

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61241-18

Première édition
First edition
2004-08

**Matériels électriques pour utilisation
en présence de poussières combustibles –**

**Partie 18:
Protection par encapsulage «mD»**

**Electrical apparatus for use in the
presence of combustible dust –**

**Part 18:
Protection by encapsulation "mD"**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61241-18:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61241-18

Première édition
First edition
2004-08

**Matériels électriques pour utilisation
en présence de poussières combustibles –**

**Partie 18:
Protection par encapsulage «mD»**

**Electrical apparatus for use in the
presence of combustible dust –**

**Part 18:
Protection by encapsulation "mD"**

© IEC 2004 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	6
INTRODUCTION	12
1 Domaine d'application	16
2 Références normatives	16
3 Termes et définitions	20
4 Généralités	22
4.1 Classification de température	22
4.2 Niveau de protection	22
4.3 Niveau de protection «maD»	22
4.4 Niveau de protection «mbD»	22
4.5 Spécifications de l'alimentation	24
5 Exigences pour les composés	24
5.1 Généralités	24
5.2 Spécification	24
6 Températures	24
6.1 Généralités	24
6.2 Limite de température	26
6.3 Détermination des valeurs de température limites	26
7 Exigences de construction	26
7.1 Généralités	26
7.2 Détermination de défauts éventuels	28
7.3 Contacts de commutation	40
7.4 Connexions externes	40
7.5 Protection des pièces nues sous tension	40
7.6 Eléments et batteries	40
7.7 Dispositifs de protection	46
8 Essais de type	48
8.1 Essais du composé – essai de l'absorption d'eau	48
8.2 Essais du matériel	48
9 Contrôles et essais individuels	56
9.1 Examen visuel	56
9.2 Essai de tension de tenue	56
10 Marquage	58
Annexe A (informative) Exigences de base des composés pour le matériel d'encapsulage «mD»	60
Annexe B (normative) Affectation des échantillons d'essai	62
Annexe C (normative) Procédure d'essai pendant l'essai thermique cyclique	64
Figure 1 – Distances entre la surface libre de composé et les composants/conducteurs	32
Figure 2 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs	34

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	13
1 Scope	17
2 Normative references	17
3 Terms and definitions	21
4 General	23
4.1 Temperature classification	23
4.2 Level of protection	23
4.3 Level of protection "mAD"	23
4.4 Level of protection "mBD"	23
4.5 Supply specifications	25
5 Requirements for compounds	25
5.1 General	25
5.2 Specification	25
6 Temperatures	25
6.1 General	25
6.2 Temperature limitation	27
6.3 Determination of the limiting temperature values	27
7 Constructional requirements	27
7.1 General	27
7.2 Determination of possible faults	29
7.3 Switching contacts	41
7.4 External connections	41
7.5 Protection of bare live parts	41
7.6 Cells and batteries	41
7.7 Protective devices	47
8 Type tests	49
8.1 Tests on the compound – water absorption test	49
8.2 Tests on the apparatus	49
9 Routine verifications and tests	57
9.1 Visual inspections	57
9.2 Dielectric strength test	57
10 Marking	59
Annex A (informative) Basic requirements for compounds for encapsulation "mD" apparatus	61
Annex B (normative) Allocation of test samples	63
Annex C (normative) Test procedure during thermal cycling test	65
Figure 1 – Distances between free surface of compound and components or conductors	33
Figure 2 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors	35

Figure 3 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs	36
Figure 4 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches	40
Figure A.1 – Exigences de base des composés pour le matériel d'encapsulation «mD»	60
Figure C.1 – Procédure d'essai pendant l'essai thermique cyclique	64
Tableau 1 – Distances dans le composé	30
Tableau 2 – Epaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants/conducteurs	32
Tableau 3 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs	34
Tableau 4 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs	36
Tableau 5 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches	38
Tableau 6 – Eléments primaires admissibles	42
Tableau 7 – Eléments secondaires admissibles	42
Tableau 8 – Conditions d'essai	56
Tableau B.1 – Affectation des échantillons d'essai	62

Figure 3 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors.....	37
Figure 4 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards	41
Figure A.1 – Basic requirements for compounds for encapsulation “mD” apparatus	61
Figure C.1 – Test procedure during thermal cycling test	65
Table 1 – Distances through the compound.....	31
Table 2 – Thickness of compound between the free surface of the compound and components or conductors.....	33
Table 3 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors.....	35
Table 4 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors.....	37
Table 5 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards.....	39
Table 6 – Permissible primary cells.....	43
Table 7 – Permissible secondary cells	43
Table 8 – Test pressure	57
Table B.1 – Allocation of test samples.....	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIELS ÉLECTRIQUES POUR UTILISATION EN PRÉSENCE DE POUSSIÈRES COMBUSTIBLES –

Partie 18: Protection par encapsulage «mD»

AVANT PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales et ils sont agréés comme tels par les Comités nationaux. 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) 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 spécification technique 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 61241-18 a été préparée par le sous-comité 31H: Matériels destinés à être utilisés en présence de poussières inflammables, du comité d'études 31 de la CEI: Matériel électrique pour atmosphères explosives.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
31H/176/FDIS	31H/180/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL APPARATUS FOR USE IN THE
PRESENCE OF COMBUSTIBLE DUST –****Part 18: Protection by encapsulation “mD”****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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 61241-18 has been prepared by subcommittee 31H: Apparatus for use in the presence of combustible dust, of IEC technical committee 31: Electrical apparatus for explosive atmospheres.

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

FDIS	Report on voting
31H/176/FDIS	31H/180/RVD

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

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

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 61241-0.

La CEI 61241 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles*:

Partie 0:	Exigences générales
Partie 1:	Protection par enveloppes «tD»
Partie 2:	Type de protection «pD»
Partie 10:	Classification des zones où les poussières combustibles sont ou peuvent être présentes
Partie 11:	Protection par sécurité intrinsèque «iD» ¹
Partie 14:	Sélection et installation
Partie 17:	Inspection et maintenance des installations électriques situées en emplacements dangereux (autres que les mines) ¹
Partie 18:	Protection par encapsulage «mD»
Partie 20 ¹	Méthodes d'essai
Partie 20-1:	Méthode de détermination des températures minimales d'inflammation des poussières
Partie 20-2:	Méthode de détermination de la résistivité électrique des couches de poussière
Partie 20-3:	Méthode de détermination de l'énergie minimale d'inflammation des mélanges air/poussières

NOTE Dans ce document, toutes les références à la série CEI 61241 suivent la renumérotation proposée pour les normes de poussière convenue par le SC31H et le CE31. Il peut être nécessaire de modifier ces numéros si les normes en question ne sont pas encore publiées.

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.

¹ A publier.

This standard is to be read in conjunction with IEC 61241-0.

IEC 61241 consists of the following parts under the general title: *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust*:

- Part 0: General requirements
- Part 1: Protection by enclosures 'tD'
- Part 2: Type of protection 'pD'
- Part 10: Classification of areas where combustible dusts are or may be present
- Part 11: Protection by intrinsic safety 'iD' ¹
- Part 14: Selection and installation
- Part 17: Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines) ¹
- Part 18: Protection by encapsulation 'mD'
- Part 20¹: Test methods
- Part 20-1: Methods for determining the minimum ignition temperatures of dust
- Part 20-2: Method for determining the electrical resistivity of dust in layers
- Part 20-3: Method for determining minimum ignition energy of dust/air mixtures

NOTE All references in this standard to the IEC 61241 series follows the proposed re-numbering of the dust standards agreed by SC31H and TC31. It may be necessary to alter these numbers if the relevant standards are not yet published.

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.

¹ To be published.

TABLEAU DE RÉFÉRENCES

Norme	Nouveau numéro assigné	Objet	Date de change- ment prévue
CEI 61241-1-1	CEI 61241-0	Exigences générales	2004
	CEI 61241-1	Protection par enveloppes	2004
CEI 61241-1-2	CEI 61241-14	Sélection et installation	2004
CEI 61241-2-1	CEI 61241-20-1	Méthodes d'essai	2005
CEI 61241-2-2	CEI 61241-20-2	Méthodes d'essai	2005
CEI 61241-2-3	CEI 61241-20-3	Méthodes d'essai	2005
CEI 61241-3	CEI 61241-10	Classification	2004
CEI 61241-4	CEI 61241-2	Protection par surpression interne	2005
	CEI 61241-11	Protection par sécurité intrinsèque	2005
	CEI 61241-17	Inspection et maintenance	2004
	CEI 61241-18	Protection par encapsulage	2004
	CEI 61241-19	Réparations et révision	2006

REFERENCE TABLE

Standard	New number assigned	Subject	Anticipated date of change
IEC 61241-1-1	IEC 61241-0	General requirements	2004
	IEC 61241-1	Protection by enclosure	2004
IEC 61241-1-2	IEC 61241-14	Selection and installation	2004
IEC 61241-2-1	IEC 61241-20-1	Test methods	2005
IEC 61241-2-2	IEC 61241-20-2	Test methods	2005
IEC 61241-2-3	IEC 61241-20-3	Test methods	2005
IEC 61241-3	IEC 61241-10	Classification	2004
IEC 61241-4	IEC 61241-2	Protection by pressurization	2005
	IEC 61241-11	Protection by intrinsic safety	2005
	IEC 61241-17	Inspection and maintenance	2004
	IEC 61241-18	Protection by encapsulation	2004
	IEC 61241-19	Repair and overhaul	2006

INTRODUCTION

De nombreuses poussières qui sont générées, traitées, manipulées et stockées sont combustibles. Lorsqu'elles sont enflammées, elles peuvent brûler rapidement et avec une force explosive considérable lorsqu'elles se mélangent avec de l'air dans des proportions appropriées. Il est souvent nécessaire d'utiliser un matériel électrique dans des endroits où ces matériaux combustibles sont présents et il faut donc prendre des précautions appropriées pour s'assurer que des matériels de ce genre sont protégés de manière appropriée afin de réduire tout risque d'inflammation de l'atmosphère explosive externe. Dans les matériels électriques, les sources d'inflammation potentielles sont principalement des arcs électriques et étincelles, des surfaces chaudes et des étincelles de friction.

Les emplacements où des poussières, particules volantes et fibres dans l'air sont en quantités dangereuses sont considérés comme à risque et sont classés en 3 zones en fonction du niveau de risque.

La sécurité électrique est généralement garantie par la mise en œuvre d'un ou deux principes, c'est-à-dire que le matériel électrique doit être situé dans la mesure du possible à l'extérieur des zones à risque et qu'il doit être conçu, installé et entretenu conformément aux mesures recommandées pour la zone où il se trouve.

La poussière combustible peut s'enflammer du fait de la présence d'un matériel électrique pour les causes principales suivantes:

- par les surfaces des matériels au-dessus de la température d'inflammation minimale de la poussière en question. La température d'inflammation d'un type de poussière est fonction des propriétés de la poussière, qu'il s'agisse de poussières dans un nuage ou dans une couche, ainsi que de l'épaisseur de la couche et de la géométrie de la source de chaleur;
- par formation d'un arc électrique ou d'étincelles sur des pièces électriques telles que commutateurs, contacts, collecteurs, balais, etc.;
- par la décharge d'une charge électrostatique accumulée;
- par énergie rayonnée (par exemple rayonnement électromagnétique);
- par formation mécanique d'étincelles, par friction ou par échauffement lié au matériel.

Afin d'éviter tout risque d'inflammation, il est nécessaire que

- la température des surfaces où les poussières peuvent se déposer, ou qui seraient en contact avec un nuage de poussière, soit maintenue en dessous des limites de température spécifiées dans cette norme;
- tout composant électrique générateur d'étincelles ou tout composant dont la température est supérieure à la température maximale spécifiée dans la CEI 61241-14
 - soit contenu dans une enveloppe qui empêche de manière appropriée l'introduction de poussière, ou que
 - l'énergie des circuits électriques soit limitée afin d'éviter des arcs électriques, étincelles ou températures susceptibles d'enflammer de la poussière combustible;
- toute source d'inflammation soit proscrite.

La conformité à la présente norme n'assurera le niveau de sécurité exigé que si le matériel électrique est utilisé dans les limites de ses caractéristiques assignées, installé et entretenu conformément aux codes de bonne pratique ou exigences correspondants, par exemple pour ce qui concerne la protection contre des surintensités, des courts-circuits internes et autres défaillances électriques. Il est notamment essentiel que la gravité et la durée d'une défaillance interne ou externe soient limitées à des valeurs que le matériel électrique est en mesure de supporter sans subir de dommage.

INTRODUCTION

Many dusts which are generated, processed, handled and stored, are combustible. When ignited they can burn rapidly and with considerable explosive force if mixed with air in the appropriate proportions. It is often necessary to use electrical apparatus in locations where such combustible materials are present, and suitable precautions must therefore be taken to ensure that all such apparatus is adequately protected so as to reduce the likelihood of ignition of the external explosive atmosphere. In electrical apparatus, potential ignition sources include electrical arcs and sparks, hot surfaces, and frictional sparks.

Areas where dusts, flyings and fibres in air occur in dangerous quantities are classified as hazardous and are divided into 3 zones according to the level of risk.

Generally, electrical safety is ensured by the implementation of one of two considerations, i.e. that electrical apparatus be located where reasonably practicable outside hazardous areas and that electrical apparatus be designed, installed and maintained in accordance with measures recommended for the area in which the apparatus is located.

Combustible dust can be ignited by electrical apparatus in several ways:

- by surfaces of the apparatus that are above the minimum ignition temperature of the dust concerned. The temperature at which a type of dust ignites is a function of the properties of the dust, whether the dust is in a cloud or layer, the thickness of the layer and the geometry of the heat source;
- by arcing or sparking of electrical parts such as switches, contacts, commutators, brushes, or the like;
- by discharge of an accumulated electrostatic charge;
- by radiated energy (for example, electromagnetic radiation);
- by mechanical sparking or frictional sparking or heating associated with the apparatus.

In order to avoid ignition hazards it is necessary that

- the temperature of surfaces, on which dust can be deposited, or which would be in contact with a dust cloud, is kept below the temperature limitation specified in this standard;
- any electrical sparking parts, or parts having a temperature above the temperature limit specified in IEC 61241-14
 - are contained in an enclosure which adequately prevents the ingress of dust, or
 - the energy of electrical circuits is limited so as to avoid arcs, sparks or temperatures capable to ignite combustible dust;
- any other ignition sources are avoided.

Compliance with this standard will only provide the required level of safety if the electrical apparatus is operated within its rating and is installed and maintained according to the relevant codes of practice or requirements, for example in respect of protection against over-currents, internal short-circuits, and other electrical faults. In particular, it is essential that the severity and duration of an internal or external fault be limited to values that can be sustained by the electrical apparatus without damage.

Plusieurs techniques sont disponibles pour la protection contre l'explosion des matériels électriques dans les emplacements dangereux. Cette norme décrit les caractéristiques de sécurité de ces techniques de protection contre l'explosion et spécifie les procédures d'installation à adopter. Il est de la plus grande importance que les procédures correctes de sélection et d'installation soient suivies pour assurer une utilisation du matériel électrique en toute sécurité dans les zones dangereuses.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61241-18:2004

Withdr2Wn

Several techniques are available for the explosion protection of electrical apparatus in hazardous areas. This standard describes the safety features of these types of explosion-protection techniques and specifies the installation procedures to be adopted. It is most important that the correct selection and installation procedures be followed to ensure the safe use of electrical apparatus in hazardous areas.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61241-18:2004

Withdr2Wn

MATÉRIELS ÉLECTRIQUES POUR UTILISATION EN PRÉSENCE DE POUSSIÈRES COMBUSTIBLES –

Partie 18: Protection par encapsulage «mD»

1 Domaine d'application

Sauf mention contraire, il convient de lire cette norme conjointement avec la CEI 61241-0 dont les exigences s'appliquent aux matériels électriques protégés par encapsulage et par limitation de la température de surface.

Cette partie de la CEI 61241 s'applique aux matériels électriques protégés par encapsulage de type «mD» et par limitation de la température de surface en vue d'une utilisation dans des zones de présence de poussière combustible en quantités pouvant entraîner des risques d'incendie ou d'explosion. Elle spécifie les exigences de conception, de construction et d'essais du matériel électrique, des pièces du matériel électrique et des composants Ex pour lesquels la tension assignée ne dépasse pas 10 kV.

NOTE 1 La tension de service réelle peut être supérieure à la valeur ci-dessus jusqu'à hauteur de 10 %.

NOTE 2 La CEI 61241-14 («Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 14: Sélection et installation») donne des directives quant à la sélection et à l'installation du matériel. Le matériel couvert par cette norme peut également être soumis à des exigences supplémentaires d'autres normes, par exemple la CEI 60079-0 («Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales»).

L'utilisation du matériel électrique dans des atmosphères qui peuvent contenir du gaz explosif et de la poussière combustible soit simultanément soit séparément requiert des mesures de protection supplémentaires.

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

La présente norme ne s'applique pas aux matériels électriques devant être utilisés dans les zones souterraines des mines, ainsi que dans les zones des installations de surface de telles mines menacées par le grisou et/ou par la poussière combustible. Elle ne traite pas des dangers provenant d'une émission de gaz inflammable ou toxique de la poussière.

Elle s'applique uniquement à la protection par encapsulage et elle ne couvre pas d'autres types de protection.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60079-7:2001, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 7: Sécurité augmentée «e»*

CEI 60079-11:1999, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 11: Sécurité intrinsèque «i»*

CEI 60086-1, *Piles électriques – Partie 1: Généralités* (disponible en anglais seulement)

ELECTRICAL APPARATUS FOR USE IN THE PRESENCE OF COMBUSTIBLE DUST –

Part 18: Protection by encapsulation “mD”

1 Scope

This standard is to be read in conjunction with IEC 61241-0, the requirements of which apply to electrical apparatus protected by encapsulation and surface temperature limitation unless specifically excluded.

This part of IEC 61241 is applicable to electrical apparatus protected by encapsulation type of protection “mD” and surface temperature limitation for use in areas where combustible dust may be present in quantities which could lead to a fire or explosion hazard. It specifies requirements for design, construction and testing of electrical apparatus, parts of electrical apparatus and Ex components where the rated voltage does not exceed 10 kV.

NOTE 1 The actual working voltage may exceed the value given above by up to 10 %.

NOTE 2 IEC 61241-14 (“Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 14: Selection and installation”) gives guidance on the selection and installation of the apparatus. Apparatus within the scope of this standard may also be subjected to additional requirements in other standards – for example, IEC 60079-0 (“Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements”).

The application of electrical apparatus in atmospheres which may contain explosive gas as well as combustible dust, whether simultaneously or separately, requires 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 is not applicable to electrical apparatus intended for use in underground parts of mines as well as those parts of surface installations of such mines endangered by firedamp and/or combustible dust. This standard does not take account of any risk due to an emission of flammable or toxic gas from the dust.

This standard does not include other types of protection and is only applicable to protection by encapsulation.

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 60079-7:2001, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 7: Increased safety “e”*

IEC 60079-11:1999, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 11: Intrinsic safety “i”*

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

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 60285:1993, *Accumulateurs alcalins – Eléments individuels cylindriques rechargeables étanches au nickel-cadmium*²

CEI 60622, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments individuels parallélipédiques rechargeables étanches au nickel-cadmium*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

Amendement 1 (2000)

Amendement 2 (2002)

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

CEI 61150, *Accumulateurs alcalins – Batteries monobloc d'éléments boutons rechargeables étanches au nickel-cadmium*

CEI 61241-0:—, *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 0: Exigences générales*

CEI 61241-1:—, *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 1: Protection par enveloppes «tD»*

CEI 61241-11:—, *Matériels électriques pour utilisation en présence de poussières combustibles – Partie 11: Protection par sécurité intrinsèque «iD»*³

CEI 61436, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments individuels rechargeables étanches au nickel-métal hydrure*⁴

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 61960-1, *Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour applications portables – Partie 1: Eléments d'accumulateurs au lithium*

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

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

ANSI/UL 248-1, *Norme pour les fusibles basse tension – Exigences générales* (disponible en anglais seulement)

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

² Annulée et remplacée par la CEI 61951-1 (2003).

³ A publier.

⁴ Annulée et remplacée par la CEI 61951-2 (2003).

IEC 60127 (all parts), *Miniature fuses*

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

IEC 60285, *Alkaline secondary cells and batteries – Sealed nickel-cadmium cylindrical rechargeable single cells*²

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

IEC 60664–1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

Amendment 1 (2000)

Amendment 2 (2002)

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

IEC 61150, *Alkaline secondary cells and batteries – Sealed nickel cadmium rechargeable monobloc batteries in button cell design*

IEC 61241-0:—, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 0: General requirements*

IEC 61241-1:—, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 1: Protection by enclosures “tD”*

IEC 61241-11:—, *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust – Part 11: Protection by intrinsic safety “iD”*³

IEC 61436, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride rechargeable single cells*⁴

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

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

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, *Polymeric Materials – Long-term Property Evaluations*

² Cancelled and replaced by IEC 61951-1 (2003).

³ To be published.

⁴ Cancelled and replaced by IEC 61951-2 (2003).

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants – qui sont spécifiques à la protection par encapsulage «mD» – s'appliquent. Ils constituent un complément aux définitions données dans la CEI 61241-0.

3.1

encapsulage «mD»

type de protection où les pièces susceptibles de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive par étincelles ou échauffement sont enfermées dans un composé de manière à éviter l'inflammation d'une couche ou d'un nuage de poussière dans des conditions d'installation ou de fonctionnement

3.2

composés

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

3.3

plage de températures du composé

plage de températures dans lesquelles les propriétés du composé, lors du fonctionnement ou du stockage, sont conformes aux exigences de cette norme

3.4

température de fonctionnement continue (COT) du composé

température dans laquelle, conformément aux informations données par le constructeur, les propriétés du composé satisfont, pendant le fonctionnement, aux exigences de cette norme sur une base permanente pendant la durée de vie prévue du matériel

3.5

encapsulage

processus d'application du composé pour enfermer un ou des dispositifs électriques par des moyens appropriés

3.6

surface libre

surface de composé exposée aux atmosphères explosives

3.7

conditions de fonctionnement normal

fonctionnement du matériel conformément à sa spécification de conception du point de vue électrique et 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 de service.

NOTE 2 Toute variation 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

interstice créé intentionnellement autour des composants ou interstice à l'intérieur des composants

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, specific to protection by encapsulation "mD", apply. They supplement the definitions given in IEC 61241-0.

3.1

encapsulation "mD"

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 cloud 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

the 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

the temperature 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 apparatus

3.5

encapsulation

the 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

3.7

normal operation

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

NOTE 1 The limits specified by the manufacturer may include persistent operational conditions, 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

contact de commutation

contact mécanique destiné à la coupure et fermeture d'un circuit électrique

4 Généralités

4.1 Classification de température

Le matériel électrique «mD» doit être classé conformément à l'Article 5 de la CEI 61241-0.

4.2 Niveau de protection

Le matériel électrique «mD» doit avoir le niveau de protection «maD» ou le niveau de protection «mbD».

Sauf mention contraire, les exigences de cette norme doivent s'appliquer à ces deux niveaux de protection.

En cas d'utilisation d'un dispositif de protection sans réenclenchement, conformément à la CEI 60127 ou à la CEI 60691, un seul dispositif s'avère nécessaire pour les deux niveaux de protection.

4.3 Niveau de protection «maD»

Le niveau de protection «maD» ne doit pas pouvoir provoquer d'inflammation dans les circonstances suivantes:

- a) dans des conditions normales d'installation et de fonctionnement;
- b) dans des conditions anormales spécifiées;
- c) dans des conditions de défaillances définies.

Dans le cas du niveau de protection «maD», la tension de service en tout point du circuit d'encapsulage ne doit pas dépasser 1 kV.

Dans le cas du niveau de protection «maD», les composants sans protection supplémentaire peuvent être utilisés uniquement s'ils ne risquent pas en cas de défaut d'endommager l'encapsulage, mécaniquement ou thermiquement.

Sinon, lorsque le défaut d'un composant interne peut conduire à la défaillance du système d'encapsulage suite à l'augmentation de la température, les exigences de 6.2 s'appliquent.

NOTE Certains composants dont l'application est admissible conformément à cette norme pour le niveau de protection «mbD» peuvent rendre inefficace la mesure de protection «par encapsulage» du fait des détériorations mécaniques ou thermiques résultant de réactions internes. Il convient d'exclure ce risque pour le matériel de niveau de protection «maD».

4.4 Niveau de protection «mbD»

Le niveau de protection «mbD» ne doit pas pouvoir provoquer d'inflammation dans les circonstances suivantes:

- a) dans des conditions normales d'installation et de fonctionnement;
- b) dans des conditions de défaillances définies.

3.10**switching contact**

mechanical contact which is intended for making and breaking of an electrical circuit

4 General**4.1 Temperature classification**

Encapsulation "mD" apparatus shall be classified in accordance with Clause 5 of IEC 61241-0.

4.2 Level of protection

Electrical apparatus with encapsulation "mD" shall be either level of protection "maD" or level of protection "mbD".

The requirements of this standard shall apply to both levels of protection unless otherwise stated.

If a non-resetting protective device, according to IEC 60127 or IEC 60691, is used, then only one device is necessary for both levels of protection.

4.3 Level of protection "maD"

Level of protection "maD" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and installation conditions;
- b) any specified abnormal conditions;
- c) in defined failure conditions.

For level of protection "maD" the working voltage at any point in the encapsulation circuit shall not exceed 1 kV.

For level of protection "maD", components without additional protection shall only be used if they cannot damage the encapsulation mechanically or thermally in the case of any fault.

Alternatively, where a fault of an internal component may lead to failure of the encapsulation system due to increasing temperature, the requirements of 6.2 shall apply.

NOTE Certain components whose application is allowed according to this standard for level of protection "mbD" can possibly make the protective measure 'encapsulation' ineffective by mechanical or thermal damage as a consequence of internal reactions. This risk should be excluded for level of protection "maD" apparatus.

4.4 Level of protection "mbD"

Level of protection "mbD" shall not be capable of causing ignition in each of the following circumstances:

- a) in normal operation and installation conditions;
- b) in defined failure conditions.

4.5 Spécifications de l'alimentation

Les valeurs limites de l'alimentation (tension assignée et courant de court-circuit disponible) doivent être indiquées afin de garantir que dans le cas du niveau de protection approprié «maD» ou «mbD», la température limite ne peut être dépassée. Tout autre dispositif de protection doit être conforme aux exigences de 7.7.

5 Exigences pour les composés

5.1 Généralités

Conformément à 23.2 de la CEI 61241-0 la documentation doit spécifier le ou les composés utilisés et la ou les méthodes de traitement.

Les propriétés du ou des composés qui régissent l'encapsulage «mD» doivent au minimum être spécifiées.

Lors de la sélection des matériaux d'encapsulage, il faut tenir compte de l'expansion des composants pendant le fonctionnement et en cas d'anomalies admissibles.

5.2 Spécification

Le constructeur doit engager sa responsabilité sur la conformité du composé à sa spécification.

La spécification doit inclure ce qui suit:

- a) le nom et l'adresse du constructeur du composé;
- b) la référence exacte et complète du matériau et, le cas échéant, le pourcentage des charges et autres additifs, rapports de mélange et désignation de type;
- c) s'il y a lieu, tout traitement de la surface du ou des composés (par exemple vernissage);
- d) si nécessaire pour obtenir l'adhérence correcte du composé à un composant, toute exigence de prétraitement du composant (par exemple nettoyage, gravure);
- e) s'il y a lieu, le résultat de l'essai de l'absorption d'eau conformément à 8.1. Lorsque cet essai n'a pas été effectué, le matériel doit être marqué du symbole «X» en accord avec le point l) de 29.2 de la CEI 61241-0;
- f) la rigidité diélectrique conformément à la CEI 60243-1, à la température maximale du matériel déterminée conformément à 8.2.2;
- g) la plage de température du ou des composés (température de fonctionnement continu supérieure et inférieure);
- h) dans le cas du matériel d'encapsulage «mD» où le composé fait partie de l'enveloppe extérieure, la valeur de l'index de température TI tel que défini en 6.1.4 de la CEI 61241-0. Comme alternative au TI, l'indice thermique relatif (RTI-impact mécanique) peut être déterminé en accord avec ANSI/UL 746B;
- i) la couleur du composé utilisé pour les échantillons d'essai quand les spécifications du composé peuvent être affectées par le changement de couleur.

6 Températures

6.1 Généralités

Ni la température de surface maximale ni la valeur maximale de la température de fonctionnement continu du composé ne doivent être dépassées en fonctionnement normal. Le matériel «mD» doit être protégé de manière à éviter que l'encapsulage «mD» ne soit affecté en cas de conditions de défaut spécifiées.

4.5 Supply specifications

The limiting values of the supply (rated voltage and the prospective short circuit current) shall be stated to ensure that under the relevant level of protection, “maD” or “mbD”, the limiting temperature is not exceeded. Any protective device used shall comply with the requirements of 7.7.

5 Requirements for compounds

5.1 General

The documentation in accordance with 23.2 of IEC 61241-0 shall specify the compound(s) used and the processing method(s).

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

Due consideration shall be taken in the selection of encapsulating materials to allow for the expansion of components during operation and in the event of allowable faults.

5.2 Specification

The manufacturer shall attest on his own responsibility that the material complies with the compound specification.

The specification shall include:

- a) the name and address of the manufacturer of the compound;
- b) the exact and complete reference of the material, 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) if appropriate, the result of the water absorption test in accordance with 8.1. Where this test has not been performed, the apparatus shall be marked “X” in accordance with item l) of 29.2 of IEC 61241-0;
- f) the dielectric strength in accordance with IEC 60243-1 at the maximum temperature of the apparatus determined according to 8.2.2;
- g) temperature range of the compound(s) (upper and lower continuous operating temperature);
- h) in the case of encapsulation “mD” apparatus where the compound is part of the outside enclosure, the temperature index TI value as defined in 6.1.4 of IEC 61241-0. As an alternative to the TI, the Relative Thermal Index (RTI-mechanical impact) may be determined in accordance with ANSI/UL 746B;
- i) the colour of the compound used for the test samples where the compound specification will be influenced by changing the colour.

6 Temperatures

6.1 General

The maximum surface temperature and the maximum value of the continuous operating temperature of the compound shall not be exceeded during normal operation. The encapsulation “mD” apparatus shall be protected in such a way that the encapsulation “mD” is not affected under specified fault conditions.

6.2 Limite de température

Lorsque pour raisons de sécurité un dispositif de protection doit limiter les températures, il doit s'agir d'un dispositif sans réenclenchement interne ou externe, électrique ou thermique. Un seul dispositif est nécessaire pour le niveau de protection «mbD» et deux le sont pour le niveau de protection «maD». Le contact thermique entre le dispositif et le composant sous surveillance doit être suffisant. Pour des raisons fonctionnelles le matériel «mD» peut également contenir un dispositif de protection réenclenchable supplémentaire.

Si le dispositif de protection sans réenclenchement satisfait à la CEI 60127 ou à la CEI 60691, un seul dispositif est nécessaire pour les deux niveaux de protection.

Lorsque le matériel peut s'avérer défectueux, se reporter à 7.2.1, ou, en cas de possible élévation de température (par exemple suite à une entrée de tension intempestive selon 7.2.1 ou à une charge intempestive), ces paramètres doivent être pris en compte pour déterminer la température limite.

6.3 Détermination des valeurs de température limites

6.3.1 Température de surface maximale

La température de surface maximale doit être déterminée au moyen de la méthode d'essai indiquée en 8.2.2 conformément aux conditions d'alimentation spécifiées en 4.5.

6.3.2 Température des composants à l'intérieur du composé

Le ou les composants les plus chauds doivent être déterminés. La température maximale du composé situé à proximité du ou des composants les plus chauds doit être déterminée au moyen de la méthode d'essai indiquée pour le fonctionnement normal en 8.2.2.

NOTE La détermination du composant le plus chaud peut s'effectuer par calcul ou selon les spécifications du constructeur ou par essai pratique avant l'encapsulation des composants.

7 Exigences de construction

7.1 Généralités

Lorsque l'encapsulation fait partie de l'enveloppe extérieure, il doit être conforme aux exigences pour les enveloppes non métalliques et les parties d'enveloppes non métalliques.

Si des mesures de protection supplémentaires sont exigées par l'utilisateur de façon à satisfaire aux exigences de cette norme, par exemple des protections mécaniques supplémentaires, pour indiquer cette condition particulière d'utilisation, le matériel doit être marqué «X» conformément à l) de 29.2 de la CEI 61241-0.

Des mesures pertinentes doivent être prises pour tenir compte de l'expansion des composants pendant le fonctionnement normal et en cas de défauts conformément à 7.2.

Les exigences de 7.2 à 7.7 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-pièces non entièrement encastrées dans le composé telles que cartes de circuits imprimés, bornes de connexion etc.). Tout traitement supplémentaire éventuel des surfaces de séparation nécessaire pour assurer l'adhérence doit être inclus dans la documentation du constructeur.

6.2 Temperature limitation

When a protective device is required to limit temperatures for safety reasons, it shall be a non-resetting internal or external, electrical or thermal device. One device is required for level of protection “mbD” and two devices for level of protection “maD”. The thermal coupling of the device to the component being monitored shall be sufficient. For functional reasons the “mD” apparatus may also contain an additional resettable protective device.

If the non-resetting protective device complies with IEC 60127 or IEC 60691, only one device is necessary for both levels of protection.

Where the apparatus may be subject to fault, see 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, these shall be taken into account in determining the limiting temperature.

6.3 Determination of the limiting temperature values

6.3.1 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 4.5.

6.3.2 Temperature of the components in 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.

NOTE The determination of the hottest component may be done by calculation or manufacturer's specification or by a practical test prior to encapsulating the components.

7 Constructional requirements

7.1 General

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

If additional protective measures are required by the user in order to satisfy the requirements of this standard, for example, additional mechanical protection, to indicate this special condition of use, the apparatus shall be marked “X” in accordance with item l) of 29.2 of IEC 61241-0.

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 7.7 the requirements differ according to whether the compound adheres to the enclosure. Where adhesion is specified the aim is to prevent the ingress of combustible dust 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, connections terminals, etc.). If additional treatment for the boundary surfaces is required in order to ensure adhesion, this shall be included in the manufacturer's documentation.

Lorsqu'une adhérence est spécifiée, elle doit être maintenue après exécution des essais prescrits.

NOTE Le choix du ou des composés à utiliser pour une application spécifique dépend de la tâche devant être effectuée par chaque composé. En général, il ne suffit pas de tester un composé une seule fois en vue d'une utilisation universelle d'encapsulation «mD».

7.2 Détermination de défauts éventuels

7.2.1 Examen des défauts

La protection apportée par l'encapsulation doit être maintenue même en cas de condition d'entrée défavorable (mais entre 90 % et 110 % du paramètre nominal), en cas de charge de sortie défavorable et de défaut électrique interne (deux défauts pour le niveau de protection «maD» et un pour le niveau de protection «mbD»), par exemple, dans les cas suivants:

- court-circuit d'un composant;
- défaillance d'un composant;
- défaut de circuits imprimés.

Composants infaillibles et distances de séparation infaillibles ne doivent pas être sujets à des défauts.

Si un défaut entraîne ultérieurement une anomalie (ou plusieurs) suite à la surcharge d'un composant, le ou les défauts primaires et ultérieurs seront considérés comme constituant un seul défaut.

7.2.2 Composants infaillibles

Les composants suivants sont réputés être infaillibles s'ils sont encapsulés conformément aux exigences de cette norme, s'ils sont appropriés pour la plage de températures à l'emplacement de l'installation et s'ils ne sont pas chargés à plus de 2/3 de leur tension, courant et puissance assignés spécifiés par le constructeur du composant respectif:

- résistances, qui satisfont à 8.4 de la CEI 60079-11,
- bobines spirales, une seule couche,
- condensateurs plastiques multicouches,
- condensateurs au papier,
- condensateurs céramiques,
- semi-conducteurs, s'ils sont utilisés conformément à 8.6 de la CEI 60079-11.

En cas d'utilisation de dispositifs à semi-conducteurs pour limiter le courant, un seul dispositif suffit pour le niveau de protection «mbD», mais on doit en utiliser deux pour le niveau de protection «maD».

NOTE Contrairement aux exigences des matériels de sécurité intrinsèque de niveau de protection «iaD» conformément à la CEI 61241-11, l'utilisation de circuits de régulation de semi-conducteurs actifs n'est pas interdite, car l'effet de perturbations transitoires à court terme est nettement moins important dans le cas de matériel encapsulé.

Pour la séparation de différents circuits, les composants suivants sont réputés être infaillibles.

- a) Coupleurs optoélectroniques et relais, si la tension d'isolement assignée est conforme à $(2U + 1\,000\text{ V})$ ou à $1\,500\text{ V c.a.}$, la plus grande de ces deux valeurs devant être considérée (U est la somme des tensions efficaces assignées des deux circuits).
- b) Transformateurs, en conformité avec la CEI 61558-2-6 ou CEI 61241-11.
- c) Les bobines, transformateurs et enroulements de moteur conformes à la CEI 60079-7 y compris ceux dont le diamètre de fil est inférieur à 0,25 mm lorsqu'ils sont également protégés contre des températures internes inadmissibles.

Where adhesion is specified, 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 "mD".

7.2 Determination of possible faults

7.2.1 Fault examination

The encapsulation protection shall be maintained even in the case of an unfavourable input condition (but between 90 % and 110 % of the rated parameter) and unfavourable output load and of any internal electrical fault (two faults for level of protection "maD" and one fault for level of protection "mbD"), for example, in the event of

- a short circuit in any component;
- the failure of any component;
- a fault in the printed circuitry.

Infallible components and infallible separation distances shall not be subject to fault.

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) are considered to be a single fault.

7.2.2 Infallible components

The following components shall be considered to be infallible if they are encapsulated according to the requirements of this standard, are suitable for the temperature range at the site of installation and if they are not loaded with more than 2/3 of their rated voltage, rated current and rated power specified by the manufacturer of the respective component:

- resistors, if they comply with 8.4 of IEC 60079-11,
- single-layer, spirally wound coils,
- plastic foil capacitors,
- paper capacitors,
- ceramic capacitors,
- semiconductors, if they are used in accordance with 8.6 of IEC 60079-11.

Where semiconductor devices are used to limit current, a single device is adequate for level of protection "mbD" but two devices shall be used for level of protection "maD".

NOTE In contrast to the requirements for intrinsically safe apparatus with level of protection "iaD" according to IEC 61241-11, it is not necessary to prohibit the use of active semiconductor regulating circuits, as the effect of a short term transient disturbance is significantly less for encapsulated apparatus.

The following components for the segregation of different circuits shall be considered infallible.

- a) Optocouplers and relays, if the rated insulation voltage conforms to $(2U + 1\,000\text{ V})$ or $1\,500\text{ V a.c.}$ whichever is greater (U is the sum of the rated r.m.s. voltages of both circuits).
- b) Transformers, complying with IEC 61558-2-6 or IEC 61241-11.
- c) Coils, transformers and motor windings that comply with IEC 60079-7, including those that have wire diameters of less than 0,25 mm when they are also protected against inadmissible internal temperatures, are considered infallible.

7.2.3 Distances de séparation infaillibles

Il n'est pas nécessaire de considérer la possibilité d'un défaut tel que décrit en 7.2.1 résultant d'un claquage de tension si les distances entre les pièces nues sous tension

- du même circuit, ou
- d'un circuit et 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),

satisfont aux exigences de 7.2.3.1 et s'il y a lieu de 7.2.3.2.

7.2.3.1 Distances dans le composé

Les distances dans le composé sont réputées être infaillibles si elles sont conformes aux valeurs du Tableau 1, sous réserve qu'elles aient été fixées mécaniquement avant l'encapsulage.

Tableau 1 – Distances dans le composé

Tension (voir Note) $U_{\text{eff. ou c.c.}}, V$	Distance minimale mm
≤ 63	0,5
≤ 400	1
≤ 500	1,5
≤ 630	2
$\leq 1\,000$	2,5
$\leq 1\,600$	4
$\leq 3\,200$	7
$\leq 6\,300$	12
$\leq 10\,000$	20
NOTE: Les tensions indiquées proviennent de la CEI 60664-1. Pour toutes les tensions, la tension de service véritable peut dépasser la valeur indiquée au tableau à hauteur de 30 %. Cela est basé sur la rationalisation des tensions d'alimentation indiquées au Tableau 3b de la CEI 60664-1.	

7.2.3.2 Distances dans l'isolement solide

Les distances dans l'isolement solide sont réputées être infaillibles si l'épaisseur minimale de l'isolement solide est de 0,1 mm et si elle satisfait à l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4.

7.2.4 Epaisseur du composé

Si la surface du composé est totalement ou partiellement entourée d'une enveloppe et que l'enveloppe fait partie de la protection, l'enveloppe ou des parties de l'enveloppe doivent satisfaire aux exigences de la CEI 61241-1.

L'épaisseur minimale du composé avec ou sans enveloppe autour doit satisfaire aux exigences de 7.2.5 à 7.2.7 selon les besoins.

Dans tous les cas, l'agent d'encapsulage doit être en outre soumis à l'essai de rigidité diélectrique de 8.2.4.

7.2.3 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 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 7.2.3.1 and if applicable 7.2.3.2.

7.2.3.1 Distances through the compound

Distances through compound shall be considered to be infallible if they comply with the values in Table 1, provided that they were fixed mechanically before encapsulation.

Table 1 – Distances through the compound

Voltage (see Note) <i>U</i> r.m.s. or d.c., V	Minimum distance mm
≤ 63	0,5
≤ 400	1
≤ 500	1,5
≤ 630	2
≤ 1 000	2,5
≤ 1 600	4
≤ 3 200	7
≤ 6 300	12
≤ 10 000	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 3b of IEC 60664-1.	

7.2.3.2 Distances through solid insulation

Distances through solid insulation shall be considered to be infallible if the minimum thickness of solid insulation is 0,1 mm and meets the dielectric strength test of 8.2.4.

7.2.4 Thickness of the compound

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 61241-1.

The minimum thickness of the compound with or without a surrounding enclosure shall comply with the requirements of 7.2.5 to 7.2.7 as applicable.

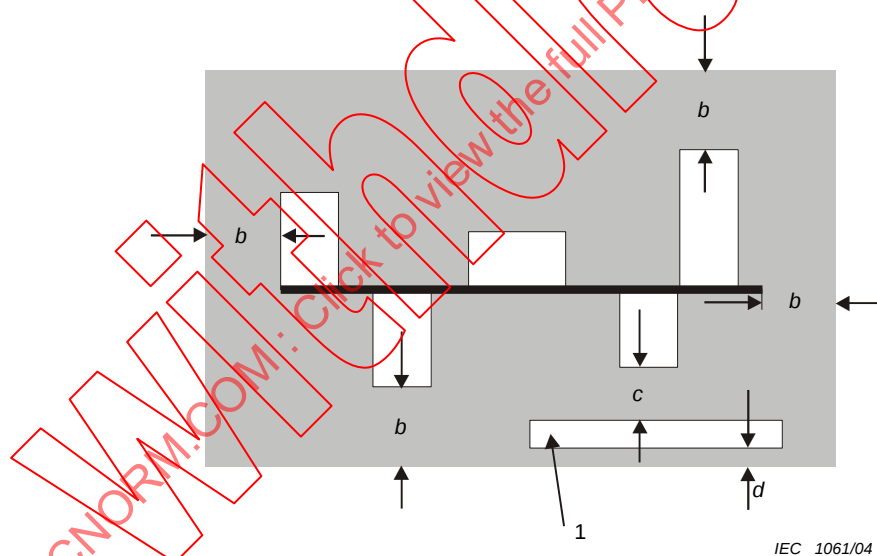
In all cases the encapsulant is additionally subjected to the dielectric strength test of 8.2.4.

7.2.5 Matériel d'encapsulation «mD» avec surface libre

L'épaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants/conducteurs de l'encapsulation, comme indiqué à la Figure 1, doit correspondre au Tableau 2.

Tableau 2 – Epaisseur du composé entre la surface libre du composé et les composants/conducteurs

Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»
$b \geq 3 \text{ mm}$	Surface libre $< 2 \text{ cm}^2$ $b \geq$ distance conformément au Tableau 1, mais non inférieure à 1 mm
	Surface libre $> 2 \text{ cm}^2$ $b \geq$ distance conformément au Tableau 1, mais non inférieure à 3 mm
$c \geq$ distance conformément au Tableau 1	$c \geq$ distance conformément au Tableau 1
$d \geq 3 \text{ mm}$	$d \geq 1 \text{ mm}$
où b est la distance entre le composant et la surface libre; c est la distance entre le composant et les pièces qui ne sont pas sous tension à l'intérieur de l'encapsulation; d est la distance entre une pièce qui n'est pas sous tension et la surface libre.	



Légende

1 Pièce non sous tension

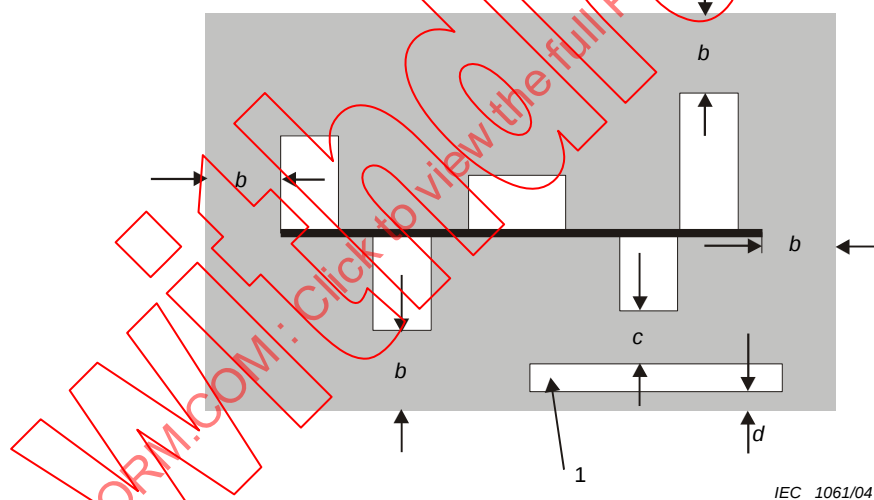
Figure 1 – Distances entre la surface libre du composé et les composants/conducteurs

7.2.5 Encapsulation "mD" apparatus with free surface

The thickness of the compound between the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation, as shown in Figure 1, shall comply with Table 2.

Table 2 – Thickness of compound between the free surface of the compound and components or conductors

Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"
$b \geq 3 \text{ mm}$	Free surface $< 2 \text{ cm}^2$ $b \geq$ distance according to Table 1, but not less than 1 mm
	Free surface $> 2 \text{ cm}^2$ $b \geq$ distance according to Table 1, but not less than 3 mm
$c \geq$ distance according to Table 1	$c \geq$ distance according to Table 1
$d \geq 3 \text{ mm}$	$d \geq 1 \text{ mm}$
where b is the distance between the component and the free surface; c is the distance between the component and non current-carrying parts inside the encapsulation; d is the distance between a non current-carrying part and the free surface.	



IEC 1061/04

Key

1 Non current-carrying part

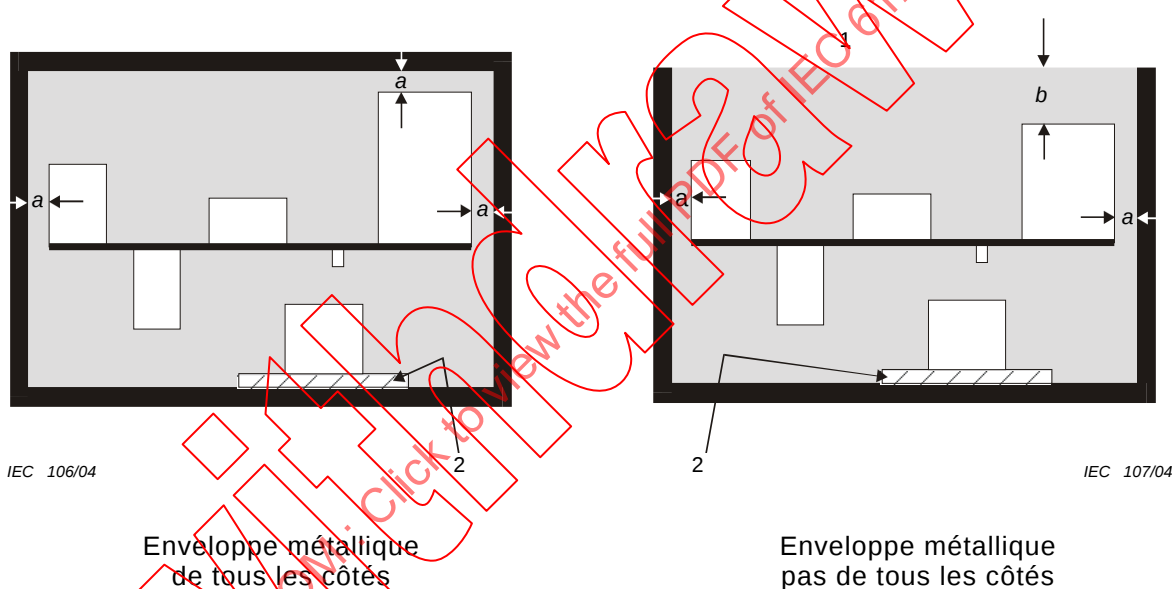
Figure 1 – Distances between free surface of compound and components or conductors

7.2.6 Matériel d'encapsulation «mD» avec enveloppe métallique

L'épaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/ conducteurs de l'encapsulation, comme indiqué à la Figure 2, doit correspondre au Tableau 3.

Tableau 3 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs

Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq \text{distance conformément au Tableau 1, mais non moins de } 3 \text{ mm}$
où a est la distance entre le composant et l'enveloppe; b est la distance entre le composant et la surface libre.	



Légende

1 Surface libre

2 Matériau d'isolement solide (voir 7.2.3.2)

Figure 2 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs

7.2.6 Encapsulation "mD" apparatus with metal enclosure

The thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation, as shown in Figure 2, shall comply with Table 3.

Table 3 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq 3 \text{ mm}$	$b \geq \text{distance in accordance with Table 1, but not less than } 3 \text{ mm}$
where a is the distance between the component and the enclosure; b is the distance between the component and the free surface	

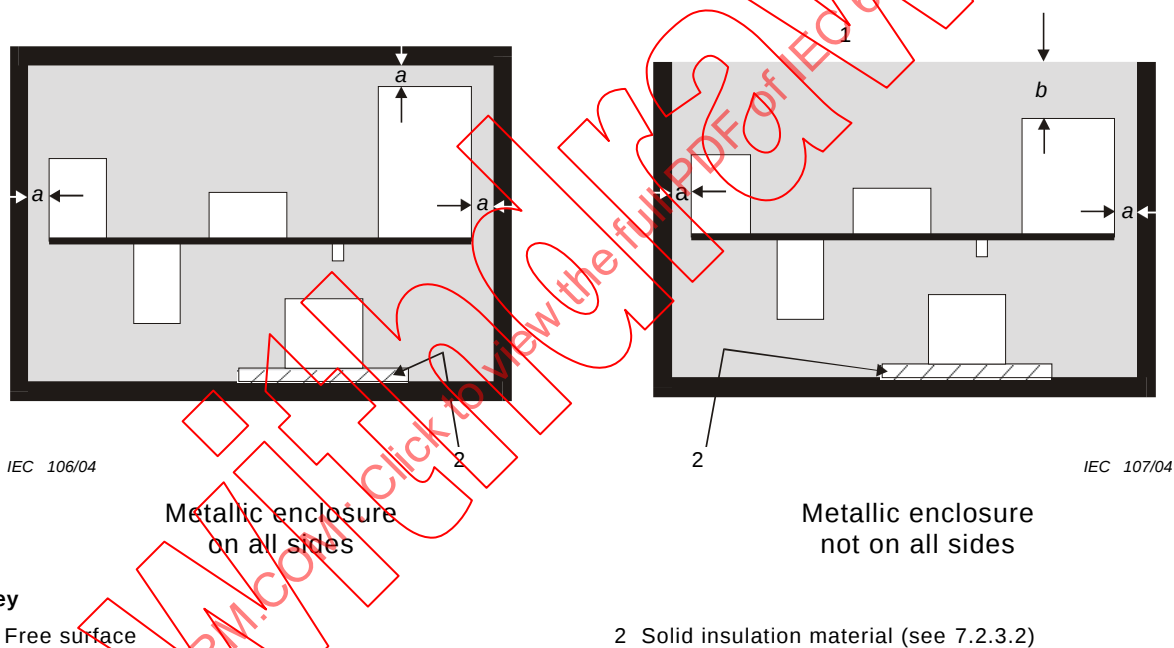


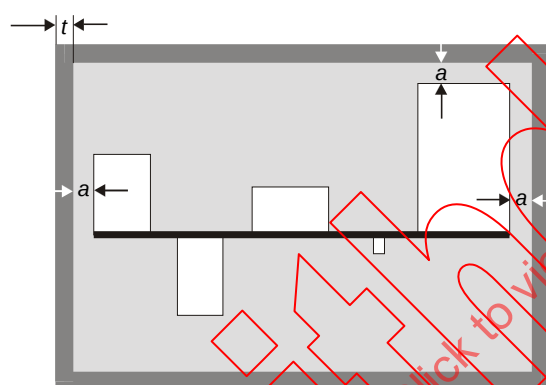
Figure 2 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

7.2.7 Matériel d'encapsulage «mD» avec enveloppe en plastique

L'épaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs de l'encapsulage, comme indiqué à la Figure 3, doit correspondre au Tableau 4.

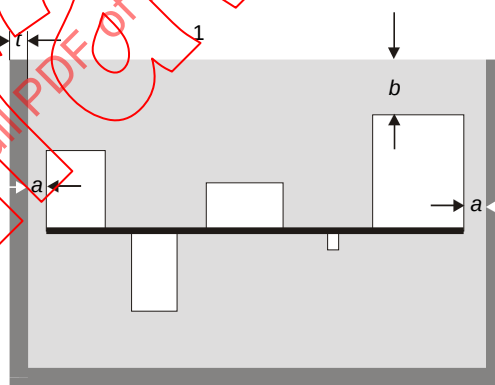
Tableau 4 – Epaisseur du composé entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs

Enveloppe avec adhérence au composé				Enveloppe sans adhérence au composé			
$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$		$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$	
Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»	Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»	Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»	Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$	$a + t \geq 3 \text{ mm}$	$a + t \geq 1 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq$ distance conformément au Tableau 1, mais pas moins de 3 mm							
où a est la distance entre le composant et l'enveloppe; b est la distance entre le composant et la surface libre; t est l'épaisseur de la paroi.							



IEC 108/04

Enveloppe en plastique de tous les côtés



IEC 109/04

Enveloppe en plastique pas de tous les côtés

Légende

1 Surface libre

Figure 3 – Distances entre la paroi ou la surface libre du composé et les composants/conducteurs

7.2.8 Enroulements de machines tournantes

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

- pour le niveau de protection «maD», une épaisseur minimale de 0,1 mm et il doit être étendu d'au moins 5 mm au-delà de la gorge;
- pour le niveau de protection «mbD», il n'y a aucune exigence d'épaisseur minimale ou d'extension.

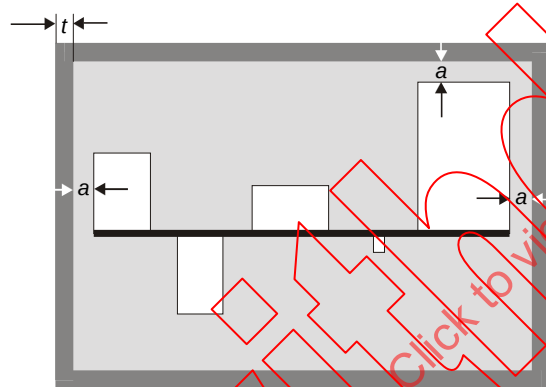
Pour les deux niveaux de protection «maD» et «mbD», l'extrémité de l'encoche et l'enroulement d'extrémité doivent être protégés par l'épaisseur minimale du composé conformément à 7.2.4. On doit effectuer un essai de rigidité diélectrique avec $U = (2U + 1\,000 \text{ V})$ c.a. pour une tension minimale de 1 500 V c.a.

7.2.7 Encapsulation "mD" apparatus with plastic enclosure

The thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors in the encapsulation are shown in Figure 3 and shall comply with Table 4.

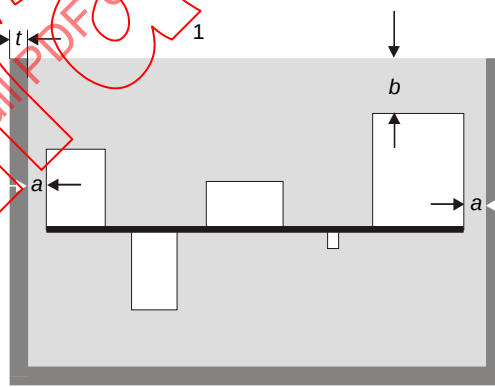
Table 4 – Thickness of the compound between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

Enclosure with adhesion to the compound				Enclosure without adhesion to the compound			
$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$		$t < 1 \text{ mm}$		$t \geq 1 \text{ mm}$	
Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"	Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"	Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"	Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"
$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$	$a + t \geq 3 \text{ mm}$	$a + t \geq 1 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 3 \text{ mm}$	$a \geq 1 \text{ mm}$
$b \geq$ distance in accordance with Table 1, but not less than 3 mm							
where a is the distance between the component and the enclosure; b is the distance between the component and the free surface; t is the wall thickness.							



IEC 108/04

Plastic enclosure
on all sides



IEC 109/04

Plastic enclosure
not on all sides

Key

1 Free surface

Figure 3 – Distances between the wall or the free surface of the compound and the components or conductors

7.2.8 Windings for rotating machines

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

- for level of protection "maD" a minimum thickness of 0,1 mm and shall be extended by at least 5 mm beyond the slot;
- for the level of protection "mbD", no requirement for minimum thickness or extension.

For both levels of protection "maD" and "mbD" the end of the slot and the end-winding shall be protected by the minimum thickness of compound in accordance with 7.2.4. An electric strength test shall be passed with $U = (2U + 1\,000 \text{ V})$ a.c. with a minimum of 1 500 V a.c.

7.2.9 Cartes imprimées rigides multicouches avec connexions traversantes

7.2.9.1 Généralités

Les cartes imprimées multicouches qui satisfont aux exigences de la CEI 62326-4-1, niveau de performance C, avec distances minimales indiquées en 7.2.9.2 et fonctionnant à des tensions inférieures ou égales à 500 V, sont réputées être encapsulées si elles répondent aux articles suivants.

7.2.9.2 Distances minimales

L'isolement des feuilles de cuivre (noyaux) et les feuilles adhésives doivent satisfaire aux exigences de 7.2.3.2.

La distance minimale entre les conducteurs de circuits imprimés et le bord de la carte imprimée multicouche ou de tout trou traversant qu'elle comporte doit être d'au moins 3 mm. Si les bords/trou traversant sont protégés par un matériau métallique ou isolant s'étendant sur la surface de la carte d'au moins 1 mm du bord/trou traversant, la distance par rapport aux conducteurs de la carte imprimée peut être réduite à 1 mm. Le matériau d'isolement doit satisfaire aux exigences de revêtement de conformité selon la CEI 61241-11. Le revêtement métallique doit avoir une épaisseur d'au moins 35 μm , se reporter également à la Figure 4 et au Tableau 5.

Tableau 5 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches

Distance	Niveau de protection «maD»	Niveau de protection «mbD»
<i>a</i>	3 mm	0,5 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm
<i>d</i>	0,1 mm (voir 7.2.3.2)	0,1 mm (voir 7.2.3.2)
<i>e</i>	Distances conformément au Tableau 1	Distances conformément au Tableau 1

où:

a est la distance entre la pièce sous tension et la surface externe par la couche de recouvrement;

b est la distance entre la pièce sous tension et la surface externe le long de la couche de recouvrement;

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

d est l'épaisseur de la couche adhésive ou du noyau;

e est la distance entre deux circuits à l'intérieur de la couche multiple.

7.2.9 Rigid, multi-layer printed wiring boards with through connections

7.2.9.1 General

Multi-layer printed wiring boards complying with the requirements of IEC 62326-4-1, performance level C, with the minimum distances in 7.2.9.2 and operated at voltages less than or equal to 500 V shall be considered to be encapsulated provided they meet the following clauses.

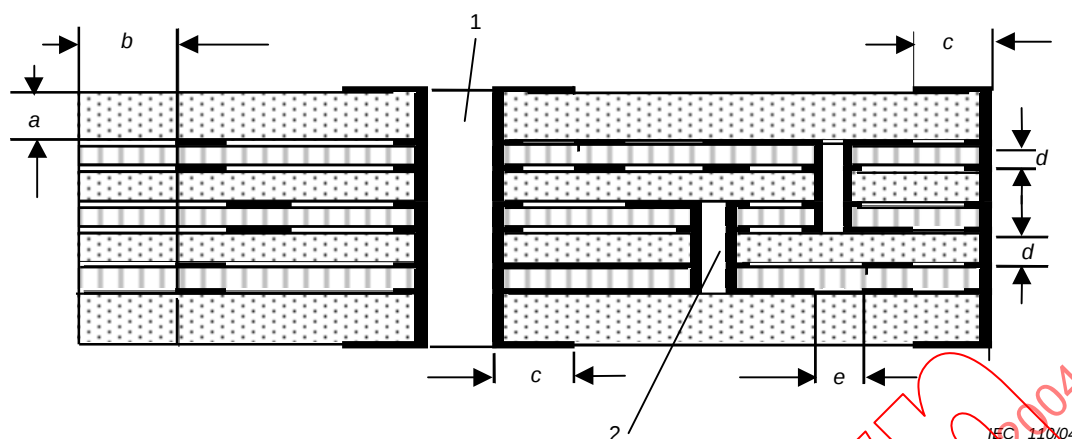
7.2.9.2 Minimum distances

The insulation of the copper-clad laminates (cores) and the adhesive films shall comply with the requirements of 7.2.3.2.

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 3 mm. 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 edge/hole, the distance of the printed wiring conductors may be reduced to 1 mm. Insulating material shall comply with the requirements for conformal coating in accordance with IEC 61241-11. Metal coating shall have a minimum thickness of 35 μm , see also Figure 4 and Table 5.

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

Distance	Level of protection "maD"	Level of protection "mbD"
<i>a</i>	3 mm	0,5 mm
<i>b</i>	3 mm	3 mm
<i>c</i>	3 mm	1 mm
<i>d</i>	0,1 mm (see 7.2.3.2)	0,1 mm (see 7.2.3.2)
<i>e</i>	Distances in accordance with Table 1	Distances in accordance with Table 1
where: <i>a</i> is the distance between the current-carrying part and the outside surface through the cover layer; <i>b</i> is the distance between the current-carrying part and the outside surface along the cover layer; <i>c</i> is the length of metal or insulation extending along the surface of the board from the edge or the hole; <i>d</i> is the thickness of the adhesive film or the core; <i>e</i> is the distance between two circuits inside the multilayer.		



Légende

Noyau et couche de recouvrement

Couche adhésive

Cuivre

1 Contact transversal de terminaison

2 Contact transversal pour relier les conducteurs imprimés aux couches

Figure 4 – Distances minimales pour cartes imprimées multicouches

7.3 Contacts de commutation

Les contacts de commutation doivent être munis d'une enveloppe supplémentaire avant l'encapsulage. Cette 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.

7.4 Connexions externes

Dans le cas de composés durs, la gaine du câble de raccordement doit être protégée contre des détériorations éventuelles par des méthodes appropriées. Si l'entrée s'effectue par un câble relié en permanence au matériel d'encapsulage «mD», l'essai de traction doit s'effectuer conformément à 8.2.5.

7.5 Protection des pièces nues sous tension

Les pièces nues sous tension qui dépassent de la surface du composé doivent être protégées par un autre type de protection répertorié dans la CEI 61241-0.

7.6 Eléments et batteries

7.6.1 Généralités

Lors de l'évaluation des dispositifs de contrôle de batterie relatifs à l'évolution potentielle du gaz, il faut tenir compte de la plage totale des températures de fonctionnement, de la résistance interne, ainsi que de la tension maximale pouvant être délivrée. On doit supposer que les batteries peuvent se déséquilibrer, mais il n'est pas nécessaire de prendre en compte les éléments de résistance ou de tension négligeable.

Pour le niveau de protection «maD», seules les batteries conformes à la CEI 61241-11 sont admissibles.

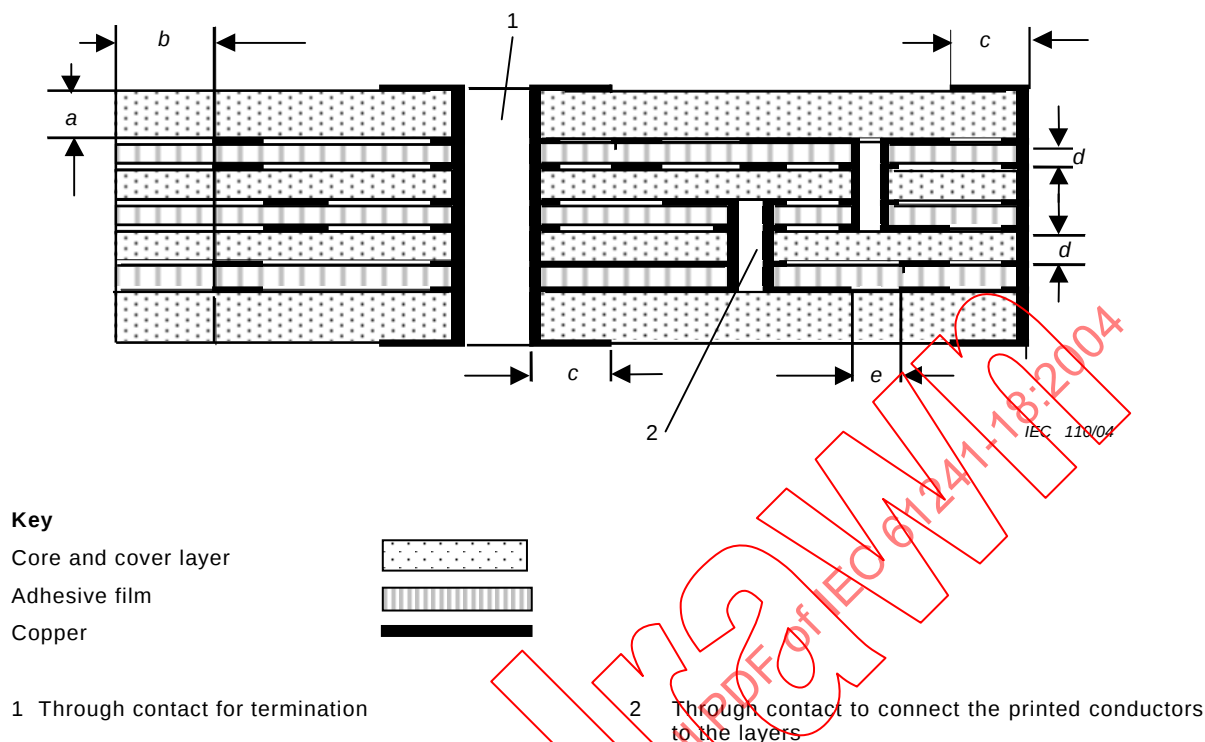


Figure 4 – Minimum distances for multi-layer printed wiring boards

7.3 Switching contacts

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 $\frac{2}{3}$ of the rated current specified by the manufacturer of the component or if the current exceeds 6 A.

7.4 External connections

With hard compounds, the sleeving of the connection cable shall be protected against damage by suitable methods. If the entry takes the form of a cable that is permanently connected to the encapsulation "mD" apparatus, the pull test shall be carried out according to 8.2.5.

7.5 Protection of bare live parts

Bare live parts that pass through the surface of the compound shall be protected by another type of protection listed in IEC 61241-0.

7.6 Cells and batteries

7.6.1 General

When evaluating battery control arrangements with respect to the potential evolution 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.

For level of protection "maD" only batteries complying with IEC 61241-11 are permitted.

7.6.2 Prévention de dégagement gazeux

Les systèmes électrochimiques pouvant dégager du gaz pendant le fonctionnement normal ne sont pas admissibles. S'il n'est pas possible d'empêcher le dégagement du gaz en cas de défaut, il faut le réduire au minimum au moyen d'un dispositif de sécurité conformément à 7.6.9. Dans le cas d'éléments d'accumulateurs, le dispositif de sécurité 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 éléments ouverts ne doivent pas être utilisés;
- b) des éléments étanches à «soupape de régulation» ne doivent pas être utilisés;
- c) les éléments 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 utilisés sans dispositif de sécurité conformément à 7.6.9;
- d) les éléments étanches au gaz ne satisfaisant pas aux exigences de 7.6.2 c) doivent avoir un dispositif de sécurité conforme à 7.6.9.

7.6.3 Systèmes électrochimiques admissibles

Les exigences de ce paragraphe remplacent 22.3 de la CEI 61241-0.

Seuls les systèmes pour lesquels une expérience approfondie a indiqué qu'ils ne dégagent pas de gaz pendant le fonctionnement peuvent être utilisés. Il est généralement admis que seules les batteries indiquées aux Tableaux 6 et 7 satisfont à ces exigences.

Tableau 6 – Eléments primaires admissibles

CEI 60086-1, type	Electrode positive	Electrolyte	Electrode négative	Tension assignée V	Tension maximale à vide
-	Dioxyde de manganèse	Chlorure d'ammonium	Zinc	1,50	1,73
A	Oxygène	Chlorure d'ammonium	Zinc	1,40	1,55
B	Fluorure de carbone	Organique	Lithium	3,00	3,70
C	Dioxyde de manganèse	Organique	Lithium	3,00	3,70
L	Dioxyde de manganèse	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,50	1,65
P	Oxygène	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,40	1,68
S	Oxyde d'argent	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,55	1,63
T	Oxyde d'argent	Hydroxyde alcalin	Zinc	1,55	1,87

Tableau 7 – Eléments secondaires admissibles

Type CEI	Type	Electrolyte	Tension assignée V	Tension maximale à vide V
Type K CEI 60285 CEI 60622 CEI 61150	Nickel-cadmium	Solution de potassium/sodium	1,20	1,55
CEI 61436	Hydruure métallique de nickel	Solution de potassium	1,20	1,50
CEI 61960-1	Lithium	Sels organiques	3,60	^a
^a Données en cours de préparation.				

7.6.2 Prevention of gassing

Electrochemical systems that can release gas during normal operation are not permitted. If the release of gas in the event of a fault cannot be precluded, the gassing shall be minimised by a safety device in accordance with 7.6.9. With secondary cells the safety 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 cells with "regulating valves" shall not be used;
- c) gas-tight cells that, within the range of the ambient temperature of the electric apparatus, do not release gas under any operating or fault conditions may be used without a safety device in accordance with 7.6.9;
- d) gas-tight cells that do not fulfil the requirements of 7.6.2 c) shall have a safety device in accordance with 7.6.9.

7.6.3 Permissible electro-chemical systems

The requirements of this subclause shall replace 22.3 of IEC 61241-0.

Only systems shall be used where sufficient experience has shown that they do not release gas during operation. In general only the batteries listed in Tables 6 and 7 are known to meet these requirements.

Table 6 – Permissible primary cells

IEC 60086-1 type	Positive electrode	Electrolyte	Negative electrode	Rated voltage V	Maximum no-load voltage
-	Manganese dioxide	Ammonium chloride	Zinc	1,50	1,73
A	Oxygen	Ammonium chloride	Zinc	1,40	1,55
B	Carbon fluoride	Organic	Lithium	3,00	3,70
C	Manganese dioxide	Organic	Lithium	3,00	3,70
L	Manganese dioxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,50	1,65
P	Oxygen	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,40	1,68
S	Silver oxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,55	1,63
T	Silver oxide	Alkali metal hydroxide	Zinc	1,55	1,87

Table 7 – Permissible secondary cells

IEC type	Type	Electrolyte	Rated voltage V	Maximum no-load voltage V
Type K IEC 60285 IEC 60622 IEC 61150	Nickel-cadmium	Potassium/Sodium solution	1,20	1,55
IEC 61436	Nickel-metal-hydride	Potassium solution	1,20	1,50
IEC 61960-1	Lithium	Organic salts	3,60	^a
^a Data in preparation.				

7.6.4 Protection contre les températures inadmissibles et contre les détériorations subies par les éléments

Dans le pire cas de charge, les batteries 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 éléments ou des batteries, ni 80 °C 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) elles doivent être fournies avec un dispositif de sécurité en accord avec 7.6.5 et 7.6.9, pour éviter une surchauffe inacceptable ou un gazage à l'intérieur de l'encapsulage.

7.6.5 Courant inverse

Lorsqu'il y a une autre source de tension dans la même enveloppe, la batterie encapsulée et ses circuits associés doivent être protégés de la mise en charge par un autre circuit que celui spécifiquement conçu pour cela; par exemple en séparant la batterie et ses circuits associés de toute autre source de tension dans l'enveloppe, en respectant les distances d'isolement spécifiées dans le Tableau 1 pour la tension la plus haute capable d'inverser le courant.

7.6.6 Limitation de courant

Les caractéristiques de température de surface maximale doivent être déterminées au moyen du courant de décharge autorisé à la charge maximale spécifiée par le constructeur du matériel électrique ou par le dispositif de protection (voir 7.7 par exemple: 1,7 x la valeur assignée du fusible) ou en court-circuit si ni une charge ni un dispositif de protection n'est spécifié.

Une résistance, un dispositif de limitation de courant ou un fusible suivant la CEI 60127 ou une norme équivalente peuvent être utilisés pour s'assurer que le courant de sécurité spécifié par le fabricant des éléments ou de la batterie n'est pas dépassé. Si on utilise des fusibles remplaçables, il faut les marquer afin d'indiquer leur régime ainsi que leur fonction.

7.6.7 Protection contre l'inversion de polarité et la décharge complète des éléments

En cas d'utilisation de plus de 3 éléments en série, la tension de l'élément doit être contrôlée. Lors de la décharge, si la tension descend en dessous de la valeur limite de la tension de l'élément spécifiée par le constructeur des éléments ou de la batterie, le dispositif de sécurité doit déconnecter les éléments.

NOTE 1 Si plusieurs éléments sont reliés en série, il est possible que les éléments changent de polarité pendant la décharge par suite des différentes capacités des éléments d'une batterie. Ces éléments à «pôle inversé» peuvent provoquer un dégagement gazeux inadmissible.

Lorsqu'un circuit de protection de décharge complète est monté pour empêcher un chargement des éléments en polarité inversée pendant la décharge, la tension de coupure minimale doit être celle qui est spécifiée par le constructeur des éléments ou de la batterie. Après déconnexion de la charge, le courant ne doit pas être supérieur à la capacité de décharge donnée pour 1 000 h de fonctionnement.

NOTE 2 Si trop d'éléments sont reliés en série, il peut ne pas y avoir de protection de sécurité du fait des tolérances des tensions des éléments individuels et du circuit de protection de décharge complète. En général, il n'est pas recommandé que plus de six éléments (en série) soient protégés par un seul circuit de protection de décharge complète.

7.6.8 Chargement des batteries

Les circuits de chargement doivent être entièrement spécifiés en tant que partie du matériel. Le système de chargement doit avoir les caractéristiques suivantes:

- a) en cas d'une condition de défaut du système de chargement, la tension et l'intensité du chargeur ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le constructeur; ou

7.6.4 Protection against inadmissible temperatures and damage to the cells

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 at the maximum ambient temperature of the apparatus, and the maximum charging and discharging current shall not exceed the safe value specified by the manufacturer, or
- b) they shall be provided with a safety device in accordance with 7.6.5 to 7.6.9 to prevent unacceptable overheating or gassing inside the encapsulation.

7.6.5 Reverse current

Where there is another voltage source in the same enclosure, the encapsulated battery and its associated circuits shall be protected against charging by other than the circuit specifically designed to do so. For example, by separating the battery and its associated circuits from all other voltage source(s) inside the enclosure, using the clearance distances specified in Table 1 for the highest voltage capable of causing the reverse current.

7.6.6 Current limitation

The maximum surface temperature rating shall be determined using the highest discharge current permitted by the maximum load specified by the apparatus manufacturer or by the protective device, see 7.7, 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 safe current specified by the manufacturer of the cells or battery is not exceeded. If replaceable fuses are used they shall be marked to show their rating and function.

7.6.7 Protection against the polarity inversion and deep discharge of the cells

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 safety device shall disconnect the cells.

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 installed 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.

7.6.8 Charging of batteries

The charging circuits shall be fully specified as part of the apparatus. The charging system shall be such that the following is satisfied:

- a) with one fault condition of the charging system the charger voltage and current shall not exceed the limits specified by the manufacturer; or

- b) si, lors du chargement, les valeurs limites spécifiées par le constructeur des éléments ou de la batterie pour la tension d'élément ou le courant de chargement risquent d'être dépassées, un dispositif de sécurité séparé conformément à 7.7 doit être prévu afin d'éviter un dégagement de gaz et un dépassement de la température des éléments maximale assignée par le constructeur.

7.6.9 Exigences des dispositifs de sécurité pour éléments et batteries

S'il y a lieu, les dispositifs de sécurité doivent constituer des pièces associées à la sécurité d'un système de commande. C'est la responsabilité du constructeur de fournir les informations nécessaires pour maintenir l'intégrité de la sécurité du système de commande.

NOTE Des composants impliqués dans la sécurité conformes aux exigences de Catégorie 3 de l'EN 954-1 «Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité – Partie 1: Principes généraux pour la conception» devraient satisfaire à l'exigence ci-dessus.

7.7 Dispositifs de protection

7.7.1 Généralités

Lorsque le matériel d'encapsulation «mD» n'est pas en mesure de résister à un seul défaut pour le niveau de protection «mbD» ou à deux défauts pour le niveau de protection «maD» sans dépasser le COT du matériau encapsulant, ou la classe de température, un dispositif de protection doit être prévu soit à l'extérieur du matériel soit intégré à celui-ci.

Le but des dispositifs de protection est de limiter en toute sécurité tout échauffement inadmissible dans le matériel «mD». Les dispositifs de protection doivent être en mesure d'interrompre le courant de défaut maximum du circuit où ils sont installés. La tension assignée du dispositif de protection doit correspondre, au minimum, à la tension de service.

Lorsque l'encapsulation contient un élément ou batterie et qu'un dispositif de sécurité est fourni pour éviter une surchauffe excessive (voir 7.6.6), le dispositif de sécurité peut également être considéré comme dispositif de protection, à condition qu'il protège aussi les autres composants du même encapsulage d'un dépassement du COT ou de la classe de température.

7.7.2 Dispositifs de protection électrique

7.7.2.1 Généralités

La tension assignée des fusibles ne doit pas être inférieure à celle du circuit d'alimentation et leur pouvoir de coupure ne doit pas être inférieur au courant de court-circuit disponible de l'alimentation.

Sauf mention contraire, un fusible doit être susceptible de faire passer un courant d'intensité $1,7 \times$ courant assigné en permanence. Les caractéristiques du temps-courant du fusible doivent assurer que la classe de température de l'encapsulant ou la température de surface maximale ne sont pas dépassés. Les caractéristiques du temps-courant des fusibles, conformément à la CEI 60127 ou à l'ANSI/UL 248-1, doivent être établies par le fabricant des fusibles.

NOTE Dans le cas de réseaux d'alimentation électrique où U_n ne dépasse pas 250 V, le courant de défaut de court-circuit prévu est généralement de 1 500 A.

7.7.2.2 Dispositifs de protection reliés au matériel d'encapsulation «mD»

Lorsque l'encapsulation n'est pas en mesure de résister à un seul défaut, il est possible de connecter le matériel «mD» à des dispositifs de protection séparés. Pour signaler ces conditions particulières d'utilisation, le matériel doit avoir un marquage «X» conformément au point l) de 29.2 de la CEI 61241-0.

- 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 safety device in accordance with 7.7 shall be provided to avoid a release of gas and exceeding the manufacturer's maximum rated cell temperature.

7.6.9 Requirements for safety devices for cells and batteries

Where required, the safety 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 safety integrity of the control system.

NOTE Safety related parts meeting the requirements of Category 3 of EN 954-1 "Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General principles for design" would satisfy the above.

7.7 Protective devices

7.7.1 General

Where the encapsulation "mD" apparatus is not able to withstand a single fault for level of protection "mbD" or two faults for level of protection "maD" without exceeding the COT of the encapsulant, or the temperature class, then a protective device shall be provided either external to the apparatus or directly integrated into the apparatus.

The purpose of the protective devices is the safe technical limitation of an inadmissible heat rise in encapsulation "mD" apparatus. The protective devices shall be capable of interrupting the maximum fault current of the circuit in which they are installed. The rated voltage of the protective device shall at least correspond to the working voltage.

Where the encapsulation contains a cell or battery and a safety device is provided to prevent excessive overheating (see 7.6.6), the safety device can also be considered as a protective device, providing it also protects all other components inside the same encapsulation from exceeding the COT or temperature class.

7.7.2 Electrical protective devices

7.7.2.1 General

Fuses shall have a voltage rating not less than that of the circuit 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 shall ensure that the COT of the encapsulant or the maximum surface temperature are not exceeded. The time-current characteristics of the fuses, in accordance with IEC 60127 or ANSI/UL 248-1 shall be stated by the manufacturer of the fuses.

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

7.7.2.2 Protective devices that are connected to the encapsulation "mD" apparatus

Where the encapsulation is unable to withstand a single fault, then the encapsulation "mD" apparatus may be connected to separate protective devices. To indicate this special condition of use the apparatus shall be marked "X" in accordance with item l) of 29.2 of IEC 61241-0.

Lorsqu'un dispositif de protection externe ou lorsqu'un circuit de protection est utilisé pour contrôler l'application correcte de la tension, du courant et de la puissance au matériel de niveau de protection «maD», la performance du dispositif de protection externe ou du circuit de protection doit être équivalente à celle d'un circuit ou d'un dispositif de limitation «ibD» conformément à la CEI 61241-11. Les niveaux admissibles de tension, de courant et de puissance doivent être déterminés par les caractéristiques thermiques du matériel encapsulé et non par les exigences de sécurité intrinsèque.

7.7.3 Dispositifs de protection thermique

Les exigences en 6.2 s'appliquent aux dispositifs de protection thermiques. Les dispositifs de protection thermiques doivent être utilisés pour protéger l'encapsulage contre toute détérioration provenant d'un échauffement local, par exemple de composants défectueux ou contre tout dépassement de la température de surface maximale.

Seuls des dispositifs de protection thermique non autoréenchables doivent être utilisés. Ces dispositifs ne peuvent pas être réenchables et ils ouvrent un circuit en permanence lorsqu'ils ont été exposés à une température supérieure à la température assignée pour une durée maximale donnée. Une connexion thermique appropriée doit être réalisée entre le composant contrôlé et le dispositif de protection thermique. La capacité de commutation du dispositif doit être définie et elle ne doit pas être inférieure à la charge maximale possible du circuit.

NOTE Il est possible d'utiliser des dispositifs à autoréenchement pour des raisons fonctionnelles. Si ces dispositifs sont utilisés, il convient qu'il fonctionnent à des températures inférieures à la température de fonctionnement du dispositif de protection thermique.

7.7.4 Dispositifs de protection incorporés

Les dispositifs de protection incorporés dans le matériel d'encapsulage «mD» doivent être de type scellés, afin d'empêcher l'introduction de composé pendant le processus d'encapsulage.

L'adéquation du dispositif de protection à son utilisation prévue peut être confirmée par

- a) une déclaration du constructeur ou
- b) par des essais d'échantillons.

NOTE Les dispositifs en verre, en plastique, en céramique ou scellés d'une autre manière sont réputés être scellés.

8 Essais de type

8.1 Essais du composé – essai de l'absorption d'eau

L'essai doit être effectué uniquement sur des échantillons du ou des composés destinés à être utilisés dans un environnement humide pendant le fonctionnement du matériel électrique encapsulé.

Trois échantillons secs du ou des composés doivent être utilisés (voir ISO 62). Les échantillons doivent être circulaires avec un diamètre de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une épaisseur de $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Les échantillons doivent être pesés avant d'être immergés pendant 24 h dans l'eau du robinet, à une température de $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$. Il faut ensuite les sortir de l'eau, les sécher et les peser à nouveau. L'augmentation de masse ne doit pas dépasser 1 %.

8.2 Essais du matériel

8.2.1 Séquence d'essais

La séquence d'essais et le nombre d'échantillons se trouvent à l'Annexe B.

Where an external protective device or protective circuit is used to control the correct application of voltage, current and power to apparatus with level of protection “maD”, the performance of the external protective device or protective circuit shall be equivalent to that for an “ibD” limiting device or circuit in accordance with IEC 61241-11. The permitted levels of voltage, current and power shall be determined by the thermal characteristics of the encapsulated apparatus and not by the requirements for the intrinsic safety.

7.7.3 Thermal protective devices

The requirements of 6.2 shall apply to thermal protective devices. Thermal protection devices shall be used to protect the encapsulation from damage caused by local heating, for example, by faulty components or from exceeding the maximum surface temperature.

Only non self-resettable thermal protective devices shall be used. These devices have no provision for being reset and open a circuit permanently after being exposed to a temperature higher than their rating for a given maximum period. Adequate thermal connection 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 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.

7.7.4 Built-in protective devices

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

The suitability of the protective device for the intended purpose can be confirmed either by

- a) a declaration by the manufacturer; or
- b) testing of samples.

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

8 Type tests

8.1 Tests on the compound – water absorption test

The test shall be carried out only on samples of the compound(s) which are intended to be used in a moist environment during operation of the encapsulated electrical apparatus.

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 24 h in tap water, at a temperature of $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$. They shall then be taken out of the water, wiped dry and weighed again. The increase in mass shall not exceed 1 %.

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 Température maximale

Un échantillon du matériel «mD» doit être soumis à un essai de type pour assurer que

- les limites de température spécifiées en 6.1 ne sont pas dépassées en fonctionnement normal,
- la température de surface maximale n'est pas dépassée en conditions de défaut, comme défini en 7.2.1.

Dans le cas du matériel d'encapsulation «mD» sans charge externe, l'essai doit être effectué conformément à 23.4.4.1 de la CEI 61241-0 en tenant compte des spécifications de l'alimentation indiquées en 4.5. Dans le cas du matériel d'encapsulation «mD» avec charge externe, l'essai doit être effectué par réglage du courant à la valeur la plus haute n'entraînant pas le fonctionnement du dispositif de protection.

La température finale est réputée être atteinte lorsque la vitesse d'augmentation de la température ne dépasse pas 2 K/h.

8.2.3 Essai d'endurance thermique

8.2.3.1 Endurance thermique à la chaleur

L'essai doit être effectué conformément à 23.4.6.3 de la CEI 61241-0.

La température à utiliser pour l'essai doit être

- a) la température de surface maximale de l'échantillon d'essai plus 20 K, voir 8.2.2; ou
- b) la température maximale à la surface du composant dans le composé (voir 6.3.2) plus 20 K au moins.

Dans le cas a), l'échantillon d'essai doit être soumis aux essais d'endurance à la chaleur et de cycles thermiques (voir 8.2.3.3); dans le cas b) l'essai de cycles thermiques n'est pas requis.

8.2.3.2 Endurance thermique au froid

L'essai doit être effectué conformément à 23.4.6.4 de la CEI 61241-0.

8.2.3.3 Essai de cycle thermique

L'échantillon doit être muni d'un ou plusieurs détecteurs de température placés aux endroits les plus chauds du composé. Si l'échantillon contient des enroulements, il est possible de mesurer la température par le changement de résistance électrique de ces enroulements.

NOTE La procédure d'essai suivante est également indiquée en tant que schéma à l'Annexe C.

L'essai doit commencer avec l'alimentation électrique de l'échantillon débranchée. L'échantillon doit être à une température de $21\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

L'échantillon doit alors être conditionné à $(T_{a\text{ max}} + 10)\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, où $T_{a\text{ max}}$ est la température ambiante maximale de service spécifiée, jusqu'à ce que la différence entre les températures interne et externe de l'échantillon soit inférieure à 2 K. L'échantillon doit alors être excité conformément aux spécifications de l'alimentation indiquées en 4.5, à une tension qui donne les conditions les plus défavorables, à moins que l'échantillon n'ait un ou plusieurs dispositifs de protection thermiques. Dans ce cas, l'échantillon doit être sous tension de façon à produire au dispositif de protection thermique non réenclenchable une température égale à la température de circuit la plus haute du dispositif à 2 K près. Les dispositifs de protection internes peuvent être mis en pont en vue d'essais.

8.2.2 Maximum temperature

A sample of encapsulation “mD” apparatus shall be subjected to a type test to ensure that

- the temperature limits specified in 6.1 are not exceeded in normal operation;
- the maximum surface temperature is not exceeded under fault conditions as defined in 7.2.1.

For encapsulation “mD” apparatus without an external load, the test shall be carried out in accordance with 23.4.4.1 of IEC 61241-0 taking into account the supply specification given in 4.5. For encapsulation “mD” apparatus with an external load, the test shall be carried out by adjusting the current to the highest value which does not cause the protective device to operate.

The final temperature shall be considered to be reached when the rate of rise does not exceed 2 K/h.

8.2.3 Thermal endurance test

8.2.3.1 Thermal endurance to heat

The test shall be carried out in accordance with 23.4.6.3 of IEC 61241-0.

The temperature to be used for the test shall be either

- a) the maximum surface temperature of the test sample plus 20 K, see 8.2.2; or
- b) the maximum temperature at the component surface in the compound, see 6.3.2, plus at least 20 K.

If a) is used, then the test sample shall be subjected to the endurance to heat and thermal cycling tests, see 8.2.3.3; in the case of b) the thermal cycling test is not required.

8.2.3.2 Thermal endurance to cold

The test shall be carried out in accordance with 23.4.6.4 of IEC 61241-0.

8.2.3.3 Thermal cycling test

The sample shall be fitted with one or more temperature sensors placed in the compound at the hottest places. If the sample contains windings, the temperature may be measured by the change of electrical resistance of these windings.

NOTE The following test procedure is also shown as a diagram in Annex C.

The test shall be started with the electrical power to the sample switched off. The sample shall be at a temperature of $21\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

The sample shall then be conditioned at $(T_{a\text{ max}} + 10)\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, where $T_{a\text{ max}}$ is the specified maximum ambient temperature in service, until the difference between the inside and outside temperatures of the sample is less than 2 K. The sample shall then be energized according to the supply specifications of 4.5 at a voltage which gives the most unfavourable condition unless the sample has one or more internal thermal protective devices. In this case, the sample shall be energized so as to produce a temperature at the non-resettable thermal protective device within 2 K of the highest trip temperature of the device. Internal protective devices may be bridged for test purposes.

Les changements de température internes peuvent être observés jusqu'à ce qu'une température de distribution stable soit atteinte, c'est-à-dire jusqu'à ce que le gradient de la température interne soit inférieur à 2 K/h.

La température interne ne doit pas dépasser la température de fonctionnement continue spécifiée du composé.

L'échantillon doit être mis hors tension, retiré de l'environnement ($T_{a \max} + 10$) °C et pouvoir se refroidir jusqu'à $21 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$. L'échantillon doit alors être conditionné à ($T_{a \min} - 5$) °C $\pm 2 \text{ K}$, où $T_{a \min}$ est la température ambiante minimale de service spécifiée, jusqu'à ce que la différence entre les températures interne et externe de l'échantillon soit inférieure à 2 K.

L'échantillon doit alors être mis sous tension suivant les spécifications de l'alimentation en 4.5, à une tension qui donne la condition la plus défavorable du matériel électrique.

Le changement de température interne doit être observé jusqu'à ce qu'une distribution de température stable soit atteinte, c'est-à-dire jusqu'à ce que le gradient de la température interne soit inférieur à 2 K/h.

L'échantillon doit ensuite être mis hors tension et laissé à refroidir jusqu'à ($T_{a \min} - 5$) °C $\pm 2 \text{ K}$. La durée minimale de refroidissement doit être de 30 min à moins que le critère différentiel de température de 2 K ne requiert un temps plus long.

L'alimentation doit être reconnectée et le cycle d'excitation et de désexcitation doit reprendre. Au total, trois cycles complets doivent être effectués avant que l'échantillon puisse être retiré de l'environnement ($T_{a \min} - 5$) °C et qu'il puisse revenir à la température ambiante.

8.2.3.4 Critères de réception

Après chaque essai, l'échantillon doit être soumis à une inspection visuelle. Aucune détérioration visuelle telle que fissures dans le composé, exposition de parties encapsulées, détérioration de l'adhérence, retrait inadmissible, décoloration, boursoufflement, décomposition ou ramollissement, susceptible de dégrader le type de protection ne doit être visible. Une décoloration de la surface du composé est autorisée (par exemple l'oxydation dans le cas de résine époxy).

De plus, la fonction de tout dispositif de protection électrique dont dépend la sécurité doit être vérifiée comme ayant fonctionné dans les paramètres établis.

8.2.4 Essai de rigidité diélectrique

8.2.4.1 Procédure d'essai

L'essai doit être effectué sur une des dispositions suivantes des circuits:

- a) entre des circuits isolés galvaniquement accessibles de l'extérieur,
- b) entre chaque circuit accessible de l'extérieur et toutes les pièces à la terre,
- c) entre chaque circuit accessible de l'extérieur et la surface du composé ou de l'enveloppe en plastique pouvant, le cas échéant, être revêtue de feuille conductrice.

Dans le cas de la disposition a), la tension U à utiliser doit être la somme des tensions assignées des deux circuits testés, et, pour les dispositions b) et c), la tension U à utiliser doit être la tension assignée du circuit testé.