivent être protégées par l'épaisseur minimale du composé en accord avec 7.4. Un essai de rigidité diélectrique en accord avec 8.2.4 doit être réussi avec une tension d'essai alternative de  $U = (2U + 1\,000 \text{ V eff. } +5_0 \%)$  avec un minimum de 1 500 V c.a. de 48 Hz à 62 Hz.

## 7.4.3 Cartes de circuits imprimés rigides multicouches avec connexions traversantes

### 7.4.3.1 Généralités

Les cartes de circuits imprimés multicouches qui satisfont aux exigences de la CEI 62326-4-1, niveau de performance C, fonctionnant à des tensions inférieures ou égales à 500 V, sont réputées être encapsulées si elles sont conformes aux exigences de 7.4.3.2.

### 7.4.3.2 Distances minimales

L'épaisseur d'isolement constituée par les stratifiés cuivrés et les films adhésifs doit satisfaire aux exigences de 7.2.4.2.

La distance minimale entre les conducteurs de circuits imprimés et le bord de la carte de circuit imprimé multicouche ou de tout trou traversant de la carte doit être au moins égale à la distance b du Tableau 5. Si les bords ou trous traversants sont protégés par un matériau métallique ou isolant s'étendant sur la surface de la carte à au moins 1 mm desdits bords ou trous traversants, la distance entre les conducteurs de la carte imprimée et le matériau isolant ou métallique peut être réduite à la distance c du Tableau 5. Le revêtement métallique doit avoir une épaisseur d'au moins 35 µm, se reporter également à la Figure 2 et au Tableau 5.

**Tableau 5 – Distances minimales pour cartes de circuit imprimé multicouches**

| Distance | Niveau de protection «ma» | Niveau de protection «mb» | Niveau de protection «mc» |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| a        | 3 mm                      | 0,5 mm                    | 0,25 mm                   |
| b        | 3 mm                      | 3 mm                      | 1mm                       |
| c        | 3 mm                      | 1 mm                      | 0,5 mm                    |
| d        | 0,1 mm, voir 7.2.3.2      | 0,1 mm, voir 7.2.3.2      | 0,1 mm, voir 7.2.3.2      |
| e        | Conformément au Tableau 1 | Conformément au Tableau 1 | Conformément au Tableau 1 |

où

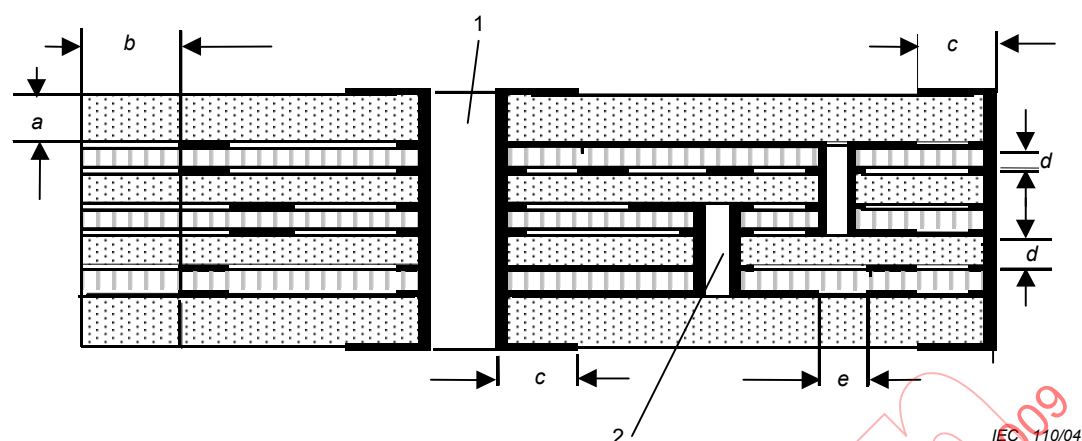
a est la distance entre la partie sous tension et la surface externe par la couche de fermeture;

b est la distance entre la partie sous tension et la surface externe le long de la couche de fermeture;

c est la longueur de la partie métallique ou de l'isolement sur la surface de la carte à partir du bord ou du trou;

d est l'épaisseur de la couche adhésive ou du cœur où la séparation est nécessaire;

e est la distance entre deux circuits à l'intérieur du multicouche où la séparation est nécessaire.

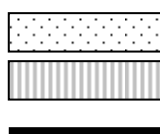


#### Légende

coeur et couche de fermeture

couche adhésive

cuivre



1 Contact traversant de terminaison

2 Contact traversant pour connecter les conducteurs imprimés sur des couches différentes

**Figure 2 – Distances minimales pour les cartes imprimées multicouches**

## 7.5 Contacts de commutation

NOTE Il convient que le composé ne pénètre pas dans l'enveloppe des contacts de commutation pendant le processus d'encapsulation.

### 7.5.1 Niveau de protection «ma»

Les contacts de commutation doivent être munis d'une enveloppe supplémentaire en accord avec les exigences applicables aux dispositifs hermétiquement scellés telles que définies dans la CEI 60079-15, avant encapsulage.

NOTE Il convient que cette enveloppe supplémentaire résiste à toutes les contraintes pendant le processus de remplissage et toutes les contraintes attendues pendant la durée de vie du matériel.

L'assignation du contact de commutation est limitée à 60 V et 6 A. L'enveloppe supplémentaire doit être constituée de matériaux inorganiques si le courant commuté dépasse 2/3 du courant assigné spécifié par le fabricant du composant.

### 7.5.2 Niveau de protection «mb»

Les contacts de commutation doivent être munis d'une enveloppe supplémentaire avant l'encapsulation. L'enveloppe supplémentaire doit être constituée d'un matériau inorganique si le courant commuté dépasse 2/3 du courant assigné spécifié par le constructeur du composant ou si le courant dépasse 6 A.

### 7.5.3 Niveau de protection «mc»

Les contacts de commutation doivent être munis d'une enveloppe supplémentaire avant l'encapsulation. Cette enveloppe supplémentaire doit être faite en matériau inorganique si le courant commuté dépasse 6 A.

## 7.6 Connexions externes

### 7.6.1 Généralités

L'entrée de tous les conducteurs électriques, câbles inclus, dans le composé doit être conçue de manière à empêcher l'introduction d'une atmosphère explosive dans le matériel «m» dans des conditions de fonctionnement normal et dans les conditions de défaut spécifiées en 7.2.

NOTE Ceci peut être réalisé par une distance de cheminement des conducteurs nus d'une longueur d'au moins 5 mm dans le composé.

Dans le cas où les composés sont utilisés pour fixer un câble de façon permanente, le câble doit être protégé convenablement contre les dégradations provoquées par la flexion et l'essai de traction doit être réalisé conformément à 8.2.5.

### 7.6.2 Exigences supplémentaires pour le matériel «ma»

Les connexions externes doivent être conformes aux exigences suivantes:

- pour l'EPL Ma, niveau de protection «ia»;
- pour l'EPL Ga, exigences «Ga» de la CEI 60079-26;
- pour l'EPL Da, exigences «Da» de la CEI 60079-31 ou niveau de protection «iaD» de la CEI 61241-11.

NOTE La CEI 61241-11 spécifie les catégories de protection «iaD» et «ibD» et fait référence à l'Article 5 de la CEI 60079-11 où «ia» et «ib» sont identifiés comme «niveaux de protection». Dans le cadre de la CEI 60079-18, les termes catégories et niveaux sont synonymes.

## 7.7 Protection des parties actives nues

En fonction de l'EPL requis, les parties actives nues qui dépassent de la surface du composé doivent être protégées par un autre type de protection comme cela est indiqué dans la CEI 60079-0 pour les EPL.

NOTE Ceci implique que le matériel soit marqué en tant que «modes de protection combinés» conformément à la CEI 60079-0.

## 7.8 Piles et accumulateurs

### 7.8.1 Généralités

Lors de l'évaluation des dispositifs de contrôle des accumulateurs par rapport au dégagement potentiel de gaz, la totalité de la plage de températures de fonctionnement, la résistance interne et la tension maximale pouvant être délivrée doivent être prises en compte. L'hypothèse doit être faite que les accumulateurs peuvent se déséquilibrer, mais il n'est pas nécessaire de prendre en compte leurs éléments de résistance ou de tension négligeable.

Le paragraphe 7.8 s'applique à tous les niveaux de protection, à moins d'être spécifiquement exclu.

Pour le niveau de protection «ma», les piles et accumulateurs doivent être conformes aux exigences pour piles et accumulateurs de la CEI 60079-11, la relaxation faite dans la CEI 60079-11 permettant la connexion de piles montées en parallèle n'étant toutefois pas autorisée dans le matériel protégé uniquement par encapsulage.

### 7.8.2 Prévention des dégagements gazeux

Les systèmes électrochimiques pouvant dégager du gaz pendant le fonctionnement normal ne sont pas autorisés. Si pour les niveaux de protection «ma» et «mb», il n'est pas possible d'empêcher le dégagement du gaz en cas de défaut, il doit être réduit au minimum au moyen d'un dispositif de contrôle conformément à 7.8.8. Dans le cas d'éléments d'accumulateurs, le

dispositif de contrôle doit être efficace non seulement pendant le chargement, mais également pendant le déchargement. Cela s'applique également à l'extérieur de la zone.

En particulier,

- a) des batteries ventilées ne doivent pas être utilisés,
- b) des batteries étanches à «soupape de régulation» ne doivent pas être utilisées,
- c) les batteries étanches au gaz qui ne dégagent pas de gaz en conditions de service ou de défaut dans la plage des températures ambiantes du matériel électrique peuvent être utilisées sans dispositif de contrôle, conformément à 7.8.8.

Les batteries étanches au gaz ne satisfaisant pas aux exigences de 7.8.2 c) doivent avoir un dispositif de contrôle conformément à 7.8.8.

### 7.8.3 Protection contre les températures excessives et contre la détérioration des piles et accumulateurs

Dans le cas de charge le plus défavorable, les piles et les accumulateurs doivent satisfaire à a) ou b):

- a) en fonctionnement normal, la température de surface des éléments ne doit pas dépasser la température spécifiée par le constructeur des piles ou des accumulateurs, ni 80 °C si non spécifié par le constructeur, à la température ambiante maximale du matériel, et le courant de chargement et de déchargement ne doit pas dépasser la valeur de sécurité spécifiée par le constructeur, ou
- b) les piles ou accumulateurs doivent être pourvus d'un ou de plusieurs dispositifs de contrôle décrits de 7.8.5 à 7.8.8 afin de prévenir tout échauffement ou dégagement de gaz inacceptables dans le composé.

### 7.8.4 Courant inverse

Pour le niveau de protection «ma» et «mb» et quand il y existe une autre source de tension dans la même enveloppe, la pile ou l'accumulateur encapsulé et ses circuits associés doivent être protégés contre le chargement par des circuits autres que ceux spécifiquement conçus pour le chargement. Par exemple, en séparant la pile ou l'accumulateur et ses circuits associés de tout autre source de tension à l'intérieur de l'enveloppe, en utilisant les distances spécifiées dans le Tableau 1 pour la tension la plus élevée capable de provoquer un courant inverse. Autrement, la pile ou l'accumulateur peut être séparé d'une autre source de tension en utilisant seulement les distances spécifiées dans le Tableau 1, mais avec une diode de blocage pour le niveau de protection «mb», ou deux diodes de blocages pour le niveau de protection «ma», placées comme le montre la Figure 3 ci-dessous, et arrangées de sorte à réduire le risque d'un défaut entraînant seul le court-circuit des deux diodes.



IEC 449/09

NOTE La figure décrit une configuration pour le niveau de protection «ma».

**Figure 3 – Mise en place de diodes de blocage**

### 7.8.5 Limitation de courant

Les caractéristiques de température maximale de surface doivent être déterminées au moyen du courant de décharge autorisé sous la charge maximale spécifiée par le constructeur du matériel électrique ou par le dispositif de protection (voir 7.9, par exemple: 1,7 × régime du fusible) ou en court-circuit si ne sont spécifiés ni charge ni dispositif de protection.