

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear assemblies –
Part 1: General rules**

**Ensembles d'appareillage à basse tension –
Partie 1: Règles générales**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear assemblies –
Part 1: General rules**

**Ensembles d'appareillage à basse tension –
Partie 1: Règles générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XF

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-88910-515-1

CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	15
3.1 General terms	15
3.2 Constructional units of ASSEMBLIES	16
3.3 External design of ASSEMBLIES.....	17
3.4 Structural parts of ASSEMBLIES	18
3.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES.....	20
3.6 Insulation characteristics	20
3.7 Protection against electric shock	23
3.8 Characteristics	24
3.9 Verification	27
3.10 Manufacturer	27
4 Symbols and abbreviations.....	27
5 Interface characteristics	29
5.1 General.....	29
5.2 Voltage ratings	29
5.2.1 Rated voltage (U_n) (of the ASSEMBLY)	29
5.2.2 Rated operational voltage (U_e) (of a circuit of an ASSEMBLY).....	29
5.2.3 Rated insulation voltage (U_i) (of a circuit of an ASSEMBLY)	29
5.2.4 Rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (of the ASSEMBLY).....	29
5.3 Current ratings	29
5.3.1 Rated current of the ASSEMBLY (I_{nA})	29
5.3.2 Rated current of a circuit (I_{nC})	30
5.3.3 Rated diversity factor (RDF)	30
5.3.4 Rated peak withstand current (I_{pk})	30
5.3.5 Rated short-time withstand current (I_{cw}) (of a circuit of an ASSEMBLY)	30
5.3.6 Rated conditional short-circuit current of an ASSEMBLY (I_{cc}).....	30
5.4 Rated frequency (f_n).....	31
5.5 Other characteristics	31
6 Information.....	31
6.1 ASSEMBLY designation marking	31
6.2 Documentation	31
6.2.1 Information relating to the ASSEMBLY	31
6.2.2 Instructions for handling, installation, operation and maintenance	32
6.3 Device and/or component identification	33
7 Service conditions	33
7.1 Normal service conditions	33
7.1.1 Ambient air temperature	33
7.1.2 Atmospheric conditions.....	33
7.1.3 Pollution degree	33
7.1.4 Altitude.....	34
7.2 Special service conditions	34

7.3	Conditions during transport, storage and installation	35
8	Constructional requirements	35
8.1	Strength of materials and parts	35
8.1.1	General	35
8.1.2	Protection against corrosion	35
8.1.3	Thermal stability	35
8.1.4	Resistance to ultra-violet radiation	35
8.1.5	Resistance of insulating materials to heat and fire	35
8.1.6	Mechanical strength	36
8.1.7	Lifting provision	36
8.2	Degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure	36
8.2.1	Protection against mechanical impact	36
8.2.2	Protection against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and liquids	36
8.2.3	Degree of protection of removable parts	37
8.3	Clearances and creepage distances	37
8.3.1	General	37
8.3.2	Clearances	38
8.3.3	Creepage distances	38
8.4	Protection against electric shock	38
8.4.1	General	38
8.4.2	Basic protection	39
8.4.3	Fault protection	40
8.4.4	Limitation of steady-state touch current and charge	43
8.4.5	Operating and servicing conditions	43
8.5	Incorporation of switching devices and components	45
8.5.1	Fixed parts	45
8.5.2	Removable parts	45
8.5.3	Selection of switching devices and components	45
8.5.4	Installation of switching devices and components	46
8.5.5	Accessibility	46
8.5.6	Barriers	46
8.5.7	Direction of operation and indication of switching positions	46
8.5.8	Indicator lights and push-buttons	46
8.6	Internal electrical circuits and connections	47
8.6.1	Main circuits	47
8.6.2	Auxiliary circuits	47
8.6.3	Bare and insulated conductors	47
8.6.4	Selection and installation of non-protected live conductors to reduce the possibility of short-circuits	48
8.6.5	Identification of the conductors of main and auxiliary circuits	48
8.6.6	Identification of the protective conductor (PE, PEN) and of the neutral conductor (N) of the main circuits	48
8.7	Cooling	49
8.8	Terminals for external conductors	49
9	Performance requirements	50
9.1	Dielectric properties	50
9.1.1	General	50
9.1.2	Power-frequency withstand voltage	50

9.1.3	Impulse withstand voltage	51
9.1.4	Protection of surge protective devices	51
9.2	Temperature rise limits	51
9.3	Short-circuit protection and short-circuit withstand strength	51
9.3.1	General	51
9.3.2	Information concerning short-circuit withstand strength	52
9.3.3	Relationship between peak current and short-time current	52
9.3.4	Co-ordination of protective devices	52
9.4	Electromagnetic compatibility (EMC)	53
10	Design verification	53
10.1	General	53
10.2	Strength of materials and parts	54
10.2.1	General	54
10.2.2	Resistance to corrosion	54
10.2.3	Properties of insulating materials	55
10.2.4	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	57
10.2.5	Lifting	57
10.2.6	Mechanical impact	58
10.2.7	Marking	58
10.3	Degree of protection of ASSEMBLIES	58
10.4	Clearances and creepage distances	58
10.5	Protection against electric shock and integrity of protective circuits	59
10.5.1	Effectiveness of the protective circuit	59
10.5.2	Effective earth continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit	59
10.5.3	Short-circuit withstand strength of the protective circuit	59
10.6	Incorporation of switching devices and components	60
10.6.1	General	60
10.6.2	Electromagnetic compatibility	60
10.7	Internal electrical circuits and connections	60
10.8	Terminals for external conductors	60
10.9	Dielectric properties	60
10.9.1	General	60
10.9.2	Power-frequency withstand voltage	60
10.9.3	Impulse withstand voltage	61
10.9.4	Testing of enclosures made of insulating material	63
10.10	Verification of temperature rise	63
10.10.1	General	63
10.10.2	Verification by testing with current	63
10.10.3	Derivation of ratings for similar variants	69
10.10.4	Verification by calculation	70
10.11	Short-circuit withstand strength	72
10.11.1	General	72
10.11.2	Circuits of ASSEMBLIES which are exempted from the verification of the short-circuit withstand strength	73
10.11.3	Verification by the application of design rules	73
10.11.4	Verification by comparison with a reference design	73
10.11.5	Verification by test	73
10.12	Electromagnetic compatibility (EMC)	78

10.13	Mechanical operation.....	78
11	Routine verification.....	79
11.1	General	79
11.2	Degree of protection of enclosures	79
11.3	Clearances and creepage distances	79
11.4	Protection against electric shock and integrity of protective circuits	80
11.5	Incorporation of built-in components	80
11.6	Internal electrical circuits and connections.....	80
11.7	Terminals for external conductors.....	80
11.8	Mechanical operation.....	80
11.9	Dielectric properties.....	80
11.10	Wiring, operational performance and function	80
Annex A (normative)	Minimum and maximum cross-section of copper conductors suitable for connection to terminals for external conductors (see 8.8).....	88
Annex B (normative)	Method of calculating the cross-sectional area of protective conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration.....	89
Annex C (informative)	Items subject to agreement between the ASSEMBLY Manufacturer and the User	90
Annex D (informative)	Design verification	93
Annex E (informative)	Rated diversity factor	94
Annex F (normative)	Measurement of clearances and creepage distances	103
Annex G (normative)	Correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment	109
Annex H (informative)	Operating current and power loss of copper conductors	111
Annex J (normative)	Electromagnetic compatibility (EMC).....	115
Annex K (normative)	Protection by electrical separation.....	122
Annex L (informative)	Clearances and creepage distances for North American region	125
Annex M (informative)	North American temperature rise limits	126
Bibliography		127
Figure E.1	– Typical ASSEMBLY.....	95
Figure E.2	– Example 1: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8	97
Figure E.3	– Example 2: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8	98
Figure E.4	– Example 3: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8	99
Figure E.5	– Example 4: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8	100
Figure E.6	– Example of average heating effect calculation	101
Figure E.7	– Example graph for the relation between the equivalent RDF and the parameters at intermittent duty at $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ at different cycle times	102
Figure E.8	– Example graph for the relation between the equivalent RDF and the parameters at intermittent duty at $I_1 = I_2$ (no starting overcurrent).....	102
Figure F.1	– Measurement of ribs	104
Figure J.1	– Examples of ports	115

Table 1 – Minimum clearances in air ^{a)} (8.3.2).....	82
Table 2 – Minimum creepage distances (8.3.3).....	82
Table 3 – Cross-sectional area of a copper protective conductor (8.4.3.2.2)	83
Table 4 – Conductor selection and installation requirements (8.6.4).....	83
Table 5 – Minimum terminal capacity for copper protective conductors (PE, PEN) (8.8)	83
Table 6 – Temperature-rise limits (9.2)	84
Table 7 – Values for the factor n ^{a)} (9.3.3).....	85
Table 8 – Power-frequency withstand voltage for main circuits (10.9.2)	85
Table 9 – Power-frequency withstand voltage for auxiliary and control circuits (10.9.2).....	85
Table 10 – Impulse withstand test voltages (10.9.3).....	85
Table 11 – Copper test conductors for rated currents up to 400 A inclusive (10.10.2.3.2).....	86
Table 12 – Copper test conductors for rated currents from 400 A to 4 000 A (10.10.2.3.2).....	86
Table 13 – Short-circuit verification by design rules: check list.....	87
Table 14 – Relationship between prospective fault current and diameter of copper wire	87
Table A.1 – Cross-section of copper conductors suitable for connection to terminals for external conductors	88
Table B.1 – Values of k for insulated protective conductors not incorporated in cables, or bare protective conductors in contact with cable covering.....	89
Table C.1 – Items subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the User.....	90
Table D.1 – List of design verifications to be performed.....	93
Table E.1 – Examples of loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8	96
Table E.2 – Example of loading of a group of circuits (Section B – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9	101
Table E.3 – Example of loading of a group of circuits (Subdistribution board – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9.....	101
Table F.1 – Minimum width of grooves.....	103
Table G.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and the equipment rated impulse withstand voltage, in the case of overvoltage protection by surge-arresters according to IEC 60099-1	110
Table H.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C).....	111
Table H.2 – Reduction factor k_1 for cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52, table A.52-14)	112
Table H.3 – Operating current and power loss of bare copper busbars with rectangular cross-section, run horizontally and arranged with their largest face vertical, frequency 50 Hz to 60 Hz (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C, temperature of the conductor 70 °C).....	113
Table H.4 – Factor k_4 for different temperatures of the air inside the ASSEMBLY and / or for the conductors.....	114
Table J.1 – Emission limits for Environment A.....	118
Table J.2 – Emission limits for Environment B.....	119
Table J.3 – Tests for EMC immunity for Environment A (see J.10.12.1)	119
Table J.4 – Tests for EMC immunity for Environment B (see J.10.12.1)	120
Table J.5 – Acceptance criteria when electromagnetic disturbances are present.....	121

Table K.1 – Maximum disconnecting times for TN systems	124
Table L.1 – Minimum clearances in air	125
Table L.2 – Minimum creepage distances	125
Table M.1 – North American temperature rise limits	126

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

Without watermark

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –

Part 1: General rules

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 61439-1 has been prepared by subcommittee 17D: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This first edition of IEC 61439-1 standard cancels and replaces the fourth edition of IEC 60439-1 (1999), and constitutes a technical revision.

This edition of IEC 61439-1 includes the following significant technical changes with respect to the last edition of IEC 60439-1:

- the dual role of IEC 60439-1 as a product standard in its own right, as well as a general rules standard for assemblies covered by a subsidiary product part of the IEC 60439 series, has been abandoned;
- consequently, IEC 61439-1 is a pure "general rules" standard to be referred to by subsidiary product parts of the IEC 61439 series;
- the product standard replacing IEC 60439-1 is IEC 61439-2;

- the discrimination between type-tested assemblies (TTA) and partially type-tested assemblies (PTTA) is eliminated by the verification approach;
- three different but equivalent types of verification of requirements are introduced: verification by testing, verification by calculation/measurement, or verification by satisfying design rules;
- the requirements regarding temperature rise have been clarified;
- the rated diversity factor (RDF) is covered in more detail;
- requirements from the standard for empty enclosures for assemblies (IEC 62208) have been incorporated;
- the whole structure of the standard is aligned with its new function as “general rules” standard.

However, when a dated reference to IEC 60439-1 is made in another Part of the IEC 60439 series of assembly standards not yet transferred into the new IEC 61439 series, the superseded IEC 60439-1 still applies (see also the Introduction below).

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

CDV	Report on voting
17D/357/CDV	17D/362A/RVC

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

In this standard, terms written in small capitals are defined in Clause 3.

The “in some countries” notes regarding differing national practices are contained in the following subclauses:

8.2.2

8.3.2

8.3.3

8.8

9.2

10.11.5.4

10.11.5.6.1

Annex L

Annex M

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

A list of all parts of the IEC 61439 series, under the general title *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*, can be found on the IEC website.

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

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

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

INTRODUCTION

The purpose of this standard is to harmonize as far as practicable all rules and requirements of a general nature applicable to low-voltage switchgear and controlgear assemblies (ASSEMBLIES) in order to obtain uniformity of requirements and verification for ASSEMBLIES and to avoid the need for verification to other standards. All those requirements for the various ASSEMBLIES standards which can be considered as general have therefore been gathered in this basic standard together with specific subjects of wide interest and application, e.g. temperature rise, dielectric properties, etc.

For each type of low-voltage switchgear and controlgear assembly only two main standards are necessary to determine all requirements and the corresponding methods of verification:

- this basic standard referred to as “Part 1” in the specific standards covering the various types of low-voltage switchgear and controlgear assemblies;
- the specific ASSEMBLY standard hereinafter also referred to as the relevant ASSEMBLY standard.

For a general rule to apply to a specific ASSEMBLY standard, it should be explicitly referred to by quoting the relevant clause or sub-clause number of this standard followed by “Part 1” e.g. “9.1.3 of Part 1”.

A specific ASSEMBLY standard may not require and hence need not call up a general rule where it is not applicable, or it may add requirements if the general rule is deemed inadequate in the particular case but it may not deviate from it unless there is substantial technical justification detailed in the specific ASSEMBLY standard.

Requirements in this standard that are subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user are summarised in Annex C (informative). This schedule also facilitates the supply of information on basic conditions and additional user specifications to enable proper design, application and utilization of the ASSEMBLY.

For the new re-structured IEC 61439 series, the following parts are envisaged:

- IEC 61439-1: General rules
- IEC 61439-2: Power switchgear and controlgear ASSEMBLIES (PSC-ASSEMBLIES)
- IEC 61439-3: Distribution boards (to supersede IEC 60439-3)
- IEC 61439-4: ASSEMBLIES for construction sites (to supersede IEC 60439-4)
- IEC 61439-5: ASSEMBLIES for power distribution (to supersede IEC 60439-5)
- IEC 61439-6: Busbar trunking systems (to supersede IEC 60439-2).

This list is not exhaustive; additional Parts may be developed as the need arises.

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –

Part 1: General rules

1 Scope

NOTE 1 Throughout this standard, the term ASSEMBLY (see 3.1.1) is used for a low-voltage switchgear and controlgear assembly.

This part of IEC 61439 lays down the definitions and states the service conditions, construction requirements, technical characteristics and verification requirements for low-voltage switchgear and controlgear assemblies.

This standard applies to low-voltage switchgear and controlgear assemblies (ASSEMBLIES) only when required by the relevant ASSEMBLY standard as follows:

- ASSEMBLIES for which the rated voltage does not exceed 1 000 V in case of a.c. or 1 500 V in case of d.c.;
- stationary or movable ASSEMBLIES with or without enclosure;
- ASSEMBLIES intended for use in connection with the generation, transmission, distribution and conversion of electric energy, and for the control of electric energy consuming equipment;
- ASSEMBLIES designed for use under special service conditions, for example in ships, in rail vehicles, for equipment in explosive atmospheres, and for domestic applications (operated by unskilled persons), provided that the relevant specific requirements are complied with;

NOTE 2 Supplementary requirements for ASSEMBLIES in ships are covered by IEC 60092-302.

NOTE 3 Supplementary requirements for ASSEMBLIES in explosive atmospheres are covered by the IEC 60079 series and the IEC 61241 series.

- ASSEMBLIES designed for electrical equipment of machines. Supplementary requirements for ASSEMBLIES forming part of a machine are covered by the IEC 60204 series.

This standard applies to all ASSEMBLIES whether they are designed, manufactured and verified on a one-off basis or fully standardised and manufactured in quantity.

The manufacture and/or assembly may be carried out other than by the original manufacturer (see 3.10.1).

This standard cannot be used alone to specify an ASSEMBLY or used for a purpose of determining conformity.

This standard does not apply to individual devices and self-contained components, such as motor starters, fuse switches, electronic equipment, etc. which will comply with the relevant product standards.

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 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

IEC 60204 (all parts), *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54:2002, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of conductor terminations*

IEC 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or alphanumerics*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*

IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60695-11-5:2004, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire Hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60890:1987, *A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 60947-1:2004, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 61000-3-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-2:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical test transient/burst immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-6:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-8:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity tests – Basic EMC publication*

IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low-frequency immunity tests – Basic EMC publication*

IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61082 (all parts), *Preparation of documents used in electrotechnology*

IEC/TR 61117:1992, *A method for assessing the short-circuit withstand strength of partially type-tested assemblies (PTTA)*

IEC 61180 (all parts), *High-voltage test techniques for low voltage equipment*

IEC 61201:2007, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 61346-1:1996, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*

IEC 61346-2, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 2: Classification of objects and codes for classes*

IEC 62208:2002, *Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General requirements*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 179 (all parts), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

ISO 2409:1992, *Paints and varnishes – Cross-cut test*

ISO 4628-3:2003, *Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings; Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 3: Assessment of degree of rusting*

ISO 4892-2:1994, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc sources*

CISPR 11:2004, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 22:2006, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1 General terms

3.1.1

low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY)

combination of one or more low-voltage switching devices together with associated control, measuring, signalling, protective, regulating equipment, with all the internal electrical and mechanical interconnections and structural parts

3.1.2

ASSEMBLY system

full range of mechanical and electrical components (enclosures, busbars, functional units, etc.), as defined by the original manufacturer, which can be assembled in accordance with the original manufacturer's instructions in order to produce various ASSEMBLIES

3.1.3

main circuit (of an ASSEMBLY)

all the conductive parts of an ASSEMBLY included in a circuit which is intended to transmit electrical energy

3.1.4

auxiliary circuit (of an ASSEMBLY)

all the conductive parts of an ASSEMBLY included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal, regulate and process data, etc.

NOTE The auxiliary circuits of an ASSEMBLY include the control and the auxiliary circuits of the switching devices.

[IEV 441-13-03: 2007, modified]

3.1.5

busbar

low-impedance conductor to which several electric circuits can be separately connected

NOTE The term "busbar" does not presuppose the geometrical shape, size or dimensions of the conductor.

3.1.6

main busbar

busbar to which one or several distribution busbars and/or incoming and outgoing units can be connected

3.1.7

distribution busbar

busbar within one section which is connected to a main busbar and from which outgoing units are supplied

3.1.8

functional unit

part of an ASSEMBLY comprising all the electrical and mechanical elements that contribute to the fulfilment of the same function

NOTE Conductors which are connected to a functional unit but which are external to its compartment or enclosed protected space (e.g. auxiliary cables connected to a common compartment) are not considered to form part of the functional unit.

3.1.9

incoming unit

functional unit through which electrical energy is normally fed into the ASSEMBLY

3.1.10

outgoing unit

functional unit through which electrical energy is normally supplied to one or more outgoing circuits

3.2 Constructional units of ASSEMBLIES

3.2.1

fixed part

part consisting of components assembled and wired on a common support and which is designed for fixed installation

3.2.2

removable part

part which is intended to be removed entirely from the ASSEMBLY and replaced whilst the circuit to which it is connected may be live

3.2.3

connected position

position of a removable part when it is fully connected for its intended function

3.2.4**removed position**

position of a removable part when it is outside the ASSEMBLY, and mechanically and electrically separated from it

3.2.5**insertion interlock**

device preventing the introduction of a removable part into a location not intended for that removable part

3.2.6**fixed connection**

connection which is connected or disconnected by means of a tool

3.2.7**section**

constructional unit of an ASSEMBLY between two successive vertical delineations

3.2.8**sub-section**

constructional unit of an ASSEMBLY between two successive horizontal or vertical delineations within a section

3.2.9**compartment**

section or sub-section enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation

3.2.10**transport unit**

part of an ASSEMBLY or a complete ASSEMBLY suitable for transportation without being dismantled

3.2.11**shutter**

part which can be moved:

- between a position in which it permits engagement of the contacts of removable or withdrawable parts with fixed contacts, and
- a position in which it becomes a part of a cover or a partition shielding the fixed contacts

[IEV 441-13-07: 1984, modified]

3.3 External design of ASSEMBLIES**3.3.1****open-type ASSEMBLY**

ASSEMBLY consisting of a structure which supports the electrical equipment, the live parts of the electrical equipment being accessible

3.3.2**dead-front ASSEMBLY**

open-type ASSEMBLY with a front cover; live parts may be accessible from directions other than the front.

3.3.3**enclosed ASSEMBLY**

ASSEMBLY which is enclosed on all sides with the possible exception of its mounting surface in such a manner as to provide a defined degree of protection

3.3.4

cubicle-type ASSEMBLY

enclosed ASSEMBLY of the floor-standing type which may comprise several sections, sub-sections or compartments

3.3.5

multi-cubicle-type ASSEMBLY

combination of a number of mechanically joined cubicle-type ASSEMBLIES

3.3.6

desk-type ASSEMBLY

enclosed ASSEMBLY with a horizontal or inclined control panel or a combination of both, which incorporates control, measuring, signalling, apparatus, etc.,

3.3.7

box-type ASSEMBLY

enclosed ASSEMBLY, intended to be mounted on a vertical plane

3.3.8

multi-box-type ASSEMBLY

combination of box-type ASSEMBLIES mechanically joined together, with or without a common supporting frame, the electrical connections passing between two adjacent boxes through openings in the adjoining faces

3.3.9

wall-mounted surface type ASSEMBLY

ASSEMBLY for installation on the surface of a wall

3.3.10

wall-mounted recessed type ASSEMBLY

ASSEMBLY for installation into a wall recess, where the enclosure does not support the portion of wall above

3.4 Structural parts of ASSEMBLIES

3.4.1

supporting structure

structure forming part of an ASSEMBLY designed to support various components of the ASSEMBLY and any enclosure.

3.4.2

mounting structure

structure not forming part of an ASSEMBLY designed to support an ASSEMBLY

3.4.3

mounting plate

plate designed to support various components and suitable for installation in an ASSEMBLY

3.4.4

mounting frame

framework designed to support various components and suitable for installation in an ASSEMBLY

3.4.5

enclosure

housing affording the type and degree of protection suitable for the intended application

3.4.6**cover**

external part of the enclosure of an ASSEMBLY

3.4.7**door**

hinged or sliding cover

3.4.8**removable cover**

cover which is designed for closing an opening in the external enclosure and which can be removed for carrying out certain operations and maintenance work

3.4.9**cover plate**

part of an ASSEMBLY which is used for closing an opening in the external enclosure and designed to be held in place by screws or similar means

NOTE 1 It is not normally removed after the equipment is put into service.

NOTE 2 The cover plate can be provided with cable entries.

3.4.10**partition**

part of the enclosure of a compartment separating it from other compartments

3.4.11**barrier**

part providing protection against direct contact from any usual direction of access

[IEV 195-06-15: 1998, modified]

3.4.12**obstacle**

part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate action

[IEV 195-06-16: 1998, modified]

NOTE Obstacles are intended to prevent unintentional contact with live parts but not intentional contact by deliberate circumvention of the obstacle. They are intended to protect skilled or instructed persons but are not intended to protect ordinary persons.

3.4.13**terminal shield**

part enclosing terminals and providing a defined degree of protection against access to live parts by persons or objects

3.4.14**cable entry**

part with openings which permit the passage of cables into the ASSEMBLY

3.4.15**enclosed protected space**

part of an ASSEMBLY intended to enclose electrical components and which provides defined protection against external influences and contact with live parts

3.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES

3.5.1

ASSEMBLY for indoor installation

ASSEMBLY which is designed for use in locations where the normal service conditions for indoor use as specified in 7.1 are fulfilled

3.5.2

ASSEMBLY for outdoor installation

ASSEMBLY which is designed for use in locations where the normal service conditions for outdoor use as specified in 7.1 are fulfilled

3.5.3

stationary ASSEMBLY

ASSEMBLY which is designed to be fixed at its place of installation, for instance to the floor or to a wall, and to be used at this place

3.5.4

movable ASSEMBLY

ASSEMBLY which is designed so that it can readily be moved from one place of use to another

3.6 Insulation characteristics

3.6.1

clearance

the distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts

[IEV 441-17-31: 2007]

3.6.2

creepage distance

the shortest distance along the surface of the insulating material between two conductive parts

[IEV 151-15-50: 2001]

NOTE A joint between two pieces of insulating material is considered part of the surface.

3.6.3

overvoltage

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of the maximum steady-state voltage at normal operating conditions

[definition 3.7 of IEC 60664-1: 2007]

3.6.4

temporary overvoltage

overvoltage at power frequency of relatively long duration (several seconds)

[definition 3.7.1 of IEC 60664-1: 2007, modified]

3.6.5

transient overvoltage

short duration overvoltage of a few milliseconds or less, oscillatory or non-oscillatory, usually highly damped

[IEV 604-03-13: 1987]

3.6.6**power-frequency withstand voltage**

r.m.s. value of a power-frequency sinusoidal voltage which does not cause breakdown under specified conditions of test

[definition 2.5.56 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.7**impulse withstand voltage**

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[definition 3.8.1 of IEC 60664-1: 2007]

3.6.8**pollution**

any addition of solid, liquid or gaseous foreign matter, that can result in a reduction of the dielectric strength or surface resistivity of insulation

[definition 3.11 of IEC 60664-1: 2007, modified]

3.6.9**pollution degree (of environmental conditions)**

conventional number based on the amount of conductive or hygroscopic dust, ionized gas or salt, and on the relative humidity and its frequency of occurrence resulting in hygroscopic absorption or condensation of moisture leading to reduction in dielectric strength and/or surface resistivity

NOTE 1 The pollution degree to which the insulating materials of devices and components are exposed may be different from that of the macro-environment where the devices or components are located because of protection offered by means such as an enclosure or internal heating to prevent absorption or condensation of moisture.

NOTE 2 For the purpose of this standard, the pollution degree is of the micro-environment.

[definition 2.5.58 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.10**micro-environment (of a clearance or creepage distance)**

ambient conditions which surround the clearance or creepage distance under consideration

NOTE The micro-environment of the creepage distance or clearance and not the environment of the ASSEMBLY or components determines the effect on the insulation. The micro-environment may be better or worse than the environment of the ASSEMBLY or components. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic and electromagnetic conditions, generation of pollution, etc.

[definition 2.5.59 of IEC 60947-1: 2007, modified]

3.6.11**overvoltage category (of a circuit or within an electrical system)**

conventional number based on limiting (or controlling) the values of prospective transient overvoltages occurring in a circuit (or within an electrical system having different nominal voltages) and depending upon the means employed to influence the overvoltages

NOTE In an electrical system, the transition from one overvoltage category to another of lower category is obtained through appropriate means complying with interface requirements, such as an overvoltage protective device or a series-shunt impedance arrangement capable of dissipating, absorbing, or diverting the energy in the associated surge current, to lower the transient overvoltage value to that of the desired lower overvoltage category.

[definition 2.5.60 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.12

surge arrester; surge protective device (SPD)

device designed to protect the electrical apparatus from high transient overvoltages and to limit the duration and frequently the amplitude of the follow-on current

[definition 2.2.22 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.13

insulation co-ordination

correlation of insulating characteristics of electrical equipment with the expected overvoltages and the characteristics of overvoltage protective devices on the one hand, and with the expected micro-environment and the pollution protective means on the other hand

[definition 2.5.61 of IEC 60947-1: 2007, modified]

3.6.14

homogeneous (uniform) field

electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes, such as that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance between them

[definition 2.5.62 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.15

inhomogeneous (non-uniform) field

electric field which has not an essentially constant voltage gradient between electrodes

[definition 2.5.63 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.16

tracking

progressive formation of conducting paths which are produced on the surface of a solid insulating material, due to the combined effects of electric stress and electrolytic contamination on this surface

[definition 2.5.64 of IEC 60947-1: 2007]

3.6.17

comparative tracking index CTI

numerical value of the maximum voltage in volts at which a material withstands 50 drops of a defined test liquid without tracking

NOTE The value of each test voltage and the CTI should be divisible by 25.

[definition 2.5.65 of IEC 60947-1: 2007, modified]

3.6.18

disruptive discharge

phenomena associated with the failure of insulation under electrical stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or nearly zero

NOTE 1 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength; in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary.

NOTE 2 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

NOTE 3 The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a dielectric in a gaseous or liquid medium.

NOTE 4 The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

3.7 Protection against electric shock

3.7.1

live part

conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor

NOTE This term does not necessarily imply a risk of electric shock.

[IEV 195-02-19: 1998]

3.7.2

hazardous live part

live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

[IEV 195-6-5: 1998]

3.7.3

exposed conductive part

conductive part of the ASSEMBLY, which can be touched and which is not normally live, but which may become a hazardous live part under fault conditions

[IEV 826-12-10: 2007, modified]

3.7.4

protective conductor (identification: PE)

conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

[IEV 826-13-22: 2007]

NOTE As an example the protective conductor can electrically connect the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal;
- earth electrode;
- earthed point of the source or artificial neutral.

3.7.5

neutral conductor N

conductor electrically connected to the neutral point and capable of contributing to the distribution of electric energy

[IEV 195-02-06: 1998, modified]

3.7.6

PEN conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a neutral conductor

[IEV 195-02-12: 1998]

3.7.7

fault current

current resulting from an insulation failure, the bridging of insulation or incorrect connection in an electrical circuit

3.7.8

basic protection

protection against electric shock under fault-free conditions

[IEV 195-06-01: 1998]

NOTE Basic protection is intended to prevent contact with live parts and generally corresponds to protection against direct contact.

3.7.9

basic insulation

insulation of hazardous live parts, which provide basic protection

[IEV 195-06-06: 1998]

NOTE This concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes

3.7.10

fault protection

protection against electric shock under single-fault conditions (e.g. failure of basic insulation)

[IEV 195-06-02. Amendment 1: 2001, modified]

NOTE Fault protection generally corresponds to protection against indirect contact, mainly with regard to failure of basic insulation.

3.7.11

extra-low voltage (ELV)

any voltage not exceeding the relevant voltage limit specified in IEC 61201

3.7.12

skilled person

person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[IEV 826-18-01: 2007]

3.7.13

instructed person

person adequately advised or supervised by skilled persons to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards electricity can create

[IEV 826-18-02: 2007]

3.7.14

ordinary person

person who is neither a skilled person nor an instructed person

[IEV 826-18-03: 2007]

3.7.15

authorized person

skilled or instructed person, who is empowered to execute defined work

3.8 Characteristics

3.8.1

nominal value

value of a quantity used to designate and identify a component, device, equipment or system

[IEV151-16-09: 2001]

NOTE The nominal value is generally a rounded value.

3.8.2

limiting value

in a specification of a component, device, equipment or system, the greatest or smallest admissible value of a quantity

[IEV 151-16-10: 2001]

3.8.3

rated value

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

[IEV 151-16-08: 2001]

3.8.4

rating

set of rated values and operating conditions

[IEV 151-16-11: 2001]

3.8.5

short-circuit current (I_c)

over-current resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit

[IEV 441-11-07: 2007]

3.8.6

prospective short-circuit current (I_{cp})

current which flows when the supply conductors to the circuit are short-circuited by a conductor of negligible impedance located as near as practicable to the supply terminals of the ASSEMBLY

NOTE Prospective short circuit current comprises a prospective peak current (see IEC 441-17-02) and, where applicable, a prospective symmetrical current in an ac circuit (see IEC 441-17-03).

3.8.7

cut-off current; let-through current

maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a switching device or a fuse

NOTE This concept is of particular importance when the switching device or the fuse operates in such a manner that the prospective peak current of the circuit is not reached.

[IEV 441-17-12: 2007]

3.8.8 voltage ratings

3.8.8.1

rated voltage (U_n)

highest nominal value of the a.c. (r.m.s.) or d.c. voltage, declared by the ASSEMBLY manufacturer, to which the main circuit(s) of the ASSEMBLY is (are) designed to be connected.

NOTE 1 In polyphase circuits, it is the voltage between phases.

NOTE 2 Transients are disregarded.

NOTE 3 The value of the supply voltage may exceed the rated voltage due to permissible system tolerances.

3.8.8.2

rated operational voltage (U_o) (of a circuit of an ASSEMBLY)

value of voltage, declared by the ASSEMBLY manufacturer, which combined with the rated current determines its application.

NOTE In polyphase circuits, it is the voltage between phases.

3.8.8.3

rated insulation voltage (U_i)

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

[definition 3.9.1 of IEC 60664-1: 2007, modified]

NOTE 1 In polyphase circuits, it is the voltage between phases.

NOTE 2 The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated operational voltage of equipment which is primarily related to functional performance.

NOTE 3 It is the value to which dielectric test voltages and creepage distances are referred, see also 8.3.

3.8.8.4

rated impulse withstand voltage (U_{imp})

impulse withstand voltage value, declared by the ASSEMBLY manufacturer, characterising the specified withstand capability of the insulation against transient overvoltages

[definition 3.9.2 of IEC 60664-1: 2007, modified]

3.8.9 current ratings

3.8.9.1

rated current (I_n)

value of current, declared by the ASSEMBLY manufacturer taking into consideration the ratings of the components, their disposition and application, which can be carried without the temperature-rise of various parts of the ASSEMBLY exceeding specified limits under specified conditions

3.8.9.2

rated peak withstand current (I_{pk})

value of peak short-circuit current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be withstood under specified conditions

3.8.9.3

rated short-time withstand current (I_{cw})

r.m.s value of short-time current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be carried without damage under specified conditions, defined in terms of a current and time

3.8.9.4

rated conditional short-circuit current (I_{cc})

value of prospective short-circuit current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be withstood for the total operating time (clearing time) of the short-circuit protective device (SCPD) under specified conditions

NOTE The short-circuit protective device may form an integral part of the ASSEMBLY or may be a separate unit.

3.8.10

rated diversity factor

RDF

per unit value of the rated current, assigned by the ASSEMBLY manufacturer, to which outgoing circuits of an ASSEMBLY can be continuously and simultaneously loaded taking into account the mutual thermal influences

3.8.11**rated frequency (f_n)**

value of frequency, declared by the ASSEMBLY manufacturer, which designates a circuit and to which the operating conditions refer

3.8.12**electromagnetic compatibility
EMC**

NOTE For EMC related terms and definitions, see J.3.8.12.1 to J.3.8.12.6 of Annex J.

3.9 Verification**3.9.1****design verification**

verification made on a sample of an ASSEMBLY or on parts of ASSEMBLIES to show that the design meets the requirements of the relevant ASSEMBLY standard

NOTE Design verification may comprise one or more equivalent and alternative methods consisting of testing, calculation, physical measurement or the application of design rules.

3.9.2**verification test**

test made on a sample of an ASSEMBLY or on parts of ASSEMBLIES to verify that the design meets the requirements of the relevant ASSEMBLY standard

NOTE Verification tests are equivalent to type tests.

3.9.3**verification assessment**

design verification of strict design rules or calculations applied to a sample of an ASSEMBLY or to parts of ASSEMBLIES to show that the design meets the requirements of the relevant ASSEMBLY standard

3.9.4**design rule**

specified rule for the design of an ASSEMBLY which may be applied as an alternative to a verification test

3.9.5**routine verification**

verification of each ASSEMBLY performed during and/or after manufacture to confirm whether it complies with the requirements of the relevant ASSEMBLY standard

3.10 Manufacturer**3.10.1****original manufacturer**

organization that has carried out the original design and the associated verification of an ASSEMBLY in accordance with the relevant ASSEMBLY standard

3.10.2**ASSEMBLY manufacturer**

organization taking the responsibility for the completed ASSEMBLY

NOTE The ASSEMBLY manufacturer may be a different organisation to the original manufacturer.

4 Symbols and abbreviations

Alphabetical list of terms with symbols and abbreviations together with the subclause where they are first used:

Symbol/Abbreviation	Term	Subclause
CTI	comparative tracking index	3.6.17
ELV	extra-low voltage	3.7.11
EMC	electromagnetic compatibility	3.8.12
f_n	rated frequency	3.8.11
I_c	short-circuit current	3.8.5
I_{cc}	rated conditional short-circuit current	3.8.9.4
I_{cp}	prospective short-circuit current	3.8.6
I_{cw}	rated short-time withstand current	3.8.9.3
I_n	rated current	3.8.9.1
I_{nA}	rated current of the ASSEMBLY	5.3.1
I_{nc}	rated current of a circuit	5.3.2
I_{pk}	rated peak withstand current	3.8.9.2
N	neutral conductor	3.7.5
PE	protective conductor	3.7.4
PEN	PEN conductor	3.7.6
RDF	rated diversity factor	3.8.10
SCPD	short-circuit protective device	3.8.9.4
SPD	surge protective device	3.6.12
U_e	rated operational voltage	3.8.8.2
U_i	rated insulation voltage	3.8.8.3
U_{imp}	rated impulse withstand voltage	3.8.8.4
U_n	rated voltage	3.8.8.1

5 Interface characteristics

5.1 General

The characteristics of the ASSEMBLY shall ensure compatibility with the ratings of the circuits to which it is connected and the installation conditions and shall be specified by the ASSEMBLY Manufacturer using the criteria identified in 5.2 to 5.5.

5.2 Voltage ratings

5.2.1 Rated voltage (U_n) (of the ASSEMBLY)

The ASSEMBLY manufacturer shall state the rated voltage(s) necessary for correct functioning of the ASSEMBLY.

5.2.2 Rated operational voltage (U_e) (of a circuit of an ASSEMBLY)

If different from the rated voltage of the ASSEMBLY, the ASSEMBLY manufacturer shall state the appropriate rated operational voltage of the circuit.

The maximum rated operational voltage of any circuit of the ASSEMBLY shall not exceed its rated insulation voltage.

5.2.3 Rated insulation voltage (U_i) (of a circuit of an ASSEMBLY)

The rated insulation voltage of a circuit of an ASSEMBLY is the voltage value to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

The rated insulation voltage of a circuit shall be equal or higher than the values stated for U_n and for U_e for the same circuit.

NOTE For single-phase circuits derived from IT systems (see IEC 60364-5-52), the rated insulation voltage should be at least equal to the voltage between phases of the supply.

5.2.4 Rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (of the ASSEMBLY)

The rated impulse withstand voltage shall be equal to or higher than the values stated for the transient overvoltages occurring in the system(s) to which the circuit is designed to be connected.

NOTE The preferred values of rated impulse withstand voltage are those given in Table G.1 of Annex G.

5.3 Current ratings

5.3.1 Rated current of the ASSEMBLY (I_{nA})

The rated current of the ASSEMBLY is the smaller of:

- the sum of the rated currents of the incoming circuits within the ASSEMBLY operated in parallel;
- the total current which the main busbar is capable of distributing in the particular ASSEMBLY arrangement.

This current shall be carried without the temperature rise of the individual parts exceeding the limits specified in 9.2.

NOTE 1 The rated current of an incoming circuit may be lower than the rated current of the incoming device (according to the respective device standard) installed in the ASSEMBLY.

NOTE 2 The main busbar in this context is a single busbar or a combination of single busbars that are normally connected in service e.g. by means of a bus coupler.

5.3.2 Rated current of a circuit (I_{nc})

The rated current of a circuit is stated by the ASSEMBLY manufacturer, taking into consideration the ratings of the devices within the circuit, their disposition and application. This current shall be carried without the temperature rise of the various parts of the ASSEMBLY exceeding the limits specified in 9.2. when the circuit is loaded alone.

NOTE 1 The rated current of a circuit may be lower than the rated currents of the devices (according to the respective device standard) installed in this circuit.

NOTE 2 Due to the complex factors determining the rated currents, no standard values can be given.

5.3.3 Rated diversity factor (RDF)

The rated diversity factor is the per unit value of the rated current, assigned by the ASSEMBLY manufacturer, to which outgoing circuits of an ASSEMBLY can be continuously and simultaneously loaded taking into account the mutual thermal influences.

Rated diversity factor can be stated:

- for groups of circuits;
- for the whole ASSEMBLY.

The rated diversity factor multiplied by the rated current of the circuits shall be equal to or higher than the assumed loading of the outgoing circuits. The assumed loading of outgoing circuits shall be addressed by the relevant ASSEMBLY standard.

The rated diversity factor is applicable with the ASSEMBLY operating at rated current (I_{nA}).

NOTE The rated diversity factor recognizes that multiple functional units are in practice not fully loaded simultaneously or are intermittently loaded.

See Annex E for further details.

5.3.4 Rated peak withstand current (I_{pk})

The rated peak withstand current shall be equal to or higher than the values stated for the peak value of the prospective short-circuit current of the supply system(s) to which the circuit(s) is (are) designed to be connected (see also 9.3.3).

5.3.5 Rated short-time withstand current (I_{cw}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

The rated short-time withstand current shall be equal to or higher than the prospective r.m.s. value of the short-circuit current at each point of connection to the supply, (see also 3.8.9.3).

Different values of I_{cw} for different durations (e.g. 0,2 s; 1 s; 3 s) may be assigned to an ASSEMBLY.

For a.c., the value of the current is the r.m.s. value of the a.c. component.

5.3.6 Rated conditional short-circuit current of an ASSEMBLY (I_{cc})

The rated conditional short-circuit current shall be equal to or higher than the prospective r.m.s. value of short-circuit current (I_{cp}) for a duration limited by the operation of the short-circuit protective device that protects the ASSEMBLY.

Performance characteristics of the specified short-circuit protective device shall be stated by the ASSEMBLY manufacturer.

5.4 Rated frequency (f_n)

The rated frequency of a circuit is the value of frequency which designates it and to which the operating conditions are referred. Where the circuits of an ASSEMBLY are designed for different values of frequency, the rated frequency of each circuit shall be given.

NOTE The frequency should be within the limits specified in the relevant IEC standards for the incorporated components. Unless otherwise stated by the ASSEMBLY manufacturer, the limits are assumed to be 98 % and 102 % of the rated frequency.

5.5 Other characteristics

The following characteristics shall be declared:

- a) additional requirements depending on the specific service conditions of a functional unit (e.g. type of coordination, overload characteristics);
- b) pollution degree; (see 3.6.9);
- c) types of system earthing for which the ASSEMBLY is designed;
- d) indoor and/or outdoor installation (see 3.5.1 and 3.5.2);
- e) stationary or movable (see 3.5.3 and 3.5.4);
- f) degree of protection;
- g) intended for use by skilled or ordinary persons (see 3.7.12 and 3.7.14);
- h) electromagnetic compatibility (EMC) classification (see Annex J);
- i) special service conditions, if applicable (see 7.2);
- j) external design (see 3.3);
- k) mechanical impact protection, if applicable (see 8.2.1);
- l) the type of construction – fixed or removable parts (see 8.5.1 and 8.5.2.).

6 Information

6.1 ASSEMBLY designation marking

The ASSEMBLY manufacturer shall provide each ASSEMBLY with one or more labels, marked in a durable manner and located in a place such that they are visible and legible when the ASSEMBLY is installed and in operation. Compliance is checked according to the test of 10.2.7 and by inspection.

The following information regarding the ASSEMBLY shall be provided on the designation label(s):

- a) ASSEMBLY manufacturer's name or trade mark (see 3.10.2);
- b) type designation or identification number or any other means of identification, making it possible to obtain relevant information from the ASSEMBLY manufacturer;
- c) means of identifying date of manufacture;
- d) IEC 61439-X (the specific part "X" shall be identified).

NOTE The relevant ASSEMBLY standard may specify where additional information is to be provided on the designation label.

6.2 Documentation

6.2.1 Information relating to the ASSEMBLY

The following additional information, where applicable, shall be provided in the ASSEMBLY Manufacturer's technical documentation supplied with the ASSEMBLY:

- a) rated voltage (U_n) (of the ASSEMBLY) (see 5.2.1);

- b) rated operational voltage (U_e) (of a circuit) (see 5.2.2);
- c) rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (see 5.2.4);
- d) rated insulation voltage (U_i) (see 5.2.3);
- e) rated current of the ASSEMBLY (I_{nA}) (see 5.3.1);
- f) rated current of each circuit (I_{nC}) (see 5.3.2);
- g) rated peak withstand current (I_{pk}) (see 5.3.4);
- h) rated short-time withstand current (I_{cw}) together with its duration (see 5.3.5);
- i) rated conditional short-circuit current (I_{cc}) (see 5.3.6);
- j) rated frequency (f_n) (see 5.4);
- k) rated diversity factor(s) (RDF) (see 5.3.3).

All necessary information relating to the other declared classifications and characteristics (see 5.5) shall be provided.

The following additional information regarding the ASSEMBLY shall be provided where applicable:

- 1) the short-circuit withstand strength and nature of short-circuit protective device(s) (see 9.3.2);
- 2) measures for protection against electric shock;
- 3) overall dimensions (including projections e.g handles, covers, doors);
- 4) the weight where this exceeds 30 kg.

6.2.2 Instructions for handling, installation, operation and maintenance

The ASSEMBLY manufacturer shall provide in documents or catalogues the conditions, if any, for the handling, installation, operation and maintenance of the ASSEMBLY and the equipment contained therein.

If necessary, the instructions shall indicate the measures that are of particular importance for the proper and correct transport, handling, installation and operation of the ASSEMBLY. The provision of weight details is of particular importance in connection with the transport and handling of ASSEMBLIES.

The correct location and installation of lifting means and the thread size of lifting attachments, if applicable, shall be given in the ASSEMBLY manufacturer's documentation or the instructions on how the ASSEMBLY has to be handled.

The measures to be taken, if any, with regard to EMC associated with the installation, operation and maintenance of the ASSEMBLY shall be specified (see Annex J).

If an ASSEMBLY specifically intended for environment A is to be used in environment B the following warning shall be included in the operating instructions:

CAUTION

This product has been designed for environment A. Use of this product in environment B may cause unwanted electromagnetic disturbances in which case the user may be required to take adequate mitigation measures.

Where necessary, the above-mentioned documents shall indicate the recommended extent and frequency of maintenance.

If the circuitry is not obvious from the physical arrangement of the apparatus installed, suitable information shall be supplied, for example wiring diagrams or tables.

6.3 Device and/or component identification

Inside the ASSEMBLY, it shall be possible to identify individual circuits and their protective devices. Any designations used shall be in compliance with IEC 61346-1 and IEC 61346-2 and identical with those used in the wiring diagrams, which shall be in accordance with IEC 61082-1.

7 Service conditions

7.1 Normal service conditions

ASSEMBLIES conforming to this standard are intended for use under the normal service conditions detailed below.

NOTE If components, for example relays, electronic equipment, are used which are not designed for these conditions, appropriate steps should be taken to ensure proper operation.

7.1.1 Ambient air temperature

7.1.1.1 Ambient air temperature for indoor installations

The ambient air temperature shall not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h shall not exceed +35 °C.

The lower limit of the ambient air temperature shall be –5 °C.

7.1.1.2 Ambient air temperature for outdoor installations

The ambient air temperature shall not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h shall not exceed +35 °C.

The lower limit of the ambient air temperature shall be –25 °C.

7.1.2 Atmospheric conditions

7.1.2.1 Atmospheric conditions for indoor installations

The air shall be clean and its relative humidity not exceed 50 % at a maximum temperature of +40 °C. Higher relative humidity may be permitted at lower temperatures, for example 90 % at +20 °C. Moderate condensation should be borne in mind which may occasionally occur due to variations in temperature.

7.1.2.2 Atmospheric conditions for outdoor installations

The relative humidity may temporarily be as high as 100 % at a maximum temperature of +25 °C.

7.1.3 Pollution degree

The pollution degree (see 3.6.9) refers to the environmental conditions for which the ASSEMBLY is intended.

For switching devices and components inside an enclosure, the pollution degree of the environmental conditions in the enclosure is applicable.

For the purpose of evaluating clearances and creepage distances, the following four degrees of pollution in the micro-environment are established.

Pollution degree 1:

No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.

Pollution degree 2:

Only non-conductive pollution occurs except that occasionally a temporary conductivity caused by condensation is to be expected.

Pollution degree 3:

Conductive pollution occurs or dry, non-conductive pollution occurs which is expected to become conductive due to condensation.

Pollution degree 4:

Continuous conductivity occurs due to conductive dust, rain or other wet conditions.

Pollution degree 4 is not applicable for a micro-environment inside the ASSEMBLY to this standard.

Unless otherwise stated, ASSEMBLIES for industrial applications are generally for use in a pollution degree 3 environment. However, other pollution degrees may be considered to apply, depending upon particular applications of the micro-environment.

NOTE The pollution degree of the micro-environment for the equipment may be influenced by installation in an enclosure.

7.1.4 Altitude

The altitude of the site of installation does not exceed 2 000 m.

NOTE For equipment to be used at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the dielectric strength, the switching capability of the devices and of the cooling effect of the air.

7.2 Special service conditions

Where any special service conditions exist, the applicable particular requirements shall be complied with or special agreements shall be made between the ASSEMBLY manufacturer and the user. The user shall inform the ASSEMBLY manufacturer if such exceptional service conditions exist.

Special service conditions include, for example:

- a) values of temperature, relative humidity and/or altitude differing from those specified in 7.1;
- b) applications where variations in temperature and/or air pressure take place at such a speed that exceptional condensation is liable to occur inside the ASSEMBLY;
- c) heavy pollution of the air by dust, smoke, corrosive or radioactive particles, vapours or salt;
- d) exposure to strong electric or magnetic fields;
- e) exposure to extreme climatic conditions;
- f) attack by fungus or small creatures;
- g) installation in locations where fire or explosion hazards exist;
- h) exposure to heavy vibration and shocks;
- i) installation in such a manner that the current-carrying capacity or breaking capacity is affected, for example equipment built into machines or recessed into walls;

- j) exposure to conducted and radiated disturbances other than electromagnetic, and electromagnetic disturbances in environments other than those described in 9.4;
- k) exceptional overvoltage conditions.

7.3 Conditions during transport, storage and installation

A special agreement shall be made between the ASSEMBLY manufacturer and the user if the conditions during transport, storage and installation, for example temperature and humidity conditions, differ from those defined in 7.1.

8 Constructional requirements

8.1 Strength of materials and parts

8.1.1 General

ASSEMBLIES shall be constructed of materials capable of withstanding the mechanical, electrical, thermal and environmental stresses that are likely to be encountered in specified service conditions.

The external shape of the ASSEMBLY enclosure can vary to suit the application and use, some examples have been defined in 3.3. These enclosures may also be constructed from various materials e.g. insulating, metallic or a combination of these.

8.1.2 Protection against corrosion

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by protective coatings to the exposed surface, taking account of the intended normal service conditions of use and maintenance. Compliance to this requirement is checked by the test of 10.2.2.

8.1.3 Thermal stability

For enclosures or parts of enclosures made of insulating materials, thermal stability shall be verified according to 10.2.3.1.

8.1.4 Resistance to ultra-violet radiation

For enclosures and external parts made of insulating materials which are intended to be used outdoor, resistance to ultra-violet radiation shall be verified according to 10.2.4.

8.1.5 Resistance of insulating materials to heat and fire

8.1.5.1 General

Parts of insulating materials which might be exposed to thermal stresses due to internal electrical effects, and the deterioration of which might impair the safety of the ASSEMBLY, shall not be adversely affected by normal (operational) heat, abnormal heat or fire .

If an identical material having representative cross-sections as the parts has already satisfied the requirements of 8.1.5.2 and/or 8.1.5.3. then those respective tests need not be repeated. It is the same for all parts which have been previously tested according to their own specifications.

8.1.5.2 Verification of resistance of insulating materials to heat

The original manufacturer shall demonstrate compliance either by reference to the insulation temperature index (determined for example by the methods of IEC 60216) or by compliance

with IEC 60085. If this data is not available the ball pressure test in 10.2.3.2 shall be used to verify the suitability of insulating materials used to resist the effects of heat.

8.1.5.3 Resistance of insulating materials to abnormal heat and fire due to internal electric effects

Insulating materials used for parts necessary to retain current carrying parts in position and parts which might be exposed to thermal stresses due to internal electrical effects, and the deterioration of which might impair the safety of the ASSEMBLY, shall not be adversely affected by abnormal heat and fire and shall be verified by the glow-wire test in 10.2.3.3. For the purpose of this test, a protective conductor (PE) is not considered as a current-carrying part.

For small parts (having surface dimensions not exceeding 14 mm x 14 mm), an alternative test may be used (e.g. needle flame test, according to IEC 60695-11-5). The same procedure may be applicable for other practical reasons where the metal material of a part is large compared to the insulating material.

The original manufacturer may provide data on the suitability of materials from the insulating material supplier to demonstrate compliance with these requirements.

8.1.6 Mechanical strength

All enclosures or partitions including locking means and hinges for doors shall be of a mechanical strength sufficient to withstand the stresses to which they may be subjected in normal service, and during short-circuit conditions (see also 10.13).

The mechanical operation of removable parts, including any insertion interlock, shall be verified by test according to 10.13.

8.1.7 Lifting provision

Where required, ASSEMBLIES shall be provided with the appropriate provision for lifting. Compliance is checked according to the test of 10.2.5.

8.2 Degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure

8.2.1 Protection against mechanical impact

The degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure against mechanical impact, if necessary, shall be defined by the relevant ASSEMBLY standards and verified in accordance with IEC 62262 (see 10.2.6).

8.2.2 Protection against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and liquids

The degree of protection provided by any ASSEMBLY against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and liquid is indicated by the IP code according to IEC 60529 and verified according to 10.3

NOTE In the United States of America (USA), Canada and in Mexico enclosure "type" designations are used to specify "the degree of protection" provided to the ASSEMBLY. For applications in the USA, the appropriate enclosure type designation should be used as specified in NEMA 250. For applications in Canada, the appropriate enclosure type designation should be used as specified in CSA standard C22.2 No. 94.1 and 94.2. For applications in Mexico, the appropriate enclosure Type designation should be used as specified in NMX-J-235/1-ANCE y NMX-J-235/2-ANCE

For ASSEMBLIES for indoor use where there is no requirement for protection against ingress of water, the following IP codes are preferred:

IP 00, IP 2X, IP 3X, IP 4X, IP 5X, IP 6X

The degree of protection of an enclosed ASSEMBLY shall be at least IP 2X, after installation in accordance with the ASSEMBLY manufacturer's instructions. The degree of protection provided from the front of a dead front ASSEMBLY shall be at least IP XXB.

For ASSEMBLIES for outdoor use having no supplementary protection, the second characteristic numeral shall be at least 3.

NOTE 2 For outdoor installation, supplementary protection may be protective roofing or the like.

Unless otherwise specified, the degree of protection indicated by the ASSEMBLY manufacturer applies to the complete ASSEMBLY when installed in accordance with the ASSEMBLY manufacturer's instructions, for example sealing of the open mounting surface of an ASSEMBLY, etc.

Where the ASSEMBLY does not have the same IP rating throughout, the ASSEMBLY manufacturer shall declare the IP rating for the separate parts.

Example: Operating face IP 20, other parts IP 00.

No IP codes can be given unless the appropriate verifications have been made according to 10.3.

Enclosed ASSEMBLIES, for outdoor and indoor installation, intended for use in locations with high humidity and temperatures varying within wide limits, shall be provided with suitable arrangements (ventilation and/or internal heating, drain holes, etc.) to prevent harmful condensation within the ASSEMBLY. However, the specified degree of protection shall at the same time be maintained.

8.2.3 Degree of protection of removable parts

The degree of protection indicated for ASSEMBLIES normally applies to the connected position (see 3.2.3) of removable parts.

If, after the removal of a removable part, the original degree of protection is not maintained, an agreement shall be reached between the ASSEMBLY manufacturer and the user as to what measures shall be taken to ensure adequate protection. Information provided by the ASSEMBLY manufacturer may take the place of such an agreement.

8.3 Clearances and creepage distances

8.3.1 General

The requirements for clearances and creepage distances are based on the principles of IEC 60664-1 and are intended to provide insulation co-ordination within the installation.

The clearances and creepage distances of equipment that form part of the ASSEMBLY shall comply with the requirements of the relevant product standard.

When incorporating equipment into the ASSEMBLY, the specified clearances and creepage distances shall be maintained during normal service conditions.

For dimensioning clearances and creepage distances between separate circuits, the highest voltage ratings shall be used (rated impulse withstand voltage for clearances and rated insulation voltage for creepage distances).

The clearances and creepage distances apply to phase to phase, phase to neutral, and except where a conductor is connected directly to earth, phase to earth and neutral to earth.

For bare live conductors and terminations (e.g. busbars, connections between equipment and cable lugs), the clearances and creepage distances shall at least be equivalent to those specified for the equipment with which they are directly associated.

The effect of a short-circuit up to and including the declared rating(s) of the ASSEMBLY shall not reduce permanently the clearances or creepage distances between busbars and/or connections, below the values specified for the ASSEMBLY. Deformation of parts of the enclosure or of the internal partitions, barriers and obstacles due to a short-circuit shall not reduce permanently the clearances or creepage distances below those specified in 8.3.2 and 8.3.3 (see also 10.11.5.5).

8.3.2 Clearances

The clearances shall be sufficient to enable the declared rated impulse withstand voltage (U_{imp}) of a circuit to be achieved. The clearances shall be as specified in Table 1 unless a design verification test and routine impulse withstand voltage test is carried out in accordance with 10.9.3 and 11.3, respectively.

The method of verifying clearances by measurement is given in Annex F.

NOTE In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes, are used to specify minimum clearances. In the USA National Electric Code NFPA 70, Article 408.36 is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is applicable. For these applications, it is recommended that clearances be selected using Annex L, Table L.1 of this standard. For applications in Canada minimum electrical clearances are specified in the Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards.

8.3.3 Creepage distances

The original manufacturer shall select a rated insulation voltage(s) (U_i) for the circuits of the ASSEMBLY from which the creepage distance(s) shall be determined. For any given circuit the rated insulation voltage shall not be less than the rated operational voltage (U_e).

The creepage distances shall not, in any case, be less than the associated minimum clearances.

Creepage distances shall correspond to a pollution degree as specified in 7.1.3 and to the corresponding material group at the rated insulation voltage given in Table 2.

The method of verifying creepage distances by measurement is given in Annex F.

NOTE 1 For inorganic insulating materials, e.g. glass or ceramics, which do not track, creepage distances need not be greater than their associated clearances. However, the risk of disruptive discharge should be considered.

NOTE 2 In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes are used to specify minimum creepage distances. In the USA National Electric Code NFPA 70, Article 408.36 is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is applicable. For these applications, it is recommended that creepage distances be selected using Annex L, Table L.2 of this standard. For applications in Canada minimum creepage distances are specified in the Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards.

By using ribs of a minimum height of 2 mm the creepage distance may be reduced but, irrespective of the number of ribs, shall be not less than 0,8 of the value of Table 2 and not less than the associated minimum clearance. The minimum base of the rib is determined by mechanical requirements (see Clause F.2).

8.4 Protection against electric shock

8.4.1 General

The apparatus and circuits in the ASSEMBLY shall be so arranged as to facilitate their operation and maintenance, and at the same time to ensure the necessary degree of safety.

The following requirements are intended to ensure that the required protective measures are obtained when an ASSEMBLY is installed in a system conforming to the IEC 60364 series.

NOTE For generally accepted protective measures refer to IEC 61140 and IEC 60364-4-41.

Those protective measures, which are of particular importance for an ASSEMBLY, are reproduced in 8.4.2 to 8.4.5.

8.4.2 Basic protection

8.4.2.1 General

Basic protection is intended to prevent direct contact with hazardous live parts.

Basic protection can be achieved either by appropriate constructional measures on the ASSEMBLY itself or by additional measures to be taken during installation; this may require information to be given by the ASSEMBLY manufacturer.

An example of additional measures to be taken is the installation of an open-type ASSEMBLY without further provisions in a location where access is only permitted for authorized personnel.

Where basic protection is achieved by constructional measures one or more of the protective measures given in 8.4.2.2 and 8.4.2.3 may be selected. The choice of the protective measure shall be declared by the ASSEMBLY manufacturer if not specified within the relevant ASSEMBLY standard.

8.4.2.2 Basic insulation provided by insulating material

Hazardous live parts shall be completely covered with insulation that can only be removed by destruction.

The insulation shall be made of suitable materials capable of durably withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses to which the insulation may be subjected in service.

NOTE Examples are electrical components embedded in insulation and insulated conductors.

Paints, varnishes and lacquers alone are not considered to satisfy the requirements for basic insulation.

8.4.2.3 Barriers or enclosures

Air insulated live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least a degree of protection of IP XXB.

Horizontal top surfaces of accessible enclosures having a height equal to or lower than 1,6 m above the standing area, shall provide a degree of protection of at least IP XXD.

Barriers and enclosures shall be firmly secured in place and have sufficient stability and durability to maintain the required degrees of protection and appropriate separation from live parts under normal service conditions, taking account of relevant external influences. The distance between a conductive barrier or enclosure and the live parts they protect shall not be less than the values specified for the clearances and creepage distances in 8.3.

Where it is necessary to remove barriers or open enclosures or to remove parts of enclosures, this shall be possible only if one of the conditions a) to c) is fulfilled:

- a) By the use of a key or tool, i.e. any mechanical aid, to open the door, cover or override an interlock.
- b) After isolation of the supply to live parts, against which the barriers or enclosures afford basic protection, restoration of the supply being possible only after replacement or reclosure of the barriers or enclosures. In TN-C systems, the PEN conductor shall not be isolated or switched. In TN-S systems and TN-C-S systems the neutral conductors need not be isolated or switched (see IEC 60364-5-53, 536.1.2).

Example: By interlocking the door(s) with a disconnector so that they can only be opened when the disconnector is open, and closing of the disconnector without the use of a tool is impossible while the door is open.

- c) Where an intermediate barrier providing a degree of protection of at least IP XXB prevents contact with live parts, such a barrier being removable only by the use of a key or tool.

8.4.3 Fault protection

8.4.3.1 Installation conditions

The ASSEMBLY shall include protective measures and be suitable for installations designed to be in accordance with IEC 60364-4-41. Protective measures suitable for particular installations (e.g. railways, ships) shall be subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

8.4.3.2 Protection by automatic disconnection of the supply

8.4.3.2.1 General

Each ASSEMBLY shall have a protective conductor to facilitate automatic disconnection of the supply for:

- a) protection against the consequences of faults (e.g. failure of basic insulation) within the ASSEMBLY;
- b) protection against the consequences of faults (e.g. failure of basic insulation) in external circuits supplied through the ASSEMBLY.

The requirements to be complied with are given in the following subclauses.

Requirements for identification of the protective conductor (PE, PEN) are given in 8.6.6.

8.4.3.2.2 Requirements for earth continuity providing protection against the consequences of faults within the ASSEMBLY

All exposed conductive parts of the ASSEMBLY shall be interconnected together and to the protective conductor of the supply or via an earthing conductor to the earthing arrangement.

These interconnections may be achieved either by metal screwed connections, welding or other conductive connections or by a separate protective conductor. In the case of a separate protective conductor Table 3 shall apply.

NOTE Special precautions may be necessary with metal parts of the ASSEMBLY, particularly gland plates, where abrasion resistant finishes, for example powder coatings, are used.

The method to verify the earth continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit is given in 10.5.2.

For the continuity of these connections the following shall apply:

- a) When a part of the ASSEMBLY is removed, for example for routine maintenance, the protective circuits (earth continuity) for the remainder of the ASSEMBLY shall not be interrupted.

Means used for assembling the various metal parts of an ASSEMBLY are considered sufficient for ensuring continuity of the protective circuits if the precautions taken guarantee permanent good conductivity.

Flexible or pliable metal conduits shall not be used as protective conductors unless they are designed for that purpose.

- b) For lids, doors, cover plates and the like, the usual metal screwed connections and metal hinges are considered sufficient to ensure continuity provided that no electrical equipment exceeding the limits of extra low voltage (ELV) is attached to them.

If apparatus with a voltage exceeding the limits of extra-low voltage are attached to lids, doors, or cover plates additional measures shall be taken to ensure earth continuity. These parts shall be fitted with a protective conductor (PE) whose cross-sectional area is in accordance with Table 3 depending on the highest rated operational current I_e of the apparatus attached or, if the rated operational current of the attached apparatus is less than or equal to 16 A, an equivalent electrical connection especially designed and verified for this purpose (sliding contact, hinges protected against corrosion).

Exposed conductive parts of a device that cannot be connected to the protective circuit by the fixing means of the device shall be connected to the protective circuit of the ASSEMBLY by a conductor whose cross-sectional area is chosen according to Table 3.

Certain exposed conductive parts of an ASSEMBLY that do not constitute a danger

- either because they cannot be touched on large surfaces or grasped with the hand,
- or because they are of small size (approximately 50 mm by 50 mm) or so located as to exclude any contact with live parts,

need not be connected to a protective conductor. This applies to screws, rivets and nameplates. It also applies to electromagnets of contactors or relays, magnetic cores of transformers, certain parts of releases, or similar, irrespective of their size.

When removable parts are equipped with a metal supporting surface, these surfaces shall be considered sufficient for ensuring earth continuity of protective circuits provided that the pressure exerted on them is sufficiently high.

8.4.3.2.3 Requirements for protective conductors providing protection against the consequences of faults in external circuits supplied through the ASSEMBLY

A protective conductor within the ASSEMBLY shall be so designed that it is capable of withstanding the highest thermal and dynamic stresses arising from faults in external circuits at the place of installation that are supplied through the ASSEMBLY. Conductive structural parts may be used as a protective conductor or a part of it.

Except where verification of the short-circuit withstand strength is not required in accordance with 10.11.2, verification shall be made in accordance with 10.5.3.

In principle, with the exception of the cases mentioned below, protective conductors within an ASSEMBLY shall not include a disconnecting device (switch, disconnector, etc.):

In the run of protective conductors links shall be permitted which are removable by means of a tool and accessible only to authorized personnel (these links may be required for certain tests).

Where continuity can be interrupted by means of connectors or plug-and-socket devices, the protective circuit shall be interrupted only after the live conductors have been interrupted and continuity shall be established before the live conductors are reconnected.

In the case of an ASSEMBLY containing structural parts, frameworks, enclosures, etc., made of conducting material, a protective conductor, if provided, need not be insulated from these parts. Conductors to certain protective devices including the conductors connecting them to a separate earth electrode shall be insulated. This applies for instance to voltage-operated fault detection devices and can also apply to the earth connection of the transformer neutral.

The cross-sectional area of protective conductors (PE, PEN) in an ASSEMBLY to which external conductors are intended to be connected shall be not less than the value calculated with the aid of the formula indicated in Annex B using the highest fault current and fault duration that may occur and taking into account the limitation of the short-circuit protective devices (SCPDs) that protect the corresponding live conductors (see 10.11.5.6).

For PEN conductors, the following additional requirements apply:

- the minimum cross-sectional area shall be 10 mm² copper or 16 mm² aluminium;
- the PEN conductor shall have a cross-sectional area not less than that required for a neutral conductor (see 8.6.1);
- the PEN conductors need not be insulated within an ASSEMBLY;
- structural parts shall not be used as a PEN conductor. However, mounting rails made of copper or aluminium may be used as PEN conductors;
- for certain applications in which the current in the PEN conductor may reach high values, for example large fluorescent lighting installations, a PEN conductor having the same or higher current-carrying capacity as the phase conductors may be necessary, subject to special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

For details of requirements for terminals for external protective conductors, see 8.8.

8.4.3.3 Electrical separation

Electrical separation of individual circuits is intended to prevent electrical shock through contact with exposed-conductive-parts, which may be energized by a fault in basic insulation of the circuit.

For this type of protection, see Annex K.

8.4.3.4 Protection by total insulation

NOTE According to 413.2.1.1 of IEC 60364-4-41, "total insulation" is equivalent to Class II equipment.

For protection, by total insulation, against indirect contact the following requirements shall be met.

- a) The apparatus shall be completely enclosed in insulating material which is equivalent of double or reinforced insulation. The enclosure shall carry the symbol  which shall be visible from the outside.
- b) The enclosure shall at no point be pierced by conducting parts in such a manner that there is the possibility of a fault voltage being brought out of the enclosure.

This means that metal parts, such as actuator shafts which for constructional reasons have to be brought through the enclosure, shall be insulated on the inside or the outside of the enclosure from the live parts for the maximum rated insulation voltage and the maximum rated impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

If an actuator is made of metal (whether covered by insulating material or not), it shall be provided with insulation rated for the maximum rated insulation voltage and the maximum impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

If an actuator is principally made of insulating material, any of its metal parts which may become accessible in the event of insulation failure shall also be insulated from live parts

for the maximum rated insulation voltage and the maximum rated impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

- c) The enclosure, when the ASSEMBLY is ready for operation and connected to the supply, shall enclose all live parts, exposed conductive parts and parts belonging to a protective circuit in such a manner that they cannot be touched. The enclosure shall give at least the degree of protection IP 2XC (see IEC 60529).

If a protective conductor, which is extended to electrical equipment connected to the load side of the ASSEMBLY, is to be passed through an ASSEMBLY whose exposed conductive parts are insulated, the necessary terminals for connecting the external protective conductors shall be provided and identified by suitable marking.

Inside the enclosure, the protective conductor and its terminal shall be insulated from the live parts and the exposed conductive parts in the same way as the live parts are insulated.

- d) Exposed conductive parts within the ASSEMBLY shall not be connected to the protective circuit, i.e. they shall not be included in a protective measure involving the use of a protective circuit. This applies also to built-in apparatus, even if they have a connecting terminal for a protective conductor.
- e) If doors or covers of the enclosure can be opened without the use of a key or tool, a barrier of insulating material shall be provided that will afford protection against unintentional contact not only with the accessible live parts, but also with the exposed conductive parts that are only accessible after the cover has been opened; this barrier, however, shall not be removable except with the use of a tool.

8.4.4 Limitation of steady-state touch current and charge

If the ASSEMBLY contains items of equipment that may have steady-state touch current and charges after they have been switched off (capacitors, etc.) a warning plate is required.

Small capacitors such as those used for arc extinction, for delaying the response of relays, etc., shall not be considered dangerous.

NOTE Unintentional contact is not considered dangerous if the voltages resulting from static charges fall below a d.c. voltage of 60 V in less than 5 s after disconnection from the power supply.

8.4.5 Operating and servicing conditions

8.4.5.1 Devices to be operated or components to be replaced by ordinary persons

Protection against any contact with live parts shall be maintained when operating devices or when replacing components.

Openings larger than those defined by degree of protection IP XXC are allowed during the replacement of certain lamps or fuselinks.

8.4.5.2 Requirements related to accessibility in service by authorized persons

8.4.5.2.1 General

For accessibility in service by authorized persons, one or more of the following requirements in 8.4.5.2.2 to 8.4.5.2.4 shall be fulfilled subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user. These requirements shall be complementary to the basic protection specified in 8.4.2.

If, for reasons of operation, the ASSEMBLY is fitted with a device permitting authorized persons to obtain access to live parts while the equipment is live (e.g. by overriding the interlock or using a tool), the interlock shall automatically be restored on reclosing the door(s).

8.4.5.2.2 Requirements related to accessibility for inspection and similar operations

The ASSEMBLY shall be constructed in such a way that certain operations, according to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user, can be performed when the ASSEMBLY is in service and under voltage.

Such operations may consist of:

- visual inspection of
 - switching devices and other apparatus,
 - settings and indicators of relays and releases,
 - conductor connections and marking;
- adjusting and resetting of relays, releases and electronic devices;
- replacement of fuse-links;
- replacement of indicating lamps;
- certain fault location operations, for example voltage and current measuring with suitably designed and insulated devices.

8.4.5.2.3 Requirements related to accessibility for maintenance

To enable maintenance as agreed upon between the ASSEMBLY manufacturer and the user on an isolated functional unit or isolated group of functional units in the ASSEMBLY, with adjacent functional units or groups still under voltage, necessary measures shall be taken. The choice depends on such factors as service conditions, frequency of maintenance, competence of the authorized person, as well as local installation rules. Such measures may include:

- sufficient space between the actual functional unit or group and adjacent functional units or groups. It is recommended that parts likely to be removed for maintenance have, as far as possible, retainable fastening means;
- use of barriers or obstacles designed and arranged to protect against direct contact with equipment in adjacent functional units or groups;
- use of terminal shields;
- use of compartments for each functional unit or group;
- insertion of additional protective means provided or specified by the ASSEMBLY manufacturer.

8.4.5.2.4 Requirements related to accessibility for extension under voltage

When it is required to enable future extension of an ASSEMBLY with additional functional units or groups, with the rest of the ASSEMBLY still under voltage, the requirements specified in 8.4.5.2.3 apply, subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user. These requirements also apply for the insertion and connection of additional outgoing cables when the existing cables are under voltage.

The extension of busbars and connection of additional units to their incoming supply shall not be made under voltage, unless the ASSEMBLY is designed for this purpose.

8.4.5.2.5 Obstacles

Obstacles shall prevent either:

- unintentional bodily approach to live parts, or
- unintentional contact with live parts during the operation of live equipment in normal service.

Obstacles may be removed without using a key or tool but shall be so secured as to prevent unintentional removal. The distance between a conductive obstacle and the live parts they protect shall not be less than the values specified for the clearances and creepage distances in 8.3.

Where a conductive obstacle is separated from hazardous live parts by basic protection only, it is an exposed conductive part, and measures for fault protection shall also be applied.

8.5 Incorporation of switching devices and components

8.5.1 Fixed parts

For fixed parts (see 3.2.1), the connections of the main circuits (see 3.1.3) shall only be connected or disconnected when the ASSEMBLY is not under voltage. In general, removal and installation of fixed parts requires the use of a tool.

The disconnection of a fixed part shall require the isolation of the complete ASSEMBLY or part of it.

In order to prevent unauthorized operation, the switching device may be provided with means to secure it in one or more of its positions.

NOTE Where working on live circuits is permitted, relevant safety precautions may be necessary.

8.5.2 Removable parts

The removable parts shall be so constructed that their electrical equipment can be safely isolated from or connected to the main circuit whilst this circuit is live. The removable parts may be provided with an insertion interlock (see 3.2.5).

NOTE It may be necessary to ensure that these operations are not performed under load.

Removable parts shall have a connected position (see 3.2.3) and a removed position (see 3.2.4).

8.5.3 Selection of switching devices and components

Switching devices and components incorporated in ASSEMBLIES shall comply with the relevant IEC standards.

The switching devices and components shall be suitable for the particular application with respect to the external design of the ASSEMBLY (e.g. open type or enclosed), their rated voltages, rated currents, rated frequency, service life, making and breaking capacities, short-circuit withstand strength, etc.

The switching devices and components having a short-circuit withstand strength and/or a breaking capacity which is insufficient to withstand the stresses likely to occur at the place of installation, shall be protected by means of current-limiting protective devices, for example fuses or circuit-breakers. When selecting current-limiting protective devices for built-in switching devices, account shall be taken of the maximum permissible values specified by the device manufacturer, having due regard to co-ordination (see 9.3.4).

Co-ordination of switching devices and components, for example co-ordination of motor starters with short-circuit protective devices, shall comply with the relevant IEC standards.

In some cases overvoltage protection may be necessary e.g. for equipment fulfilling overvoltage category 2 (see 3.6.11).

8.5.4 Installation of switching devices and components

Switching devices and components shall be installed and wired in the ASSEMBLY in accordance with instructions provided by their manufacturer and in such a manner that their proper functioning is not impaired by interaction, such as heat, switching emissions, vibrations, electromagnetic fields, which are present in normal operation. In the case of electronic assemblies, this may necessitate the separation or screening of all electronic signal processing circuits.

When fuses are installed the original manufacturer shall state the type and rating of the fuse-links to be used.

8.5.5 Accessibility

Adjusting and resetting devices, which have to be operated inside the ASSEMBLY shall be easily accessible.

Functional units mounted on the same support (mounting plate, mounting frame) and their terminals for external conductors shall be so arranged as to be accessible for mounting, wiring, maintenance and replacement.

Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user the following accessibility requirements associated with floor-mounted ASSEMBLIES apply:

- The terminals, excluding terminals for protective conductors, shall be situated at least 0,2 m above the base of the ASSEMBLIES and, moreover, be so placed that the cables can be easily connected to them.
- Indicating instruments that need to be read by the operator shall be located within a zone between 0,2 m and 2,2 m above the base of the ASSEMBLY.
- Operating devices such as handles, push buttons, or similar shall be located at such a height that they can easily be operated, this means that their centreline shall be located within a zone between 0,2 m and 2 m above the base of the ASSEMBLY.
- Actuators for emergency switching devices (see 536.4.2 of IEC 60364-5-53) shall be accessible within a zone between 0,8 m and 1,6 m above the base of the ASSEMBLY

8.5.6 Barriers

Barriers for manual switching devices shall be so designed that the switching emissions do not present a danger to the operator.

To minimize danger when replacing fuse-links, interphase barriers shall be applied, unless the design and location of the fuses makes this unnecessary.

8.5.7 Direction of operation and indication of switching positions

The operational positions of components and devices shall be clearly identified. If the direction of operation is not in accordance with IEC 60447, then the direction of operation shall be clearly identified.

8.5.8 Indicator lights and push-buttons

Unless otherwise specified in the relevant product standard the colours of indicator lights and push-buttons shall be in accordance with IEC 60073.

8.6 Internal electrical circuits and connections

8.6.1 Main circuits

The busbars (bare or insulated) shall be arranged in such a manner that an internal short-circuit is not to be expected. They shall be rated at least in accordance with the information concerning the short-circuit withstand strength (see 9.3) and designed to withstand at least the short-circuit stresses limited by the protective device(s) on the supply side of the busbars.

Within one section, the conductors (including distribution busbars) between the main busbars and the supply side of functional units as well as the components included in these units may be rated on the basis of the reduced short-circuit stresses occurring on the load side of the respective short-circuit protective device within each unit, provided that these conductors are arranged so that under normal operation an internal short-circuit between phases and/or between phases and earth is not to be expected (see 8.6.4).

Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, the minimum cross-sectional area of the neutral within a three phase and neutral circuit shall be:

- For circuits with a phase conductor cross-sectional area up to and including 16 mm², 100 % of that of the corresponding phases.
- For circuits with a phase conductor cross-sectional area above 16 mm², 50 % of that of the corresponding phases with a minimum of 16 mm².

It is assumed that the neutral currents do not exceed 50 % of the phase currents.

NOTE Current in the neutral may be influenced where there are significant harmonics in the load.

The PEN shall be dimensioned as specified in 8.4.3.2.3.

8.6.2 Auxiliary circuits

The design of the auxiliary circuits shall take into account the supply earthing system and ensure that an earth-fault or a fault between a live part and an exposed conductive part shall not cause unintentional dangerous operation.

In general, auxiliary circuits shall be protected against the effects of short circuits. However, a short-circuit protective device shall not be provided if its operation is liable to cause a danger. In such a case, the conductors of auxiliary circuits shall be arranged in such a manner that a short-circuit is not to be expected (see 8.6.4).

8.6.3 Bare and insulated conductors

The connections of current-carrying parts shall not suffer undue alteration as a result of normal temperature rise, ageing of the insulating materials and vibrations occurring in normal operation. In particular, the effects of thermal expansion and of the electrolytic action in the case of dissimilar metals, and the effects of the endurance of the materials to the temperatures attained, shall be taken into consideration.

Connections between current-carrying parts shall be established by means that ensure a sufficient and durable contact pressure.

If verification of temperature rise is carried out on the basis of tests (see 10.10.2) the selection of conductors and their cross-sections used inside the ASSEMBLY shall be the responsibility of the ASSEMBLY manufacturer. If verification of temperature rise is made following the rules of 10.10.3, the conductors shall have a minimum cross-section according to IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions inside an ASSEMBLY are given in the tables included in Annex H. In addition to the current-carrying capacity of the conductors, the selection is governed by:

- the mechanical stresses to which the ASSEMBLY may be subjected;
- the method used to lay and secure the conductors;
- the type of insulation;
- the type of components being connected (e.g. switchgear and controlgear in accordance with IEC 60947 series; electronic devices or equipment).

In the case of insulated solid or flexible conductors:

- They shall be rated for at least the rated insulation voltage (see 5.2.3) of the circuit concerned.
- Conductors connecting two termination points shall have no intermediate joint, e.g. spliced or soldered.
- Conductors with only basic insulation shall be prevented from coming into contact with bare live parts at different potentials.
- Contact of conductors with sharp edges shall be prevented.
- Supply conductors to apparatus and measuring instruments in covers or doors shall be so installed that no mechanical damage can occur to the conductors as a result of movement of these covers or doors.
- Soldered connections to apparatus shall be permitted in ASSEMBLIES only in cases where provision is made for this type of connection on the apparatus and the specified type of conductor is used.
- For apparatus other than those mentioned above, soldering cable lugs or soldered ends of stranded conductors are not acceptable under conditions of heavy vibration. In locations where heavy vibrations exist during normal operation, for example in the case of dredger and crane operation, operation on board ships, lifting equipment and locomotives, attention should be given to the support of conductors.
- Generally only one conductor should be connected to a terminal; the connection of two or more conductors to one terminal is permissible only in those cases where the terminals are designed for this purpose.

The dimensioning of solid insulation between separate circuits shall be based on the circuit of highest rated insulation voltage.

8.6.4 Selection and installation of non-protected live conductors to reduce the possibility of short-circuits

Live conductors in an ASSEMBLY that are not protected by short-circuit protective devices (see 8.6.1 and 8.6.2) shall be selected and installed throughout the entire ASSEMBLY in such a manner that an internal short-circuit between phases or between phase and earth is a remote possibility. Examples of conductor types and installation requirements are given in Table 4. Non-protected live conductors selected and installed as in Table 4 and having a SCPD on the load side shall not exceed 3 m in length.

8.6.5 Identification of the conductors of main and auxiliary circuits

With the exception of the cases mentioned in 8.6.6, the method and the extent of identification of conductors, for example by arrangement, colours or symbols, on the terminals to which they are connected or on the end(s) of the conductors themselves, is the responsibility of the ASSEMBLY manufacturer and shall be in agreement with the indications on the wiring diagrams and drawings. Where appropriate, identification according to IEC 60445 and IEC 60446 shall be applied.

8.6.6 Identification of the protective conductor (PE, PEN) and of the neutral conductor (N) of the main circuits

The protective conductor shall be readily distinguishable by location and/or marking or colour. If identification by colour is used, it shall only be green and yellow (twin-coloured), which is

strictly reserved for the protective conductor. When the protective conductor is an insulated single-core cable, this colour identification shall be used, preferably throughout the whole length.

Any neutral conductor of the main circuit should be readily distinguishable by location and/or marking or colour. If identification by colour only is used, it shall be blue (see IEC 60446).

8.7 Cooling

ASSEMBLIES can be provided with both natural and forced cooling. If special precautions are required at the place of installation to ensure proper cooling, the ASSEMBLY manufacturer shall furnish the necessary information (for instance indication of the need for spacing with respect to parts that are liable to impede the dissipation of heat or produce heat themselves).

8.8 Terminals for external conductors

The ASSEMBLY manufacturer shall indicate whether the terminals are suitable for connection of copper or aluminium conductors, or both. The terminals shall be such that the external conductors may be connected by a means (screws, connectors, etc.) which ensures that the necessary contact pressure corresponding to the current rating and the short-circuit strength of the apparatus and the circuit is maintained.

In the absence of a special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user, terminals shall be capable of accommodating copper conductors from the smallest to the largest cross-sectional areas corresponding to the appropriate rated current (see Annex A).

Where aluminium conductors are to be terminated, the type, size and termination method of the conductors shall be as agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

In the case where external conductors for electronic circuits with low level currents and voltages (less than 1 A and less than 50 V a.c. or 120 V d.c.) have to be connected to an ASSEMBLY, Table A.1 does not apply.

The available wiring space shall permit proper connection of the external conductors of the indicated material and, in the case of multicore cables, spreading of the cores.

NOTE 1 In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes should be used for determining the minimum wire bending space requirements. In the USA NFPA 70, Article 312 is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is applicable. In Canada, wire space and wire bending space is prescribed in the Canadian Electrical Code, Part 2 Standard, C22.2 No. 0.12, Wire Space and Wire Bending Space in Enclosures for Equipment Rated 750 V or Less.

The conductors shall not be subjected to stresses, which are likely to reduce their normal life expectancy.

Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, on three-phase and neutral circuits, terminals for the neutral conductor shall allow the connection of copper conductors having a current-carrying capacity:

- equal to half the current-carrying capacity of the phase conductor, with a minimum of 16 mm², if the size of the phase conductor exceeds 16 mm²;
- equal to the full current-carrying capacity of the phase conductor, if the size of the latter is less than or equal to 16 mm².

NOTE 2 For conductors other than copper conductors, the above cross-sections should be replaced by cross-sections of equivalent conductivity, which may require larger terminals.

NOTE 3 For certain applications in which the current in the neutral conductor may reach high values, for example large fluorescent lighting installations, a neutral conductor having the same or greater current-carrying capacity as the phase conductors may be necessary, subject to special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

If connecting facilities for incoming and outgoing neutral, protective and PEN conductors are provided; they shall be arranged in the vicinity of the associated phase conductor terminals.

Openings in cable entries, cover plates, etc., shall be so designed that, when the cables are properly installed, the stated protective measures against contact and degree of protection shall be obtained. This implies the selection of means of entry suitable for the application as stated by the ASSEMBLY manufacturer.

The terminals for external protective conductors shall be marked according to IEC 60445. As an example see graphical symbol  No. 5019 of IEC 60417. This symbol is not required where the external protective conductor is intended to be connected to an internal protective conductor, which is clearly identified with the colours green and yellow.

The terminals for external protective conductors (PE, PEN) and metal sheathing of connecting cables (steel conduit, lead sheath, etc.) shall, where required, be bare and, unless otherwise specified, suitable for the connection of copper conductors. A separate terminal of adequate size shall be provided for the outgoing protective conductor(s) of each circuit.

Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, terminals for protective conductors shall allow the connection of copper conductors having a cross-section depending on the cross-section of the corresponding phase conductors according to Table 5.

In the case of enclosures and conductors of aluminium or aluminium alloys, particular consideration shall be given to the danger of electrolytic corrosion. The connecting means to ensure the continuity of the conductive parts with external protective conductors shall have no other function.

NOTE 4 Special precautions may be necessary with metal parts of the ASSEMBLY, particularly gland plates, where abrasion resistant finishes, for example powder coatings, are used.

Identification of terminals shall comply with IEC 60445 unless otherwise stated.

9 Performance requirements

9.1 Dielectric properties

9.1.1 General

Each circuit of the ASSEMBLY shall be capable of withstanding:

- temporary overvoltages;
- transient overvoltages.

The ability to withstand temporary overvoltages, and the integrity of solid insulation, is verified by the power-frequency withstand voltage and the ability to withstand transient overvoltages is verified by the impulse withstand voltage.

9.1.2 Power-frequency withstand voltage

The circuits of the ASSEMBLY shall be capable of withstanding the appropriate power-frequency withstand voltages given in Tables 8 and 9. The rated insulation voltage of any circuit of the ASSEMBLY shall be equal to or higher than its maximum operational voltage.

9.1.3 Impulse withstand voltage

9.1.3.1 Impulse withstand voltages of main circuits

Clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall be capable of withstanding the test voltage given in Table 10 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

The rated impulse withstand voltage for a given rated operational voltage shall not be less than that corresponding in Annex G to the nominal voltage of the supply system of the circuit at the point where the ASSEMBLY is to be used and the appropriate overvoltage category.

9.1.3.2 Impulse withstand voltages of auxiliary circuits

- a) Auxiliary circuits that are connected to the main circuit and operate at the rated operational voltage without any means for reduction of overvoltage shall comply with the requirements of 9.1.3.1.
- b) Auxiliary circuits that are not connected to the main circuit may have an overvoltage withstand capacity different from that of the main circuit. The clearances of such circuits – a.c. or d.c. – shall be capable of withstanding the appropriate impulse withstand voltage in accordance with Annex G.

9.1.4 Protection of surge protective devices

When overvoltage conditions require surge protective devices (SPD's) to be connected to the main busbars, such SPD's shall be protected to prevent uncontrolled short-circuit conditions as specified by the SPD manufacturer.

9.2 Temperature rise limits

The temperature-rise limits given in Table 6 apply for mean ambient air temperatures less than or equal to 35 °C and shall not be exceeded for ASSEMBLIES when verified in accordance with 10.10.

The temperature rise of an element or part is the difference between the temperature of this element or part measured in accordance with 10.10.2.3.3 and the ambient air temperature outside the ASSEMBLY.

The temperature rises obtained during the test shall not cause damage to current-carrying parts or adjacent parts of the ASSEMBLY. In particular, for insulating materials, the ASSEMBLY Manufacturer shall demonstrate compliance either by reference to the insulation temperature index (determined for example by the methods of IEC 60216) or by compliance with IEC 60085.

NOTE In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes, are used to specify maximum temperature rises. In the USA, NFPA 70, Article 110.14C is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is applicable. For these applications, temperature rises should be selected using Annex M, Table M.1 of this standard. In Canada, maximum temperature rise is prescribed in the Canadian Electrical Code, Part 2, Product Safety Standards.

9.3 Short-circuit protection and short-circuit withstand strength

9.3.1 General

ASSEMBLIES shall be capable of withstanding the thermal and dynamic stresses resulting from short-circuit currents not exceeding the rated values.

NOTE 1 The short-circuit stresses may be reduced by the use of current-limiting devices e.g. inductance, current-limiting fuses or other current-limiting switching devices.

ASSEMBLIES shall be protected against short-circuit currents by means of, for example, circuit-breakers, fuses or combinations of both, which may either be incorporated in the ASSEMBLY or arranged outside it.

NOTE 2 For ASSEMBLIES intended for use in IT systems (see IEC 60364-5-52), the short-circuit protective device should have a sufficient breaking capacity on each single pole at line-to-line voltage to clear a double earth fault.

NOTE 3 Unless otherwise specified in the ASSEMBLY manufacturer's operating and maintenance instructions ASSEMBLIES that have been subjected to a short circuit may not be suitable for future service without inspection and/or maintenance by skilled personnel.

9.3.2 Information concerning short-circuit withstand strength

For ASSEMBLIES with a short-circuit protective device (SCPD) incorporated in the incoming unit, the ASSEMBLY manufacturer shall indicate the maximum allowable value of prospective short-circuit current at the input terminals of the ASSEMBLY. This value shall not exceed the appropriate rating(s) (see 5.3.4, 5.3.5 and 5.3.6). The corresponding power factor and peak values shall be those shown in 9.3.3.

If a circuit breaker with time-delay release is used as the short-circuit protective device, the ASSEMBLY manufacturer shall state the maximum time-delay and the current setting corresponding to the indicated prospective short-circuit current.

For ASSEMBLIES where the short-circuit protective device is not incorporated in the incoming unit, the ASSEMBLY manufacturer shall indicate the short-circuit withstand strength in one or more of the following ways:

- a) rated short-time withstand current (I_{cw}) together with the associated duration (see 5.3.5) and rated peak withstand current (I_{pk}) (see 5.3.4);
- b) rated conditional short-circuit current (I_{cc}) (see 5.3.6).

For times up to a maximum of 3 s, the relationship between the rated short-time current and the associated duration is given by the formula $I^2t = \text{constant}$, provided that the peak value does not exceed the rated peak withstand current.

The ASSEMBLY manufacturer shall indicate the characteristics of the short-circuit protective devices necessary for the protection of the ASSEMBLY.

For an ASSEMBLY having several incoming units which are unlikely to be in operation simultaneously, the short-circuit withstand strength can be indicated for each of the incoming units in accordance with the above.

For an ASSEMBLY having several incoming units which are likely to be in operation simultaneously, and for an ASSEMBLY having one incoming unit and one or more outgoing high-power units likely to contribute to the short-circuit current, it is necessary to determine the values of the prospective short-circuit current in each incoming unit, in each outgoing unit and in the busbars based on data provided by the user.

9.3.3 Relationship between peak current and short-time current

For determining the electrodynamic stresses, the value of peak current shall be obtained by multiplying the r.m.s. value of the short-circuit current by the factor n . The values for the factor n and the corresponding power factor are given in Table 7.

9.3.4 Co-ordination of protective devices

The co-ordination of protective devices within the ASSEMBLY with those to be used external to the ASSEMBLY shall be the subject of an agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user. Information given in the ASSEMBLY manufacturer's catalogue may take the place of such an agreement.

If the operating conditions require maximum continuity of supply, the settings or selection of the short-circuit protective devices within the ASSEMBLY should, where possible, be so co-

ordinated that a short circuit occurring in any outgoing circuit is cleared by the switching device installed in the circuit without affecting the other outgoing circuits, thus ensuring selectivity of the protective system.

Where short-circuit protective devices are connected in series and are intended to operate simultaneously to reach the required short-circuit switching capability (i.e. back-up protection), the ASSEMBLY Manufacturer shall inform the User (e.g. by a warning label in the ASSEMBLY or in the operating instructions, see 6.2) that none of the protective devices are allowed to be replaced by another device which is not of identical type and rating, since the switching capability of the whole combination may otherwise be compromised.

9.4 Electromagnetic compatibility (EMC)

For EMC related performance requirements, see J.9.4 of Annex J.

10 Design verification

10.1 General

Design verification is intended to verify compliance of the design of an ASSEMBLY or ASSEMBLY system with the requirements of this series of standards. The tests shall be performed on a representative sample of an ASSEMBLY in a clean and new condition.

Where tests on the ASSEMBLY have been conducted in accordance with the IEC 60439 series, prior to the publication of the relevant product standard in the IEC 61439 series, and the test results fulfill the requirements of the relevant part of IEC 61439, the verification of these requirements need not be repeated.

Repetition of verifications in the product standards of switching devices or components incorporated in the ASSEMBLY, which have been selected in accordance with 8.5.3 and installed in accordance with the instructions of their manufacturer is not required. Tests on individual devices to their respective product standards are not an alternative to the design verifications in this standard for the ASSEMBLY.

Design verification shall be achieved by the application of one or more of the following equivalent and alternative methods as appropriate: testing, calculation, physical measurement or the validation of design rules. See Annex D.

The performance of the ASSEMBLY may be affected by the verification tests (e.g. short-circuit test). These tests should not be performed on an ASSEMBLY that is intended to be placed in service.

An ASSEMBLY which is verified in accordance with this standard by an original manufacturer (see 3.10.1) and manufactured or assembled by another does not require the original design verifications to be repeated if all the requirements and instructions specified and provided by the Original Manufacturer are met in full. Where the ASSEMBLY manufacturer incorporates their own arrangements not included in the original manufacturer's verification, the ASSEMBLY manufacturer is deemed to be the original manufacturer in respect of these arrangements.

Routine verification shall be made on every final ASSEMBLY in accordance with Clause 11.

Design verification shall comprise the following:

1) Construction:

- 10.2 Strength of materials and parts;
- 10.3 Degree of protection of enclosures;
- 10.4 Clearances and creepage distances;

- 10.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits;
- 10.6 Incorporation of switching devices and components;
- 10.7 Internal electrical circuits and connections;
- 10.8 Terminals for external conductors.

2) Performance:

- 10.9 Dielectric properties;
- 10.10 Temperature rise;
- 10.11 Short-circuit withstand strength;
- 10.12 Electromagnetic compatibility;
- 10.13 Mechanical operation.

The number of ASSEMBLIES or parts thereof used for verification and the order in which the verification is carried out shall be at the discretion of the original manufacturer.

The data used, calculations made and comparison undertaken for the verification of ASSEMBLIES shall be recorded in a verification report.

10.2 Strength of materials and parts

10.2.1 General

The mechanical, electrical and thermal capability of constructional materials and parts of the ASSEMBLY shall be deemed to be proven by verification of construction and performance characteristics.

Where an empty enclosure in accordance with IEC 62208 is used, and it has not been modified so as to degrade the performance of the enclosure, no repetition of the enclosure testing to 10.2 is required.

10.2.2 Resistance to corrosion

10.2.2.1 Test procedure

The resistance to corrosion of representative samples of ferrous metallic enclosures and internal and external ferrous metallic parts of the ASSEMBLY shall be verified.

The test shall be carried out on an enclosure or representative sample showing the same constructional detail as the enclosure itself. In all cases hinges, locks and fastenings shall also be tested unless they have previously been subjected to an equivalent test and their resistance to corrosion has not been compromised by their application.

Where the enclosure is subjected to the test it shall be mounted as for normal use according to the original manufacturer's instructions.

The test specimens shall be new and in a clean condition and shall be subjected to severity test A or B, as detailed in 10.2.2.2 and 10.2.2.3.

NOTE The salt mist test provides an atmosphere that accelerates corrosion and does not imply that the ASSEMBLY is suitable for salt laden atmosphere.

10.2.2.2 Severity test A

This test is applicable to:

- metallic indoor enclosures;
- external metallic parts of indoor ASSEMBLIES;

- internal metallic parts of indoor and outdoor ASSEMBLIES upon which intended mechanical operation may depend.

The test consists of:

6 cycles of 24 h each to damp heat cycling test according to IEC 60068-2-30 (Test Db) at $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ and relative humidity of 95 %

and

2 cycles of 24 h each to salt mist test according to IEC 60068-2-11; (Test Ka: Salt mist), at a temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

10.2.2.3 Severity test B

This test is applicable to:

- metallic outdoor enclosures;
- external metallic parts of outdoor ASSEMBLIES.

The test comprises two identical 12 day periods.

Each 12 day period comprises:

5 cycles of 24 h each to damp heat cycling test according to IEC 60068-2-30 (Test Db) at $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ and relative humidity of 95 %

and

7 cycles of 24 h each to salt mist test according to IEC 60068-2-11; (Test Ka: Salt mist), at a temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

10.2.2.4 Results to be obtained

After the test, the enclosure or samples shall be washed in running tap water for 5 min, rinsed in distilled or demineralized water then shaken or subjected to air blast to remove water droplets. The specimen under test shall then be stored under normal service conditions for 2 h.

Compliance is checked by visual inspection to determine that:

- there is no evidence of iron oxide, cracking or other deterioration more than that allowed by ISO 4628-3 for a degree of rusting Ri1. However surface deterioration of the protective coating is allowed. In case of doubt associated with paints and varnishes, reference shall be made to ISO 4628-3 to verify that the samples conform to the specimen Ri1;
- the mechanical integrity is not impaired;
- seals are not damaged,
- doors, hinges, locks, and fastenings work without abnormal effort.

10.2.3 Properties of insulating materials

10.2.3.1 Verification of thermal stability of enclosures

The thermal stability of enclosures manufactured from insulated material shall be verified by the dry heat test. The test shall be carried out according to IEC 60068-2-2 Test Bb, at a temperature of $70 ^\circ\text{C}$, with natural air circulation, for a duration of 168 h and with a recovery of 96 h.

Parts, intended for decorative purposes that have no technical significance shall not be considered for the purpose of this test.

The enclosure, mounted as for normal use, is subjected to a test in a heating cabinet with an atmosphere having the composition and pressure of the ambient air and ventilated by natural circulation. If the dimensions of the enclosure are inconsistent with those of the heating cabinet, the test may be carried out on a representative sample of the enclosure.

The use of an electrically heated cabinet is recommended.

Natural circulation may be provided by holes in the walls of the cabinet.

The enclosure or sample shall show no crack visible to normal or corrected vision without additional magnification nor shall the material have become sticky or greasy, this being judged as follows:

With the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth, the sample is pressed with a force of 5 N.

NOTE The force of 5 N can be obtained in the following way: the enclosure or sample is placed on one of the pans of a balance and the other pan is loaded with a mass equal to the mass of the sample plus 500 g. Equilibrium is then restored by pressing the sample with the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth.

No traces of the cloth shall remain on the sample and the material of the enclosure or sample shall not stick to the cloth.

10.2.3.2 Verification of resistance of insulating materials to normal heat

The resistance of insulating materials to normal heat shall be verified in accordance with IEC 60695-2-10. The test shall be carried out on one representative sample of each of the insulating materials taken from enclosures, barriers and other insulating parts.

The test shall be made in a heating cabinet at a temperature as stated below.

- Parts necessary to retain current carrying parts in position: $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- Other parts: $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$

10.2.3.3 Verification of resistance of insulating materials to abnormal heat and fire due to internal electric effects

The glow-wire test principles of IEC 60695-2-10 and the details given in IEC 60695-2-11 shall be used to verify the suitability of materials used:

- a) on parts of ASSEMBLIES, or
- b) on parts taken from these parts.

The test shall be carried out on material with the minimum thickness used for the parts in a) or b).

As an alternative the original manufacturer shall provide data on the suitability of materials from the insulating material supplier to demonstrate compliance with the requirements of 8.1.5.3.

For a description of the test, see Clause 4 of IEC 60695-2-11. The apparatus to be used shall be as described in Clause 5 of IEC 60695-2-11.

The temperature of the tip of the glow-wire shall be as follows:

- 960 °C for parts necessary to retain current-carrying parts in position;
- 850 °C for enclosures intended for mounting in hollow walls;
- 650 °C for all other parts, including parts necessary to retain the protective conductor.

The specimen is considered to have withstood the glow-wire test if

- there is no visible flame and no sustained glowing, or if
- flames and glowing of the specimen extinguish within 30 s after removal of the glow-wire.

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

10.2.4 Resistance to ultra-violet (UV) radiation

This test applies only to enclosures and external parts of ASSEMBLIES intended to be installed outdoors and which are constructed of synthetic materials or metals that are entirely coated by synthetic material. Representative samples of such parts shall be subjected to the following test:

UV test according to ISO 4892-2 method A; 1 000 cycles of 5 min of watering and 25 min of dry period with xenon lamp providing a total test period of 500 h.

The values of temperature and humidity used for the test are $(65 \pm 3) ^\circ\text{C}$ and $(65 \pm 5) \%$ respectively, unless declared otherwise by the original manufacturer.

For enclosures constructed of synthetic materials compliance is checked by verification that the flexural strength (according to ISO 178) and Charpy impact (according to ISO 179) of synthetic materials have 70 % minimum retention. For the test carried out in accordance with ISO 178, the surface of the sample exposed to UV shall be turned face down and the pressure applied to the non exposed surface. For the test carried out in accordance with ISO 179 no grooves shall be cut into the sample and the impact shall be applied to the exposed surface. After the test, samples shall be subjected to the glow-wire test of 10.2.3.3.

For compliance, enclosures constructed of metals entirely coated by synthetic material, the adherence of the synthetic material (according to ISO 2409) shall have 50 % minimum retention.

Samples shall not show cracks or deterioration visible to normal or corrected vision without additional magnification.

This test need not be carried out if the original manufacturer can provide data from the synthetic material supplier to demonstrate that materials of the same thickness or thinner comply with this requirement.

10.2.5 Lifting

Compliance is verified by the following tests.

The maximum number of sections allowed by the original manufacturer to be lifted together shall be equipped with components and/or weights to achieve a weight of 1,25 times its maximum shipping weight. With doors closed it shall be lifted with the specified lifting means and in the manner defined by the original manufacturer.

From a standstill position, the ASSEMBLY shall be raised smoothly without jerking in a vertical plane to a height of $(1 \pm 0,1) \text{ m}$ and lowered in the same manner to a standstill position. This test is repeated a further two times after which the ASSEMBLY is raised up and suspended for 30 min at a height of $(1 \pm 0,1) \text{ m}$ without any movement.

Following this test the ASSEMBLY shall be raised smoothly without jerking from a standstill position to a height of $(1 \pm 0,1)$ m and moved $(10 \pm 0,5)$ m horizontally, then lowered to a standstill position. This sequence, shall be carried out three times at uniform speed, each sequence being carried out within 1 min.

During the test, with the test weights in place, the ASSEMBLY shall show no deflections and after the test show no cracks or permanent distortions visible to normal or corrected vision without additional magnification, which could impair any of its characteristics.

10.2.6 Mechanical impact

Mechanical impact tests where required by the specific ASSEMBLY standard are to be carried out in accordance with IEC 62262.

10.2.7 Marking

Marking made by moulding, pressing, engraving or similar shall not be submitted to the following test.

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cloth soaked in water and then for 15 s with a piece of cloth soaked with petroleum spirit.

NOTE The petroleum spirit is defined as a solvent hexane with a content of aromatics of maximum 0,1 % in volume, a kauributanol value of 29, an initial boiling point of 65 °C, a final boiling point of 69 °C and a density of approximately 0,68 g/cm³.

After the test the marking shall be legible to normal or corrected vision without additional magnification.

10.3 Degree of protection of ASSEMBLIES

The degree of protection provided in accordance with 8.2.2 shall be verified in accordance with IEC 60529; the test may be carried out on a representative equipped ASSEMBLY. Where an empty enclosure in accordance with IEC 62208 is used, and no external modification has been carried out that may result in a deterioration of the degree of protection, no further testing is required.

ASSEMBLIES having a degree of protection of IP 5X shall be tested according to category 2 in 13.4 of IEC 60529.

ASSEMBLIES having a degree of protection of IP 6X shall be tested according to category 1 in 13.4 of IEC 60529.

The test device for IP X3 and IP X4 as well as the type of support for the enclosure during the IP X4 test shall be stated in the test report.

The IP X1 to IP X6 tests on an ASSEMBLY are deemed to be a failure if any water comes into contact with electrical equipment housed within the enclosure. Ingress of water is permissible only if its route of entry is obvious and the water is only in contact with the enclosure at a location where it will not impair safety.

10.4 Clearances and creepage distances

It shall be verified that the clearances and creepage distances comply with the requirements of 8.3.

The clearances and creepage distances shall be measured in accordance with Annex F.

10.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits

10.5.1 Effectiveness of the protective circuit

The effectiveness of protective circuit is verified for the following functions:

- a) protection against the consequences of a fault within the ASSEMBLY (internal faults) as outlined in 10.5.2, and
- b) protection against the consequences of faults in external circuits supplied through the ASSEMBLY (external faults) as outlined in 10.5.3.

10.5.2 Effective earth continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit

It shall be verified that the different exposed conductive parts of the ASSEMBLY are effectively connected to the terminal for the incoming external protective conductor and that the resistance of the circuit does not exceed 0,1 Ω .

Verification shall be made using a resistance measuring instrument which is capable of driving a current of at least 10 A (a.c. or d.c.). The current is passed between each exposed conductive part and the terminal for the external protective conductor. The resistance shall not exceed 0,1 Ω .

NOTE It is recommended to limit the duration of the test where low-current equipment otherwise may be adversely affected by the test.

10.5.3 Short-circuit withstand strength of the protective circuit

10.5.3.1 General

The short-circuit withstand strength specified by the original manufacturer shall be verified. Verification may be by the application of design rules, calculation or test as detailed in 10.5.3.3 to 10.5.3.5 (see also Annex D).

The original manufacturer shall determine the reference design(s) that will be used in 10.5.3.3 and 10.5.3.4.

10.5.3.2 Protective circuits that are exempted from short-circuit withstand verification

Where a separate protective conductor is provided in accordance with 8.4.3.2.3, short-circuit testing is not required if one of the conditions of 10.11.2. is fulfilled.

10.5.3.3 Verification by the application of design rules

Verification by design rules is achieved when comparison of the ASSEMBLY to be verified with an already tested design utilising items 1 to 6 and 8 to 10 of the check list in Table 13 shows no deviations.

10.5.3.4 Verification by comparison with a reference design

Verification by comparison with a reference design based on calculation is to be in accordance with 10.11.4

10.5.3.5 Verification by test

Subclause 10.11.5.6 applies.

10.6 Incorporation of switching devices and components

10.6.1 General

Compliance with the design requirements of 8.5 for the incorporation of switching devices and components shall be confirmed by inspection and verified to the requirements of this standard.

10.6.2 Electromagnetic compatibility

The performance requirements of J.9.4 for electromagnetic compatibility shall be confirmed by inspection or where necessary by test (see J.10.12).

10.7 Internal electrical circuits and connections

Compliance with the design requirements of 8.6 for internal electrical circuits and connections shall be confirmed by inspection and verified to this standard.

10.8 Terminals for external conductors

Compliance with the design requirements of 8.8 for terminals for external conductors shall be confirmed by inspection.

10.9 Dielectric properties

10.9.1 General

For this test, all the electrical equipment of the ASSEMBLY shall be connected, except those items of apparatus which, according to the relevant specifications, are designed for a lower test voltage; current-consuming apparatus (e.g. windings, measuring instruments, voltage surge suppression devices) in which the application of the test voltage would cause the flow of a current, shall be disconnected. Such apparatus shall be disconnected at one of their terminals unless they are not designed to withstand the full test voltage, in which case all terminals may be disconnected.

For test voltage tolerances and the selection of test equipment, see IEC 61180.

10.9.2 Power-frequency withstand voltage

10.9.2.1 Main, auxiliary and control circuits

Main, auxiliary and control circuits that are connected to the main circuit shall be subjected to the test voltage according to Table 8.

Auxiliary and control circuits, whether a.c. or d.c., that are not connected to the main circuit shall be subjected to the test voltage according to Table 9.

10.9.2.2 Test voltage

The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The high-voltage transformer used for the test shall be so designed that, when the output terminals are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test voltage, the output current shall be at least 200 mA.

The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

The value of the test voltage shall be that specified in Table 8 or 9 as appropriate with a permitted tolerance of $\pm 3\%$.

10.9.2.3 Application of the test voltage

The power frequency voltage at the moment of application shall not exceed 50 % of the full test value. It shall then be increased progressively to this full value and maintained for $5 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ s as follows:

- a) between all the poles of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the earthed enclosure, with the main contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low resistance link;
- b) between each pole of the main circuit and, the other poles and the earthed enclosure connected together, with the main contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low resistance link;
- c) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and the
 - main circuit;
 - other circuits;
 - exposed conductive parts including the earthed enclosure.

10.9.2.4 Acceptance criteria

The overcurrent relay shall not operate and there shall be no disruptive discharge (see 3.6.18) during the tests.

10.9.3 Impulse withstand voltage

10.9.3.1 General

Verification shall be made by test or by the validation of application of design rules.

In place of the impulse withstand voltage test the original manufacturer may perform, at his discretion, an equivalent a.c. or d.c. voltage test, in accordance with 10.9.3.3 or 10.9.3.4, but consideration should be given to the fact that such a tests exert a higher stress.

10.9.3.2 Impulse withstand voltage test

The impulse voltage generator shall be adjusted to the required impulse voltage with the ASSEMBLY connected. The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3. The accuracy of the applied peak voltage shall be $\pm 3\%$.

Auxiliary circuits not connected to main circuits shall be connected to earth. The 1,2/50 μ s impulse voltage shall be applied to the ASSEMBLY five times for each polarity at intervals of 1 s minimum as follows:

- a) between all the poles of the main circuit connected together (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the earthed enclosure, with the main contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low resistance link;
- b) between each pole of the main circuit and, the other poles and the earthed enclosure connected together, with the main contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low resistance link.

For an acceptable result there shall be no unintentional disruptive discharge during the tests.

10.9.3.3 Alternative power-frequency voltage test

The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The high-voltage transformer used for the test shall be so designed that, when the output terminals are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test voltage, the output current shall be at least 200 mA.

The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3 and Table 10 as appropriate with a permitted tolerance of $\pm 3\%$.

The power-frequency voltage shall be applied once, at full value, for a duration sufficient for the magnitude to be ascertained, but it shall not be less than 15 ms or greater than 100 ms.

It shall be applied to the ASSEMBLY in the manner described in 10.9.2.3 a), b) and c) above.

For an acceptable result the overcurrent relay shall not operate and there shall be no disruptive discharge during the tests.

10.9.3.4 Alternative d.c. voltage test

The test voltage shall have negligible ripple.

The high-voltage source used for the test shall be so designed that, when the output terminals are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test voltage, the output current shall be at least 200 mA.

The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3 and Table 10 as appropriate with a permitted tolerance of $\pm 3\%$.

The d.c. voltage shall be applied once for each polarity for a duration sufficient for the magnitude to be ascertained, but it shall not be less than 15 ms or greater than 100 ms.

It shall be applied to the ASSEMBLY in the manner of 10.9.2.3 a), b) and c) above.

For an acceptable result the overcurrent relay shall not operate and there shall be no disruptive discharge during the tests.

10.9.3.5 Design rule

The clearances shall be at least 1,5 times the values specified in Table 1.

NOTE The 1,5 factor to values in Table 1 is applied to avoid impulse withstand voltage tests for design verification. It is a safety factor that takes into consideration manufacturing tolerances.

Clearances shall be verified by measurement, or verification of measurements on design drawings, employing the measurement methods stated in Annex F.

It shall be verified by assessment of the device manufacturer's data that all incorporated devices are suitable for the specified rated impulse withstand voltage (U_{imp}).

10.9.4 Testing of enclosures made of insulating material

For ASSEMBLIES with enclosures made of insulating material, an additional dielectric test shall be carried out by applying an a.c. test voltage between a metal foil laid on the outside of the enclosure over openings and joints, and the interconnected live and exposed conductive parts within the ASSEMBLY located next to the openings and joints. For this additional test, the test voltage shall be equal to 1,5 times the values indicated in Table 8.

10.10 Verification of temperature rise

10.10.1 General

It shall be verified that the temperature-rise limits specified in 9.2 for the different parts of the ASSEMBLY or ASSEMBLY system will not be exceeded.

Verification shall be made by one or more of the following methods:

- a) testing with current (10.10.2);
- b) derivation (from a tested design) of ratings for similar variants (10.10.3); or
- c) calculation (10.10.4).

The selection of the appropriate verification methods is the responsibility of the original manufacturer.

In ASSEMBLIES rated for frequencies above 60 Hz verification of temperature rise by test (10.10.2) or by derivation from a similar design tested at the same intended frequency (10.10.3) is always required.

If modifications are made to a verified ASSEMBLY, the rules given in 10.10 shall be used to check if these modifications are likely to adversely affect the temperature rise. New verification shall be carried out if an adverse effect is likely.

NOTE For the future derivation of ratings, original manufacturers may find it useful to determine the power loss of an ASSEMBLY.

10.10.2 Verification by testing with current

10.10.2.1 General

Verification by test comprises the following:

- 1) If the ASSEMBLY to be verified comprises a number of variants, the most onerous arrangement(s) of the ASSEMBLY shall be selected according to 10.10.2.2.
- 2) The ASSEMBLY shall be verified by one of the following methods, determined by the original manufacturer:
 - a) considering individual functional units, the main and distribution busbars and the ASSEMBLY collectively according to 10.10.2.3.5;
 - b) considering individual functional units separately and the complete ASSEMBLY including the main and distribution busbars according to 10.10.2.3.6;
 - c) considering individual functional units and the main and distribution busbars separately as well as the complete ASSEMBLY according to 10.10.2.3.7.
- 3) When the ASSEMBLIES tested are the most onerous variants out of a larger product range then the test results can be used to establish the ratings of similar variants without further testing. Rules for such derivations are given in 10.10.3

10.10.2.2 Selection of the representative arrangement

10.10.2.2.1 General

The test shall be made on one or more representative arrangements loaded with one or more representative load combinations chosen to obtain with reasonable accuracy the highest possible temperature rise.

The selection of the representative arrangements to be tested is given in 10.10.2.2.2 and 10.10.2.2.3 and is the responsibility of the original manufacturer. The original manufacturer shall take into consideration in his selection for test, the configurations to be derived from the tested arrangements according to 10.10.3

10.10.2.2.2 Busbars

For busbar systems consisting of single or multiple rectangular sections of conductor, the variants of which differ only in the reduction of height, or reduction of thickness or quantity of bars per conductor, but which have the same arrangement of bars, the same conductor spacing, the same enclosure and busbar compartment (if any), as a minimum for the test, the busbars with the greatest cross-sectional area shall be selected as the representative arrangement. For ratings of smaller busbar size variants see 10.10.3.3.

10.10.2.2.3 Functional units

a) Selection of comparable functional unit groups

Functional units intended to be used at different rated currents can be considered to have a similar thermal behaviour and form a comparable range of units, if they fulfil the following conditions:

- i) the function and basic wiring diagram of the main circuit is the same (e.g. incoming unit, reversing starter, cable feeder);
- ii) the devices are of the same frame size and belong to the same series;
- iii) the mounting structure is of the same type;
- iv) the mutual arrangement of the devices is the same;
- v) the type and arrangement of conductors is the same;
- vi) the cross-section of the main circuit conductors within a functional unit shall have a rating at least equal to that of the lowest rated device in the circuit. Selection of conductors shall be as tested or in accordance with IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions inside an ASSEMBLY are given in the tables included in Annex H.

b) Selection of a critical variant out of each comparable group as a specimen for test

For the critical variant the most onerous compartment (where applicable) and enclosure conditions (with respect to shape, size, design of partitions and enclosure ventilation) shall be tested.

The maximum possible current rating for each variant of functional unit is established. For functional units containing only one device this is the rated current of the device. For functional units with several devices, it is that of the device with the lowest rated current. If a combination of devices connected in series is intended to be used at a lower current (e.g. motor starter combination), this lower current shall be used.

For each functional unit the power loss is calculated at the maximum possible current using the data given by the device manufacturer for each device together with the power losses of the associated conductors.

For functional units with currents up to and including 630 A, the critical unit in each range is the functional unit with the highest total power loss.

For functional units with currents above 630 A the critical unit in each range is that which has the highest rated current. This ensures that additional thermal effects relating to eddy currents and current displacement are taken into consideration.

The critical functional unit shall at least be tested inside the smallest compartment (if any) which is intended for this functional unit; and with the worst variant of internal separation (if any) with respect to size of ventilation openings; and the enclosure with the highest installed power loss per volume; and the worst variant of ventilation of the enclosure with respect to kind of ventilation (natural or forced convection) and size of ventilation openings.

If the functional unit can be arranged in different orientations (horizontal, vertical), then the most onerous arrangement shall be tested.

NOTE Additional test may be made on the discretion of the original manufacturer for less critical arrangements and variants of functional units.

10.10.2.3 Methods of test

10.10.2.3.1 General

The temperature-rise test on the individual circuits shall be made with the type of current for which they are intended, and at the design frequency. Any convenient value of the test voltage may be used to produce the desired current. Coils of relays, contactors, releases, etc., shall be supplied with rated operational voltage.

The ASSEMBLY shall be mounted as in normal use, with all covers including bottom cover plates, etc., in place.

If the ASSEMBLY includes fuses, these shall be fitted for the test with fuse-links as specified by the manufacturer. The power losses of the fuse-links used for the test shall be stated in the test report. Fuse-link power loss may be determined by measurement or alternatively as declared by the fuse-link manufacturer.

The size and the disposition of external conductors used for the test shall be stated in the test report.

The test shall be made for a time sufficient for the temperature rise to reach a constant value. In practice, this condition is reached when the variation at all measured points (including the ambient air temperature) does not exceed 1 K/h.

To shorten the test, if the devices allow it, the current may be increased during the first part of the test, it being reduced to the specified test current afterwards.

When a control electro-magnet is energized during the test, the temperature is measured when thermal equilibrium is reached in both the main circuit and the control electro-magnet.

Temperature-rise tests on the circuit(s) carried out at 50 Hz are applicable to 60 Hz for rated currents up to and including 800 A. For currents above 800 A, the rated current at 60 Hz shall be reduced to 95 % of that at 50 Hz. Alternatively, where the maximum temperature rise at 50 Hz does not exceed 90 % of the permissible value, then de-rating for 60 Hz is not required.

Tests on an individual section of the ASSEMBLY are acceptable provided the conditions of 10.10.2.2 are met. To make the test representative the external surfaces at which additional sections may be connected shall be thermally insulated with a covering to prevent any undue cooling.

When testing individual functional units within a section, the adjacent functional units can be replaced by heating resistors if the rating of each does not exceed 630 A and their temperature is not being measured.

In ASSEMBLIES where there is a possibility that additional control circuits or devices may be incorporated, heating resistors shall simulate the power dissipation of these additional items.

10.10.2.3.2 Test conductors

In the absence of detailed information concerning the external conductors and the service conditions, the cross-section of the external test conductors shall be in accordance with the following.

1) For values of rated current up to and including 400 A:

- a) the conductors shall be single-core, copper cables or insulated wires with cross-sectional areas as given in Table 11;
- b) as far as practicable, the conductors shall be in free air;
- c) the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal shall be:
 - 1 m for cross-sections up to and including 35 mm²;
 - 2 m for cross-sections larger than 35 mm².

2) For values of rated current higher than 400 A but not exceeding 800 A:

- a) The conductors shall be single-core copper cables with cross-sectional areas as given in Table 12, or the equivalent copper bars given in Table 12 as specified by the original manufacturer.
- b) Cables or copper bars shall be spaced at approximately the distance between terminals. Multiple parallel cables per terminal shall be bunched together and arranged with approximately 10 mm air space between each other. Multiple copper bars per terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar thickness. If the sizes stated for the bars are not suitable for the terminals or are not available, it is allowed to use other bars having the same cross-sectional dimensions $\pm 10\%$ and the same or smaller cooling surfaces. Cables or copper bars shall not be interleaved.
- c) For single-phase or multi-phase tests, the minimum length of any temporary connection to the test supply shall be 2 m. The minimum length to a star point may be reduced to 1,2 m where agreed by the original manufacturer.

3) For values of rated current higher than 800 A but not exceeding 4000 A:

- a) The conductors shall be copper bars of the sizes stated in Table 12 unless the ASSEMBLY is designed only for cable connection. In this case, the size and arrangement of the cables shall be as specified by the original manufacturer.
- b) Copper bars shall be spaced at approximately the distance between terminals. Multiple copper bars per terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar thickness. If the sizes stated for the bars are not suitable for the terminals or are not available, it is allowed to use other bars having the same cross-sectional dimensions $\pm 10\%$ and the same or smaller cooling surfaces. Copper bars shall not be interleaved.
- c) For single-phase or multi-phase tests, the minimum length of any temporary connection to the test supply shall be 3 m, but this can be reduced to 2 m provided that the temperature rise at the supply end of the connection is not more than 5 K below the temperature rise in the middle of the connection length. The minimum length to a star point shall be 2 m.

4) For values of rated current higher than 4 000 A:

The original manufacturer shall determine all relevant items of the test, such as type of supply, number of phases and frequency (where applicable), cross-sections of test conductors, etc. This information shall form part of the test report.

10.10.2.3.3 Measurement of temperatures

Thermocouples or thermometers shall be used for temperature measurements. For windings, the method of measuring the temperature by resistance variation shall generally be used.

The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and heat radiation.

The temperature shall be measured at all points where a temperature-rise limit (see 9.2) must be observed. Particular attention shall be given to joints in conductors and terminals within the main circuits. For measurement of the temperature of air inside an ASSEMBLY, several measuring devices shall be arranged in convenient places.

10.10.2.3.4 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured by means of at least two thermometers or thermocouples equally distributed around the ASSEMBLY at approximately half its height and at a distance of approximately 1 m from the ASSEMBLY. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and heat radiation.

The ambient temperature during the test shall be between +10 °C and +40 °C.

10.10.2.3.5 Verification of the complete ASSEMBLY

Incoming and outgoing circuits of the ASSEMBLY shall be loaded with their rated currents (see 5.3.2) that result in the rated diversity factor being equal to 1 (see 5.3.3).

If several or all circuits of an ASSEMBLY are loaded simultaneously then the same circuit is only able to carry its rated current multiplied with the rated diversity factor (see 5.3.3), due to the thermal influence of the other circuits. Thus to verify the rated currents of all circuits a separate test for each type of circuit is necessary. To verify the rated diversity factor one additional test with simultaneous load on all circuits has to be done.

To avoid the large number of tests that may be necessary this clause describes a verification method where only one test is made with simultaneous load on all circuits. Because with only one test the rated currents and the rated diversity factor of the circuits cannot be verified separately, it is assumed that the diversity factor is one. In this case the load currents are equal to the rated currents.

If the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system (DBS) is less than the sum of the rated currents of all outgoing circuits, then the outgoing circuits shall be split into groups corresponding to the rated current of the incoming circuit or DBS. The groups as defined by the original manufacturer shall be formed in a manner so that the highest possible temperature rise is obtained. Sufficient groups shall be formed and tests undertaken so as to include all different variants of functional units in at least one group.

Where the fully loaded circuits do not distribute exactly the total incoming current, the remaining current shall be distributed via any other appropriate circuit. This test shall be repeated until all types of outgoing circuit have been verified at their rated current.

Change in the arrangement of functional units within a verified ASSEMBLY, or section of an ASSEMBLY may necessitate additional tests as the thermal influence of the adjacent units may differ significantly.

NOTE 10.10.2.3.6 provides a means of testing an ASSEMBLY with diversity factor less than one and fewer tests than specified in 10.10.2.3.7.

10.10.2.3.6 Verification considering individual functional units separately and the complete ASSEMBLY

The rated currents of the circuits according to 5.3.2 and the rated diversity factor according to 5.3.3 shall be verified in two stages.

Individual functional units shall be verified separately in accordance with 10.10.2.3.7 c).

The ASSEMBLY is verified by loading the incoming circuit to its rated current and all outgoing functional units collectively to their rated current multiplied by the diversity factor.

If the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system (DBS) is less than the sum of the rated currents of all outgoing circuits, then the outgoing circuits shall be split into groups corresponding to the rated current of the incoming circuit or DBS. The groups as defined by the original manufacturer shall be formed in a manner so that the highest possible temperature rise is obtained. Sufficient groups shall be formed and tests undertaken so as to include all different variants of functional units in at least one group.

Where the fully loaded circuits do not distribute exactly the total incoming current, the remaining current shall be distributed via any other appropriate circuit. This test shall be repeated until all types of outgoing circuit have been verified at their rated current.

Change in the arrangement of functional units within a verified ASSEMBLY, or section of an ASSEMBLY may necessitate additional tests as the thermal influence of the adjacent units may differ significantly.

10.10.2.3.7 Verification considering individual functional units and the main and distribution busbars separately as well as the complete ASSEMBLY

ASSEMBLIES shall be verified by separate verification of standard elements (a) to c)) as selected in accordance with 10.10.2.2.2 and 10.10.2.2.3, and verification of a complete ASSEMBLY (d)) under worst case conditions as detailed below:

- a) Main busbars shall be tested separately. They shall be mounted in the ASSEMBLY enclosure as in normal use with all covers and all partitions that separate the main busbars from other compartments in place. If the main busbar has joints, then they shall be included in the test. The test shall be carried out at rated current. The test current shall pass through the full length of the busbars. Where the design of the ASSEMBLY permits, and, to minimise the influence of the external test conductors on the temperature rise, the length of the main busbar within the enclosure for the test shall be a minimum of 2 m and include a minimum of one joint when the busbars are extendable.
- b) Distribution busbars shall be tested separately from the outgoing units. They shall be mounted in the enclosure as in normal use with all covers and all partitions that separate the busbar from other compartments, in place. Distribution busbars shall be connected to the main busbar. No other conductors, e.g. connections to functional units, shall be connected to the distribution busbar. In order to consider the most onerous condition, the test shall be carried out at rated current and the test current shall pass through the full length of the distribution busbar. If the main busbar is rated for a higher current, it shall be fed with additional current so that it carries its rated current to its junction with the distribution busbar.
- c) Functional units shall be tested individually. The functional unit shall be mounted in the enclosure as in normal use with all covers and all internal partitions in place. If it can be mounted at different places the most unfavourable place shall be used. It shall be connected to the main or the distribution busbar as in normal use. If the main busbar and/or the distribution busbar (if any) are rated for a higher current, they shall be fed with additional currents so that they carry their individual rated currents to the respective junction points. The test shall be carried out at rated current for the functional unit.

- d) The complete ASSEMBLY shall be verified by temperature rise testing of the most onerous arrangement(s) possible in service and as defined by the original manufacturer. For this test the incoming circuit is loaded to its rated current and each outgoing functional unit to its rated current multiplied by the rated diversity factor. Where there is insufficient incoming current to load a representative selection of outgoing units, further configurations may be tested.

10.10.2.3.8 Results to be obtained

At the end of the test, the temperature rise shall not exceed the values specified in Table 6. The apparatus shall operate satisfactorily within the voltage limits specified for them at the temperature inside the ASSEMBLY.

10.10.3 Derivation of ratings for similar variants

10.10.3.1 General

The following sub-clauses define how non-tested variants can be verified by derivation from similar arrangements verified by test.

10.10.3.2 ASSEMBLIES

The ASSEMBLY that incorporates non-tested variants shall be verified by derivation from similar tested arrangements.

ASSEMBLIES verified in this manner shall comply with the following:

- a) the functional units shall belong to the same group as the functional unit selected for test (see 10.10.2.2.3);
- b) the same type of construction as used for the test;
- c) the same or increased overall dimensions as used for the test;
- d) the same or increased cooling conditions as used for the test (forced or natural convection, same or larger ventilation openings);
- e) the same or reduced internal separation as used for the test (if any);
- f) the same or reduced power losses in the same section as used for the test;
- g) the same or reduced number of outgoing circuits for every section.

The ASSEMBLY being verified may comprise all or only part of the electrical circuits of the ASSEMBLY previously verified. Alternative arrangement(s) of functional units within the ASSEMBLY or section compared to the tested variant is allowed as long as the thermal influences of the adjacent units are not more severe.

Thermal tests performed on 3-phase, 3-wire ASSEMBLIES are considered as representing 3-phase, 4-wire and single-phase, 2-wire or 3-wire ASSEMBLIES, provided that the neutral conductor is sized equal to or greater than the phase conductors arranged in the same manner.

10.10.3.3 Busbars

Ratings established for aluminium busbars are valid for copper busbars with the same cross sectional dimensions and configuration. However, ratings established for copper busbars shall not be used to establish ratings of aluminium busbars.

The ratings of variants not selected for test according to 10.10.2.2.2 shall be determined by multiplying their cross-section with the current density of a larger cross-section busbar that has been verified by test.

10.10.3.4 Functional units

After the critical variants of a group of comparable functional units (see 10.10.2.2.3 a)) have been subjected to a test for verification of temperature rise limits, the actual rated currents of all other functional units in the group shall be calculated using the results of these tests.

For each functional unit tested a de-rating factor (rated current, resulting from the test divided by the maximum possible current of this functional unit, see 10.10.2.2.3 b)) shall be calculated.

The rated current of each non-tested functional unit in the range shall be the maximum possible current of the functional unit multiplied by the lowest de-rating factor established for the variants tested in the range.

10.10.3.5 Functional units – device substitution

A device may be substituted with a similar device from another series to that used in the original verification, provided that the power loss and terminal temperature rise of the device, when tested in accordance with its product standard, is the same or lower. In addition, the physical arrangement within the functional unit and the rating of the functional unit shall be maintained.

10.10.4 Verification by calculation

10.10.4.1 General

Two calculation methods are provided. Both determine the approximate air temperature rise inside the enclosure, which is caused by the power losses of all circuits, and compare this temperature with the limits for the installed equipment. The methods differ only in the way the relationship between the delivered power loss and the air temperature rise inside the enclosure is ascertained.

Because the actual local temperatures of the current-carrying parts cannot be calculated by these methods, some limits and safety margins are necessary and are included.

10.10.4.2 Single compartment assembly with rated current not exceeding 630 A

10.10.4.2.1 Verification method

Verification of the temperature rise of a single compartment ASSEMBLY with the total supply current not exceeding 630 A and for rated frequencies up to and including 60 Hz may be made by calculation if all the following conditions are fulfilled:

- a) the power loss data for all built-in components is available from the component manufacturer;
- b) there is an approximately even distribution of power losses inside the enclosure;
- c) the rated current of the circuits of the ASSEMBLY shall not exceed 80 % of the rated conventional free air thermal current (I_{th}) of the switching devices and electrical components included in the circuit. Circuit protection devices shall be selected to ensure adequate protection to outgoing circuits, e.g. thermal motor protection devices at the calculated temperature in the ASSEMBLY;
- d) the mechanical parts and the installed equipment are so arranged that air circulation is not significantly impeded;
- e) conductors carrying currents in excess of 200 A, and the adjacent structural parts are so arranged that eddy-current and hysteresis losses are minimised;
- f) all conductors shall have a minimum cross-sectional area based on the current rating of the functional unit according to IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions inside an ASSEMBLY are given in the tables included in Annex

H. Where the device manufacturer specifies a conductor with a larger cross sectional area this shall be used;

- g) the temperature rise depending on the power loss installed in the enclosure, with or without forced cooling, and for the allowed different installation methods (e.g. flush mounting, surface mounting), is available from the enclosure manufacturer, or determined in accordance with 10.10.4.2.2.

The effective power losses of all circuits including interconnecting conductors shall be calculated based on maximum load currents of the circuits. The total power loss of the ASSEMBLY is calculated by adding the power losses of the circuits taking additionally into account that the total load current is limited to the rated current of the ASSEMBLY. The power losses of the conductors are determined by calculation (see Annex H).

NOTE 1 There are devices where the power loss is substantially proportional to I^2 and others that have substantially fixed losses.

NOTE 2 The maximum load currents are used for the calculation instead of the rated currents of the circuits and the rated diversity factor because these two rated values need more detailed consideration of different load conditions. For more explanation see 10.10.2.3.5.

NOTE 3 Example: A single compartment ASSEMBLY with a rated current of 100 A (limited by the distribution bars) is equipped with 20 outgoing circuits. The assumed load current for each circuit is 8 A. The total effective power loss should be calculated for 12 outgoing circuits loaded with 8 A each.

The temperature rise within the ASSEMBLY is then determined from the total power loss using the data mentioned in g).

10.10.4.2.2 Determination of the power loss capability of an enclosure by test

The power loss shall be simulated by means of heating resistors that produce heat equivalent to the intended power loss capability of the enclosure. The heating resistors shall be distributed evenly over the height of the enclosure and installed in suitable places inside the enclosure.

The cross-section of the leads to these resistors shall be such that no appreciable amount of heat is conducted away from the enclosure.

The test shall be carried out in accordance with 10.10.2.3.1 – 10.10.2.3.4 and the air temperature rise shall be measured in the top of the enclosure. Enclosure temperatures shall not exceed the values given in Table 6.

10.10.4.2.3 Results to be obtained

The ASSEMBLY is verified if the air temperature determined from the calculated power loss does not exceed the permissible operating air temperature as declared by the device manufacturer. This means for switching devices or electrical components in the main circuits that the continuous load does not exceed its permissible load at the calculated air temperature and not more than 80 % of its rated current (see 10.10.4.2.1 c).

10.10.4.3 Multiple compartment ASSEMBLY with rated current not exceeding 1 600 A

10.10.4.3.1 Verification method

Verification of the temperature-rise of a multiple compartment ASSEMBLY with the total supply current not exceeding 1 600 A and for rated frequencies up to and including 60 Hz, may be made by calculation in accordance with the method of IEC 60890 if all the following conditions are fulfilled:

- a) the power loss data for all built-in components is available from the component manufacturer;
- b) there is an approximately even distribution of power losses inside the enclosure;

- c) the rated current of the circuits of the ASSEMBLY does not exceed 80 % of the rated conventional free air thermal current (I_{th}) of the switching devices and electrical components included in the circuit. Circuit protection devices shall be selected to ensure adequate protection to outgoing circuits, e.g. thermal motor protection devices at the calculated temperature in the ASSEMBLY;
- d) the mechanical parts and the installed equipment are so arranged that air circulation is not significantly impeded;
- e) conductors carrying currents in excess of 200 A, and the adjacent structural parts are so arranged that eddy-current and hysteresis losses are minimised;
- f) all conductors shall have a minimum cross-sectional area based on the current rating of the functional unit according to IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions inside an ASSEMBLY are given in the tables included in Annex H. Where the device manufacturer specifies a conductor with a larger cross sectional area this shall be used;
- g) for enclosures with natural ventilation, the cross section of the air outlet openings is at least 1,1 times the cross section of the air inlet openings;
- h) there are no more than three horizontal partitions in the ASSEMBLY or a section of an ASSEMBLY;
- i) for enclosures with compartments and natural ventilation the cross section of the ventilating openings in each horizontal partition is at least 50 % of the horizontal cross section of the compartment.

The effective power losses of all circuits including interconnecting conductors shall be calculated based on maximum load currents of the circuits. The total power loss of the ASSEMBLY is calculated by adding the power losses of the circuits taking additionally into account that the total load current is limited to the rated current of the ASSEMBLY. The power losses of the conductors are determined by calculation (see Annex H).

NOTE 1 There are devices where the power loss is substantially proportional to I^2 and others that have substantially fixed losses.

NOTE 2 The maximum load currents are used for the calculation instead of the rated currents of the circuits and the rated diversity factor because these two rated values need more detailed consideration of different load conditions. For more explanation see 10.10.2.3.5.

NOTE 3 Example: A single compartment ASSEMBLY with a rated current of 100 A (limited by the distribution bars) is equipped with 20 outgoing circuits. The assumed load current for each circuit is 8 A. The total effective power loss should be calculated for 12 outgoing circuits loaded with 8 A each.

The temperature rise within the ASSEMBLY is then determined from the total power loss using the method of IEC 60890.

10.10.4.3.2 Results to be obtained

The ASSEMBLY is verified if the calculated air temperature at the mounting height of any device does not exceed the permissible ambient air temperature as declared by the device manufacturer.

This means for switching devices or electrical components in the main circuits that the continuous load does not exceed its permissible load at the calculated local air temperature and not more than 80 % of its rated current (see 10.10.4.3.1 c).

10.11 Short-circuit withstand strength

10.11.1 General

The short-circuit withstand strength declared by the original manufacturer shall be verified. Verification may be by the application of design rules, by calculation or by test as specified.

The original manufacturer shall determine the reference design(s) that will be used in 10.11.3 and 10.11.4.

10.11.2 Circuits of ASSEMBLIES which are exempted from the verification of the short-circuit withstand strength

A verification of the short-circuit withstand strength is not required for the following:

- 1) ASSEMBLIES having a rated short-time withstand current (see 5.3.5) or rated conditional short-circuit current (see 5.3.6) not exceeding 10 kA r.m.s.
- 2) ASSEMBLIES protected by current-limiting devices having a cut-off current not exceeding 17 kA at the maximum allowable prospective short-circuit current at the terminals of the incoming circuit of the ASSEMBLY.
- 3) Auxiliary circuits of ASSEMBLIES intended to be connected to transformers whose rated power does not exceed 10 kVA for a rated secondary voltage of not less than 110 V, or 1,6 kVA for a rated secondary voltage less than 110 V, and whose short-circuit impedance is not less than 4 %.

All other circuits shall be verified.

10.11.3 Verification by the application of design rules

Verification by the application of design rules is undertaken by comparison of the assembly to be verified with an already tested design using the check list provided in Table 13.

Should any elements identified in the check list not comply with the requirements of the check list and be marked 'NO', one of the following means of verification shall be used. (See 10.11.4 and 10.11.5)

10.11.4 Verification by comparison with a reference design

Assessment of the rated short-time withstand current of an ASSEMBLY and its circuits, by calculation and the application of design rules, shall be undertaken by a comparison of the ASSEMBLY to be assessed with an ASSEMBLY or an ASSEMBLY module, already verified by test. The assessment shall be in accordance with IEC/TR 61117. In addition each of the circuits of the ASSEMBLY to be assessed shall meet the requirements of items 6, 8, 9 and 10 in Table 13.

The data used, calculations made and comparison undertaken shall be recorded.

If any one or more of the items listed above are not fulfilled then the ASSEMBLY and its circuits shall be verified by test in accordance with 10.11.5.

10.11.5 Verification by test

10.11.5.1 Test arrangements

The ASSEMBLY or its parts as necessary to complete the test shall be mounted as in normal use. It is sufficient to test a single functional unit if the remaining functional units are of the same construction. Similarly it is sufficient to test a single busbar configuration if the remaining busbar configurations are of the same construction. Table 13 provides clarification on items not requiring additional tests.

10.11.5.2 Performance of the test – General

If the test circuit incorporates fuses, fuse-links with the maximum let-through current and, if required, of the type indicated by the original manufacturer as being acceptable, shall be used.

The supply conductors and the short-circuit connections required for testing the ASSEMBLY shall have sufficient strength to withstand short-circuits and be so arranged that they do not introduce any additional stresses on the ASSEMBLY.

Unless otherwise agreed, the test circuit shall be connected to the input terminals of the ASSEMBLY. Three-phase ASSEMBLIES shall be connected on a three-phase basis.

All parts of the equipment intended to be connected to the protective conductor in service, including the enclosure, shall be connected as follows:

- 1) for ASSEMBLIES suitable for use on three-phase four-wire systems (see also IEC 60038) with an earthed star point and marked accordingly, to the neutral point of supply or to a substantially inductive artificial neutral permitting a prospective fault current of at least 1500 A;
- 2) for ASSEMBLIES also suitable for use in three-phase three-wire as well as on three-phase four-wire systems and marked accordingly, to the phase conductor least likely to arc to earth.

Except for ASSEMBLIES according to 8.4.3.4, the connection mentioned in 1) and 2) shall include a fusible element consisting of a copper wire of 0,8 mm diameter and at least 50 mm long, or of an equivalent fusible element for the detection of a fault current. The prospective fault current in the fusible element circuit shall be $1\,500\text{ A} \pm 10\%$, except as stated in Notes 2 and 3. If necessary, a resistor limiting the current to that value shall be used.

NOTE 1 A copper wire of 0,8 mm diameter will melt at 1 500 A, in approximately half a cycle, at a frequency between 45 Hz and 67 Hz (or 0,01 s for d.c.).

NOTE 2 The prospective fault current may be less than 1500 A in the case of small equipment, according to the requirements of the relevant product standard, with a smaller diameter copper wire (see Note 4) corresponding to the same melting time as in Note 1.

NOTE 3 In the case of a supply having an artificial neutral, a lower prospective fault current may be accepted, subject to the agreement of the ASSEMBLY Manufacturer, with a smaller diameter copper wire (see Note 4) corresponding to the same melting time as in Note 1.

NOTE 4 The relationship between the prospective fault current in the fusible element circuit and the diameter of the copper wire should be in accordance with Table 14.

10.11.5.3 Testing of main circuits

10.11.5.3.1 General

Circuits shall be tested with the highest thermal and dynamic stresses that may result from short circuit currents up to the rated values for one or more of the following conditions as declared by the original manufacturer.

Not dependent upon a SCPD. The ASSEMBLY shall be tested with the rated peak withstand current and the rated short-time withstand current for the specified duration (see 5.3 and 9.3.2 a)).

Dependent upon an incoming SCPD included within the ASSEMBLY. The assembly shall be tested with an incoming prospective short-circuit current for a period time that is limited by the incoming SCPD.

Dependent upon an upstream SCPD. The ASSEMBLY shall be tested to the let through values permitted by the upstream SCPD as defined by the original manufacturer.

Where an incoming or outgoing circuit includes a SCPD that reduces the peak and/or duration of the fault current, then the circuit shall be tested allowing the SCPD to operate and interrupt the fault current (see 5.3.6 rated conditional short-circuit current I_{cc}). If the SCPD contains an adjustable short-circuit release, then this shall be set to the maximum allowed value (see 9.3.2, second paragraph).

One of each type of circuit shall be subject to a short-circuit test as described in 10.11.5.3.2 to 10.11.5.3.5

10.11.5.3.2 Outgoing circuits

The outgoing terminals of outgoing circuits shall be provided with a bolted short-circuit connection. When the protective device in the outgoing circuit is a circuit-breaker, the test circuit may include a shunting resistor in accordance with 8.3.4.1.2 b) of IEC 60947-1 in parallel with the reactor used to adjust the short-circuit current.

For circuit-breakers having a rated current up to and including 630 A, a conductor 0,75 m in length having a cross-sectional area corresponding to the rated current (see Tables 11 and 12) shall be included in the test circuit. At the original manufacturer's discretion a shorter connection than 0,75 m may be used.

The switching device shall be closed and held closed in the manner normally used in service. The test voltage shall then be applied once and,

- a) for a time sufficiently long to enable the short-circuit protective device in the outgoing unit to operate to clear the fault and, in any case, for not less than 10 cycles (test voltage duration), or
- b) in cases where the outgoing circuit does not include a SCPD, for a magnitude and duration as specified for the busbars by the original manufacturer. Testing of outgoing circuits may also result in the operation of the incoming circuit SCPD.

10.11.5.3.3 Incoming circuit and main busbars

ASSEMBLIES containing main busbars shall be tested to prove the short-circuit withstand strength of the main busbars and the incoming circuit including at least one joint where the busbars are intended to be extendable. The short-circuit shall be placed such that the length of main busbar included in the test is $(2 \pm 0,4)$ m. For the verification of rated short-time withstand current (see 5.3.5) and rated peak withstand current (see 5.3.4), this distance may be increased and the test conducted at any convenient voltage providing the test current is the rated value (see 10.11.5.4 b)). Where the design of the ASSEMBLY is such that the length of the busbars to be tested is less than 1,6 m and the ASSEMBLY is not intended to be extended, then the complete length of busbar shall be tested, the short-circuit being established at the end of these busbars. If a set of busbars consists of different sections (as regards cross-sections, distance between adjacent busbars, type and number of supports per metre), each section shall be tested separately or concurrently, provided that the above conditions are met.

10.11.5.3.4 Connections to the supply side of outgoing units

Where an ASSEMBLY contains conductors between a main busbar and the supply side of outgoing functional units that do not fulfil the requirements of 8.6.4 one circuit of each type shall be subject to an additional test.

A short-circuit is obtained by bolted connections on the conductors connecting the busbars to a single outgoing unit, as near as practicable to the terminals on the busbar side of the outgoing unit. The value of the short-circuit current shall be the same as that for the main busbars.

10.11.5.3.5 Neutral conductor

If a neutral conductor exists within a circuit it shall be subjected to one test to prove its short-circuit withstand strength in relation to the nearest phase conductor of the circuit under test including any joints. Phase to neutral short-circuit connections shall be applied as specified in 10.11.5.3.2.

Unless otherwise agreed between the original manufacturer and the User, the value of the test current in the neutral shall be at least 60 % of the phase current during the three-phase test.

The test need not be executed if the test is intended to be made with a current of 60 % of the phase current and if the neutral conductor is:

- the same shape and cross-section as the phase conductors
- supported in an identical manner as the phase conductors and with support centres along the length of the conductor not greater than that of the phases;
- spaced at a distance from the nearest phase(s) not less than that between phases;
- spaced at a distance from earthed metalwork not less than the phase conductors.

10.11.5.4 Value and duration of the short-circuit current

For all short-circuit withstand ratings, the dynamic and thermal stresses shall be verified with a prospective current, at the supply side of the specified protective device, if any, equal to the value of the rated short-time withstand current, rated peak withstand current or rated conditional short-circuit current assigned by the original manufacturer.

For the verification of all the short-circuit withstand ratings (see 5.3.4 to 5.3.6 inclusive), the value of the prospective short-circuit current at a test voltage equal to 1,05 times the rated operational voltage shall be determined from a calibration oscillogram which is taken with the supply conductors to the ASSEMBLY short-circuited by a connection of negligible impedance placed as near as possible to the input supply of the ASSEMBLY. The oscillogram shall show that there is a constant flow of current such that it is measurable at a time equivalent to the operation of the protective device incorporated in the ASSEMBLY or for the specified duration (see 9.3.2. a)).

The value of current during the calibration is the average of the r.m.s. values of the a.c. component in all phases. When making the tests at maximum operational voltage, the calibration current in each phase shall be equal to the rated short-circuit current within a $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$ % tolerance and the power factor shall be within a $\begin{smallmatrix} 0,00 \\ -0,05 \end{smallmatrix}$ tolerance.

All tests shall be made at the rated frequency of the ASSEMBLY with a tolerance of ± 25 %, and at the power factor appropriate to the short-circuit current in accordance with Table 7.

- a) For a test at rated conditional short circuit current I_{cc} , whether the protective devices are in the incoming circuit of the ASSEMBLY or elsewhere, the test voltage shall be applied for a time sufficiently long to enable the short-circuit protective devices to operate to clear the fault and, in any case, for not less than 10 cycles. The test shall be conducted at 1,05 times the rated operational voltage with prospective short circuit currents, at the supply side of the specified protective device, equal to the value of the rated conditional short-circuit current. Tests at lower voltages are not permitted.

NOTE In South Africa (ZA) National Electrical Code SANS 10142-1, Subclause 6.8, requires that the supply voltage shall be equal to 1,1 times the nominal voltage where the rated operational voltage is up to and including 500 V.

- b) For a test at rated short-time withstand current and rated peak withstand current, the dynamic and thermal stresses shall be verified with a prospective current equal to the value of rated short-time withstand current and rated peak withstand current declared by the original manufacturer. The current shall be applied for the specified time during which the r.m.s. value of its a.c. component shall remain constant.

In the case of test station difficulty of making the short-time or peak withstand tests at the maximum operational voltage, the tests according to 10.11.5.3.3, 10.11.5.3.4 and 10.11.5.3.5 may be made at any convenient voltage, with the original manufacturer's agreement, the actual test current being, in this case, equal to the rated short-time current or peak withstand current. This shall be stated in the test report. If, however, momentary contact separation occurs in the protective device, if any, during the test, the test shall be repeated at the maximum operational voltage.

If necessary, due to test limitations, a different test period is permissible; in such a case, the test current should be modified in accordance with the formula $I^2t = \text{constant}$, provided that the peak value does not exceed the rated peak withstand current without the Original Manufacturer's consent and that the r.m.s. value of the short-time current is not less than the rated value in at least one phase for at least 0,1 s after current initiation.

The peak current withstand test and the short-time current test may be separated. In this case, the time during which the short-circuit is applied for the peak current withstand test shall be such that the value I^2t is not larger than the equivalent value for the short-time current test, but it shall be not less than three cycles.

Where the required test current in each phase cannot be achieved the positive tolerance may be exceeded with the agreement of the original manufacturer.

10.11.5.5 Results to be obtained

After the test deformation of busbars and conductors is acceptable provided that the clearances and creepage distances specified in 8.3 are still complied with. In case of any doubt clearances and creepage distances shall be measured, (see 10.4).

The characteristics of the insulation shall remain such that the mechanical and dielectric properties of the equipment satisfy the requirements of the relevant ASSEMBLY standard. A busbar insulator or support or cable restraint has not separated into two or more pieces. Also there shall be no cracks appearing on opposite sides of a support and no cracks, including surface cracks, running the full length or width of the support. In case of any doubt that the insulation properties of the ASSEMBLY are not maintained an additional power frequency test at two times U_e with a minimum of 1 000 V shall be performed in accordance with 10.9.2.

There shall be no loosening of parts used for the connection of conductors and the conductors shall not separate from the outgoing terminals.

Distortion of the busbars or structure of the ASSEMBLY that impairs its normal use shall be deemed a failure.

Any distortion of the busbars or structure of the ASSEMBLY that impairs normal insertion or removal of the removable parts shall be deemed a failure.

Deformation of the enclosure or of the internal partitions, barriers and obstacles due to short-circuit is permissible to the extent that the degree of protection is not impaired and the clearances or creepage distances are not reduced to values, which are less than those specified in 8.3.

Additionally after the tests of 10.11.5.3 incorporating short-circuit protective devices, the tested equipment shall be capable of withstanding the dielectric test of 10.9.2, at a value of voltage for the "after test" condition prescribed in the relevant short-circuit protective device standard for the appropriate short-circuit test, as follows:

- a) between all live parts and the exposed conductive parts of the ASSEMBLY, and
- b) between each pole and all other poles connected to the exposed conductive parts of the ASSEMBLY.

If tests a) and b) above are conducted, they shall be carried out with any fuses replaced and with any switching device closed.

The fusible element (see 10.11.5.2.), if any, shall not indicate a fault current.

In case of any doubt, it shall be checked that the apparatus incorporated in the ASSEMBLY are in a condition as prescribed in the relevant specifications.

10.11.5.6 Testing of the protective circuit

10.11.5.6.1 General

This test does not apply for circuits according to 10.11.2.

A single-phase test supply shall be connected to the incoming terminal of one phase and to the terminal for the incoming protective conductor. When the ASSEMBLY is provided with a separate protective conductor, the nearest phase conductor shall be used. For each representative outgoing unit, a separate test shall be made with a bolted short-circuit connection between the corresponding outgoing phase terminal of the unit and the terminal for the relevant outgoing protective conductor.

Each outgoing unit on test shall be fitted with its intended protective device. Where alternative protective devices can be incorporated in the outgoing unit, the protective device which lets through the maximum values of peak current and I^2t shall be used.

For this test, the frame of the ASSEMBLY shall be insulated from earth. The test voltage shall be equal to 1,05 times the single-phase value of the rated operational voltage. Unless otherwise agreed between the original manufacturer and the user, the value of the test current in the protective conductor shall be at least 60 % of the phase current during the three-phase test of the ASSEMBLY.

NOTE In South Africa (ZA) National Electrical Code SANS 10142-1, Subclause 6.8, requires that the supply voltage shall be equal to 1,1 times the nominal voltage where the rated operational voltage is up to and including 500 V.

All other conditions of this test shall be analogous to 10.11.5.2 to 10.11.5.4 inclusive.

10.11.5.6.2 Results to be obtained

The continuity and the short-circuit withstand strength of the protective circuit, whether it consists of a separate conductor or the frame, shall not be significantly impaired.

Besides visual inspection, this may be verified by measurements with a current in the order of the rated current of the relevant outgoing unit.

NOTE 1 Where the frame is used as a protective conductor, sparks and localized heating at joints are permitted, provided they do not impair the electrical continuity and provided that adjacent flammable parts are not ignited.

NOTE 2 A comparison of the resistances measured before and after the test, between the terminal for the incoming protective conductor and the terminal for the relevant outgoing protective conductor, gives an indication of conformity with this condition.

10.12 Electromagnetic compatibility (EMC)

For EMC tests, see J.10.12.

10.13 Mechanical operation

This verification test shall not be made on such devices of the ASSEMBLY which have already been type tested according to their relevant product standard unless their mechanical operation is impaired by their mounting.

For parts, which need verification by test, satisfactory mechanical operation shall be verified after installation in the ASSEMBLY. The number of operating cycles shall be 200.

At the same time, the operation of the mechanical interlocks associated with these movements shall be checked. The test is passed if the operating conditions of the apparatus, interlocks, specified degree of protection etc., have not been impaired and if the effort required for operation is practically the same as before the test.

11 Routine verification

11.1 General

Verification is intended to detect faults in materials and workmanship and to ascertain proper functioning of the manufactured ASSEMBLY. It is made on each ASSEMBLY. The ASSEMBLY Manufacturer shall determine if routine verification is carried out during and/or after manufacture. Where appropriate, routine verification shall confirm that design verification is available.

Routine verification is not required to be carried out on devices and self-contained components incorporated in the ASSEMBLY when they have been selected in accordance with 8.5.3 and installed in accordance with the instructions of the device manufacturer.

Verification shall comprise the following categories:

- 1) Construction (see 11.2 to 11.8):
 - a) degree of protection of enclosures;
 - b) clearances and creepage distances;
 - c) protection against electric shock and integrity of protective circuits;
 - d) incorporation of built-in components;
 - e) internal electrical circuits and connections;
 - f) terminals for external conductors;
 - g) mechanical operation.
- 2) Performance (see 11.9 to 11.10):
 - a) dielectric properties;
 - b) wiring, operational performance and function.

11.2 Degree of protection of enclosures

A visual inspection is necessary to confirm that the prescribed measures to achieve the designated degree of protection are maintained.

11.3 Clearances and creepage distances

Where the clearances are:

- less than the values given in Table 1, an impulse voltage withstand test in accordance with 10.9.3 shall be carried out;
- equal to or larger than the values given in Table 1 (but less than 1,5 times), verification shall be by physical measurement or by an impulse voltage withstand test in accordance with 10.9.3;
- equal to or larger than 1,5 times the values given in Table 1 (see 10.9.3.5), verification shall be by visual inspection or by an impulse voltage withstand test in accordance with 10.9.3.

The prescribed measures with regard to creepage distances (see 8.3.3) shall be subject to a visual inspection.

11.4 Protection against electric shock and integrity of protective circuits

The prescribed protective measures with regard to basic protection and fault protection (see 8.4.2 and 8.4.3) shall be subject to a visual inspection.

The protective circuits shall be checked by visual inspection to ascertain that the measures prescribed in 8.4.3 are verified.

Screwed and bolted connections shall be checked for the correct tightness on a random basis.

11.5 Incorporation of built-in components

The installation and identification of built-in components shall be in accordance with the ASSEMBLY manufacturing instructions.

11.6 Internal electrical circuits and connections

The connections, especially screwed and bolted connections, shall be checked for the correct tightness on a random basis.

Conductors shall be checked in accordance with the ASSEMBLY manufacturing instructions.

11.7 Terminals for external conductors

The number, type and identification of terminals shall be checked in accordance with the ASSEMBLY manufacturing instructions.

11.8 Mechanical operation

The effectiveness of mechanical actuating elements, interlocks and locks including those associated with removable parts shall be checked.

11.9 Dielectric properties

A power-frequency withstand test shall be performed on all circuits in accordance with 10.9.2 but for a duration of 1 s.

This test need not be made on auxiliary circuits:

- which are protected by a short-circuit protective device with a rating not exceeding 16 A;
- if an electrical function test has been made previously at the rated operational voltage for which the auxiliary circuits are designed.

As an alternative for ASSEMBLIES with incoming protection rated up to 250 A the verification of insulation resistance may be by measurement using an insulation measuring device at a voltage of at least 500 V d.c.

In this case, the test is satisfactory if the insulation resistance between circuits and exposed conductive parts is at least 1 000 Ω/V per circuit referred to the supply voltage to earth of these circuits.

11.10 Wiring, operational performance and function

It shall be verified that the information and markings specified in Clause 6 are complete.

Depending on the complexity of the ASSEMBLY, it may be necessary to inspect the wiring and to carry out an electrical function test. The test procedure and the number of tests depend on whether or not the ASSEMBLY includes complicated interlocks, sequence control facilities, etc.

NOTE In some cases, it may be necessary to make or repeat this test on site before putting the installation into operation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

Withd2M

Table 1 – Minimum clearances in air ^{a)} (8.3.2)

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Minimum clearance mm
≤ 2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0
a) Based on inhomogeneous field conditions and pollution degree 3.	

Table 2 – Minimum creepage distances (8.3.3)

Rated insulation voltage U_i $V^b)$	Minimum creepage distance mm							
	Pollution degree							
	1	2			3			
	Material group ^{c)}	Material group ^{c)}			Material group ^{c)}			
	I	I	II	IIIa and IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	2	2
80	1,5	1,6	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	2	2,2	2,2
125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9	2,1	2,4	2,4
160	1,5	1,5	1,5	1,6	2	2,2	2,5	2,5
200	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,8	3,2	3,2
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8,0	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	a)
1 000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	
1 250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	
1 600	5,6	8	11	16	20	22	25	

a) Insulation of material group IIIb is not recommended for use in pollution degree 3 above 630 V.

b) As an exception, for rated insulation voltages 127, 208, 415, 440, 660/690 and 830 V, creepage distances corresponding to the lower values 125, 200, 400, 630 and 800 V may be used.

c) Material groups are classified as follows, according to the range of values of the comparative tracking index (CTI) (see 3.6.17):

- Material group I $600 \leq CTI$
- Material group II $400 \leq CTI < 600$
- Material group IIIa $175 \leq CTI < 400$
- Material group IIIb $100 \leq CTI < 175$

NOTE The CTI values refer to the values obtained in accordance with IEC 60112, method A, for the insulating material used.

Table 3 – Cross-sectional area of a copper protective conductor (8.4.3.2.2)

Rated operational current I_e A	Minimum cross-sectional area of a protective conductor mm ²
$I_e \leq 20$	$S^a)$
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
a) S is the cross-sectional area of the phase conductor (mm ²).	

Table 4 – Conductor selection and installation requirements (8.6.4)

Type of conductor	Requirements
Bare conductors or single-core conductors with basic insulation, for example cables according to IEC 60227-3	Mutual contact or contact with conductive parts shall be avoided, for example by use of spacers
Single-core conductors with basic insulation and a maximum permissible conductor operating temperature of at least 90 °C, for example cables according to IEC 60245-3, or heat-resistant thermo-plastic (PVC) insulated cables according to IEC 60227-3	Mutual contact or contact with conductive parts is permitted where there is no applied external pressure. Contact with sharp edges shall be avoided. These conductors may only be loaded such that an operating temperature of 80 % of the maximum permissible conductor operating temperature is not exceeded
Conductors with basic insulation, for example cables according to IEC 60227-3, having additional secondary insulation, for example individually covered cables with shrink sleeving or individually run cables in plastic conduits	No additional requirements
Conductors insulated with a very high mechanical strength material, for example Ethylene Tetrafluoro Ethylene (ETFE) insulation, or double-insulated conductors with an enhanced outer sheath rated for use up to 3 kV, for example cables according to IEC 60502	
Single or multi-core sheathed cables, for example cables according to IEC 60245-4 or IEC 60227-4	

Table 5 – Minimum terminal capacity for copper protective conductors (PE, PEN) (8.8)

Cross-sectional area of phase conductors S mm ²	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor (PE, PEN) $S_p^a)$ mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$
a) Current in the neutral may be influenced where there are significant harmonics in the load. See 8.4.3.2.3.	

Table 6 – Temperature-rise limits (9.2)

Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Built-in components ^{a)}	In accordance with the relevant product standard requirements for the individual components or, in accordance with the component manufacturer's instructions ^{f)} , taking into consideration the temperature in the ASSEMBLY
Terminals for external insulated conductors	70 ^{b)}
Busbars and conductors	Limited by ^{f)} : – mechanical strength of conducting material ^{g)}; – possible effect on adjacent equipment; – permissible temperature limit of the insulating materials in contact with the conductor; – effect of the temperature of the conductor on the apparatus connected to it; – for plug-in contacts, nature and surface treatment of the contact material
Manual operating means: – of metal – of insulating material	15 ^{c)} 25 ^{c)}
Accessible external enclosures and covers: – metal surfaces – insulating surfaces	30 ^{d)} 40 ^{d)}
Discrete arrangements of plug and socket-type connections	Determined by the limit for those components of the related equipment of which they form part ^{e)}
a) The term "built-in components" means: – conventional switchgear and controlgear; – electronic sub-assemblies (e.g. rectifier bridge, printed circuit); – parts of the equipment (e.g. regulator, stabilized power supply unit, operational amplifier). b) The temperature-rise limit of 70 K is a value based on the conventional test of 10.10. An ASSEMBLY used or tested under installation conditions may have connections, the type, nature and disposition of which will not be the same as those adopted for the test, and a different temperature rise of terminals may result and may be required or accepted. Where the terminals of the built-in component are also the terminals for external insulated conductors, the lower of the corresponding temperature-rise limits shall be applied. c) Manual operating means within ASSEMBLIES which are only accessible after the ASSEMBLY has been opened, for example draw-out handles which are operated infrequently, are allowed to assume a 25 K increase on these temperature-rise limits. d) Unless otherwise specified, in the case of covers and enclosures, which are accessible but need not be touched during normal operation, a 10 K increase on these temperature-rise limits is permissible. External surfaces and parts over 2 m from the base of the ASSEMBLY are considered inaccessible. e) This allows a degree of flexibility in respect of equipment (e.g. electronic devices) which is subject to temperature-rise limits different from those normally associated with switchgear and controlgear. f) For temperature-rise tests according to 10.10 the temperature-rise limits have to be specified by the Original Manufacturer taking into account any additional measuring points and limits imposed by the component manufacturer. g) Assuming all other criteria listed are met a maximum temperature rise of 105 K for bare copper busbars and conductors shall not be exceeded.	
NOTE The 105 K relates to the temperature above which annealing of copper is likely to occur. Other materials may have a different maximum temperature rise.	

Table 7 – Values for the factor n ^{a)} (9.3.3)

r.m.s. value of short-circuit current kA	$\cos \varphi$	n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

a) Values of this table represent the majority of applications. In special locations, for example in the vicinity of transformers or generators, lower values of power factor may be found, whereby the maximum prospective peak current may become the limiting value instead of the r.m.s. value of the short-circuit current.

Table 8 – Power-frequency withstand voltage for main circuits (10.9.2)

Rated insulation voltage U_i (line to line a.c. or d.c.) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V	Dielectric test voltage ^{b)} d.c. V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1 000$	2 200	3 110
$1 000 < U_i \leq 1 500$ ^{a)}	-	3 820

a) For d.c. only.
b) Test voltages based on 4.1.2.3.1, third paragraph, of IEC 60664-1.

Table 9 – Power-frequency withstand voltage for auxiliary and control circuits (10.9.2)

Rated insulation voltage U_i (line to line) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2 U_i + 1 000$ with a minimum of 1 500

Table 10 – Impulse withstand test voltages (10.9.3)

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages and corresponding altitudes during test									
	$U_{1,2/50}$ a.c. peak and d.c. kV					a.c. r.m.s. kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0	3,4	3,4	3,3	3,1	2,8
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0	5,1	5,1	5,0	4,7	4,2
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0	6,9	6,8	6,6	6,4	5,7
12,0	14,8	14,5	14,0	13,3	12,0	10,5	10,3	9,9	9,4	8,5

Table 11 – Copper test conductors for rated currents up to 400 A inclusive (10.10.2.3.2)

Range of rated current ^{a)}		Conductor cross-sectional area ^{b), c)}	
A		mm ²	AWG/MCM
0	8	1,0	18
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250
250	275	150	300
275	300	185	350
300	350	185	400
350	400	240	500

a) The value of the rated current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

b) For convenience of testing and with the Manufacturer's consent, smaller test conductors than those given for a stated rated current may be used.

c) Either of the two conductors specified may be used.

Table 12 – Copper test conductors for rated currents from 400 A to 4 000 A (10.10.2.3.2)

Range of rated current ^{a)}	Test conductors			
	Cables		Copper bars ^{b)}	
A	Quantity	Cross-sectional area mm ²	Quantity	Dimensions mm (W × D)
400 to 500	2	150	2	30 × 5
500 to 630	2	185	2	40 × 5
630 to 800	2	240	2	50 × 5
800 to 1 000			2	60 × 5
1 000 to 1 250			2	80 × 5
1 250 to 1 600			2	100 × 5
1 600 to 2 000			3	100 × 5
2 000 to 2 500			4	100 × 5
2 500 to 3 150			3	100 × 10
3 150 to 4 000			4	100 × 10

a) The value of the rated current shall be greater than the first value and less than or equal to the second value.

b) Bars are assumed to be arranged with their long faces (W) vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

**Table 13 – Short-circuit verification by design rules:
check list**

Item No.	Requirements to be considered	YES	NO
1	Is the short-circuit withstand rating of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, less than or equal to, that of the reference design?		
2	Is the cross sectional dimensions of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
3	Is the spacing of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
4	Are the busbar supports of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same type, shape and material and have, the same or smaller spacing, along the length of the busbar as the reference design?		
5	Are the material and the material properties of the conductors of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed the same as those of the reference design?		
6	Are the short-circuit protective devices of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed equivalent, that is of the same make and series ^{a)} with the same or better limitation characteristics (I^2t , I_{pk}) based on the device manufacturer's data, and with the same arrangement as the reference design?		
7	Is the length of unprotected live conductors, in accordance with 8.6.4, of each non-protected circuit of the ASSEMBLY to be assessed less than or equal to those of the reference design?		
8	If the ASSEMBLY to be assessed includes an enclosure, did the reference design include an enclosure when verified by test?		
9	Is the enclosure of the ASSEMBLY to be assessed of the same design, type and have at least the same dimensions to that of the reference design?		
10	Are the compartments of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same mechanical design and at least the same dimensions as those of the reference design?		
'YES' to all requirements – no further verification required.			
'NO' to any one requirement – further verification is required, see 10.11.4 and 10.11.5.			
a) Short-circuit protective devices of the same manufacture but of a different series may be considered equivalent where the device manufacturer declares the performance characteristics to be the same or better in all relevant respects to the series used for verification, e.g. breaking capacity and limitation characteristics (I^2t , I_{pk}), and critical distances.			

**Table 14 – Relationship between prospective fault current
and diameter of copper wire**

Diameter of copper wire mm	Prospective fault current in the fusible element circuit A
0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

Annex A (normative)

Minimum and maximum cross-section of copper conductors suitable for connection to terminals for external conductors (see 8.8)

The following table applies for the connection of one copper cable per terminal.

**Table A.1 – Cross-section of copper conductors suitable for connection
to terminals for external conductors**

Rated current	Solid or stranded conductors		Flexible conductors	
	Cross-sections		Cross-sections	
	min.	max.	min.	max.
A	mm ²		mm ²	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
13	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

If the external conductors are connected directly to built-in apparatus, the cross-sections indicated in the relevant specifications are valid.

In cases where it is necessary to provide for conductors other than those specified in the table, special agreement shall be reached between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

Annex B

(normative)

Method of calculating the cross-sectional area of protective conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration

The following formula shall be used to calculate the cross-section of the protective conductors necessary to withstand the thermal stresses due to currents with a duration of the order of 0,2 s to 5 s.

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

where

S_p is the cross-sectional area, in square millimetres;

I is the value (r.m.s.) of a.c. fault current for a fault of negligible impedance which can flow through the protective device, in amperes;

t is the operating time of the disconnecting device, in seconds;

NOTE Account should be taken of the current-limiting effect of the circuit impedances and the limiting capability (Joule integral) of the protective device.

k is the factor dependent on the material of the protective conductor, the insulation and other parts and the initial and final temperatures, see Table B.1.

Table B.1 – Values of k for insulated protective conductors not incorporated in cables, or bare protective conductors in contact with cable covering

	Insulation of protective conductor or cable covering		
	Thermo-plastic (PVC)	XLPE EPR Bare conductors	Butyl rubber
Final temperature	160 °C	250 °C	220 °C
	Factor k		
Material of conductor:			
Copper	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Steel	52	64	60
The initial temperature of the conductor is assumed to be 30 °C.			

More detailed information is to be found in IEC 60364-5-54.

Annex C (informative)

Items subject to agreement between the assembly manufacturer and the user

This annex facilitates navigation within this standard and is intended as a template for application in the relevant ASSEMBLY standards.

In some cases information declared by the ASSEMBLY manufacturer may take the place of an agreement.

**Table C.1 – Items subject to agreement between
the ASSEMBLY manufacturer and the user**

User defined functions and characteristics	Reference clause or subclause	Standard arrangement b)	User requirement a)
Electrical system			
Earthing system	5.5, 8.4.3.2.3, 8.6.2, 10.5, 11.4		
Rated voltage U_n (volts)	3.8.8.1, 5.2.1, 8.5.3		
Overvoltage category	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Annex G		
Unusual voltage transients, voltage stresses, temporary overvoltages	9.1	No	
Rated frequency f_n (Hz)	3.8.11, 5.4, 8.5.3, 10.10.2.3, 10.11.5.4		
Additional on site testing requirements: wiring, operational performance and function	11.10		
Short circuit withstand capability			
Prospective short-circuit current at supply terminals I_{cp} (kA)	3.8.6		
Prospective short-circuit current in the neutral	10.11.5.3.5	60 % of phase values	
Prospective short-circuit current in the protective circuit	10.11.5.6	60 % of phase values	
SCPD in the incoming functional unit	9.3.2		
Co-ordination of short-circuit protective devices including external short-circuit protective device details.	9.3.4		
Data associated with loads likely to contribute to the short-circuit current	9.3.2		
Protection of persons against electric shock in accordance with IEC 60364-4-41			
Type of protection against electric shock – Basic protection (protection against direct contact) <i>NOTE 1 This type of protection is intended to protect against electric shock due to direct contact within the ASSEMBLY during normal service conditions.</i>	8.4.2	Basic protection	
Type of protection against electric shock – Fault protection (protection against indirect contact) <i>NOTE 2 These types of protection are intended to protect against the consequences of a fault within the ASSEMBLY.</i>	8.4.3		

User defined functions and characteristics	Reference clause or subclause	Standard arrangement b)	User requirement a)
Installation environment			
Location type	3.5, 8.1.4, 8.2		
Protection against ingress of solid foreign bodies and ingress of liquid	8.2.2, 8.2.3	Outdoor: IP X3	
External mechanical impact (IK) <i>NOTE 3 IEC 61439-1 does not nominate specific IK codes.</i>	8.2.1, 10.2.6		
Resistance to UV radiation (applies for outdoor assemblies only unless specified otherwise)	10.2.4	Standard	
Resistance to corrosion	10.2.2	Standard	
Ambient air temperature – Lower limit	7.1.1	Indoor: –5 °C Outdoor: –25 °C	
Ambient air temperature – Upper limit	7.1.1	40 °C	
Ambient air temperature – Daily average maximum	7.1.1	35 °C	
Maximum relative humidity	7.1.2	Indoor: 50 % @ 40 °C Outdoor: 100 % @ 25 °C	
Pollution degree	7.1.3	Industrial: 3	
Altitude	7.1.4	≤ 2 000 m	
EMC environment	9.4, 10.12, Annex J		
Special service conditions (e.g. vibration, exceptional condensation, heavy pollution, corrosive environment, strong electric or magnetic fields, fungus, small creatures, explosion hazards, heavy vibration and shocks, earthquakes)	7.2, 8.5.4, 9.3.3 Table 7,		
Installation method			
Type	3.3, 5.5		
Portability	3.5		
Maximum overall dimensions and weight	6.2.1		
External conductor type(s)	8.8		
Direction(s) of external conductors	8.8		
External conductor material	8.8		
External phase conductor, cross sections, and terminations	8.8	Standard	
External PE, N, PEN conductors cross sections, and terminations	8.8	Standard	
Special terminal identification requirements	8.8		
Storage and handling			
Maximum dimensions and weight of transport units	6.2.2, 10.2.5		
Methods of transport (e.g. forklift, crane)	6.2.2, 8.1.7		
Environmental conditions different from the service conditions	7.3		
Packing details	6.2.2		

User defined functions and characteristics	Reference clause or subclause	Standard arrangement b)	User requirement a)
Operating arrangements			
Access to manually operated devices	8.4, 8.5.5		
Isolation of load installation equipment items	8.4.2, 8.4.3.3, 8.4.5.2		
Maintenance and upgrade capabilities			
Requirements related to accessibility in service by ordinary persons; requirement to operate devices or change components while the ASSEMBLY is energised	8.4.5.1	No	
Requirements related to accessibility for inspection and similar operations	8.4.5.2.2	No	
Requirements related to accessibility for maintenance in service by authorized persons	8.4.5.2.3	No	
Requirements related to accessibility for extension in service by authorized persons	8.4.5.2.4	No	
Method of functional units connection <i>NOTE 4 This refers to the capability of removal and re-insertion of functional units.</i>	8.5.1, 8.5.2		
Protection against direct contact with hazardous live internal parts during maintenance or upgrade (e.g. functional units, main busbars, distribution busbars)	8.4	No	
Current carrying capability			
Rated current of the ASSEMBLY I_{nA} (amps)	3.8.9.1, 5.3, 8.4.3.2.3, 8.5.3, 8.8, 10.10.2, 10.10.3, 10.11.5, Annex E		
Rated current of circuits I_{nC} (amps)	5.3.2		
Rated diversity factor	5.3.3, 10.10.2.3, Annex E	According to product standards	
Ratio of cross section of the neutral conductor to phase conductors: phase conductors up to and including 16 mm ² <i>NOTE 5 Current in the neutral may be influenced where there are significant harmonics, unbalanced phase currents, or other conditions in the load that will necessitate a larger conductor.</i>	8.6.1	100 %	
Ratio of cross section of the neutral conductor to phase conductors: phase conductors above 16 mm ² <i>NOTE 6 For the standard value, the neutral current is assumed not to exceed 50 % of the phase currents. Current in the neutral may be influenced where there are significant harmonics, unbalanced phase currents, or other conditions in the load that will necessitate a larger conductor.</i>	8.6.1	50 % (min. 16 mm ²)	
a) For exceptionally onerous applications, the user may need to specify more stringent requirements to those in the standard. b) A grey column entry indicates that there is no standard arrangement for functions or characteristics and the user should specify their requirements.			

Annex D (informative)

Design verification

Table D.1 – List of design verifications to be performed

No.	Characteristic to be verified	Clauses or subclauses	Verification options available		
			Verification by testing	Verification by calculation	Verification by design rules
1	Strength of material and parts:	10.2			
	Resistance to corrosion	10.2.2	YES	NO	NO
	Properties of insulating materials:	10.2.3			
	Thermal stability	10.2.3.1	YES	NO	NO
	Resistance of insulating materials to normal heat	10.2.3.2	YES	NO	NO
	Resistance to abnormal heat and fire due to internal electric effects	10.2.3.3	YES	NO	NO
	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	10.2.4	YES	NO	NO
	Lifting	10.2.5	YES	NO	NO
	Mechanical impact	10.2.6	YES	NO	NO
	Marking	10.2.7	YES	NO	NO
2	Degree of protection of enclosures	10.3	YES	NO	YES
3	Clearances and creepage distances	10.4	YES	YES	YES
4	Protection against electric shock and integrity of protective circuits:	10.5			
	Effective continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit	10.5.2	YES	NO	NO
	Effectiveness of the assembly for external faults	10.5.3	YES	YES	YES
5	Incorporation of switching devices and components	10.6	NO	NO	YES
6	Internal electrical circuits and connections	10.7	NO	NO	YES
7	Terminals for external conductors	10.8	NO	NO	YES
8	Dielectric properties:	10.9			
	Power-frequency withstand voltage	10.9.2	YES	NO	NO
	Impulse withstand voltage	10.9.3	YES	NO	YES
9	Temperature-rise limits	10.10	YES	YES	YES
10	Short-circuit withstand strength	10.11	YES	YES	YES
11	Electromagnetic compatibility (EMC)	10.12	YES	NO	YES
12	Mechanical operation	10.13	YES	NO	NO

Annex E (informative)

Rated diversity factor

E.1 General

All circuits within an ASSEMBLY are individually capable of carrying their rated current, in accordance with 5.3.2, continuously but, the current carrying capacity of any circuit may be influenced by adjacent circuits. Thermal interaction can result in heat being imported from, or exported to, circuits in close proximity. Cooling air available to a circuit may be at a temperature well in excess of the ambient due to the influence of other circuits.

In practise, not all circuits within an ASSEMBLY are normally required to carry rated current continuously and simultaneously. Within a typical application the type and nature of loads differ appreciably. Some circuits will be rated on the basis of inrush currents and intermittent or short duration loads. A number of circuits may be heavily loaded while others are lightly loaded or switched off.

To provide ASSEMBLIES in which all circuits can be operated at rated current continuously is therefore unnecessary and would be an inefficient use of materials and resources. This standard recognises the practical requirements of ASSEMBLIES through the assignment of a rated diversity factor as defined in 3.8.10.

By stating a rated diversity factor, the ASSEMBLY manufacturer is specifying the 'average' loading conditions for which the ASSEMBLY is designed. The rated diversity factor confirms the per unit value of rated current to which all the outgoing circuits, or a group of outgoing circuits, within the ASSEMBLY, can be continuously and simultaneously loaded. In ASSEMBLIES where the total of the rated currents of the outgoing circuits operating at rated diversity factor exceeds the capacity of the incoming circuit, the diversity factor applies to any combination of outgoing circuits used to distribute the incoming current.

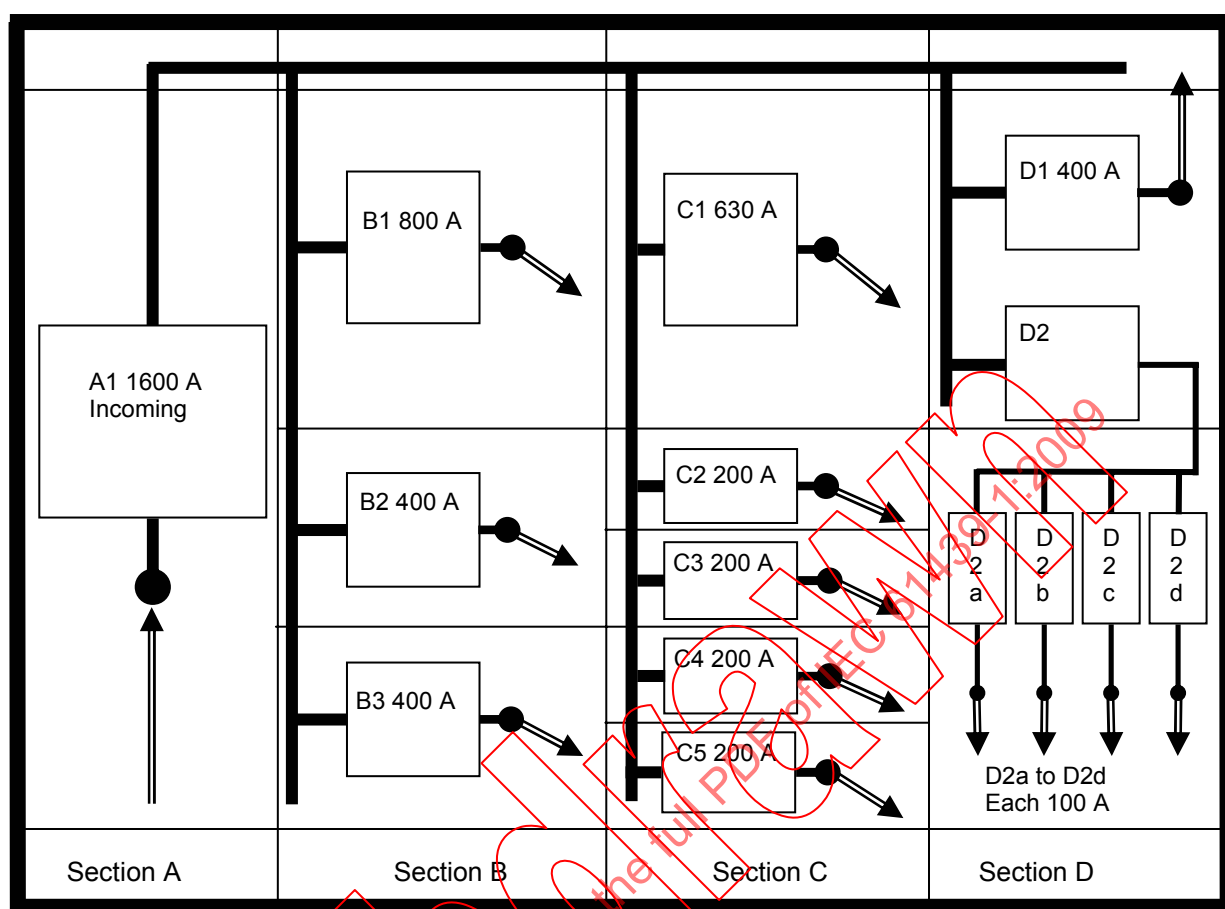
E.2 Rated diversity factor of an ASSEMBLY

The rated diversity factor of an ASSEMBLY is specified in 5.3.3. For the typical ASSEMBLY shown in Figure E.1, examples of the multitude of loading arrangements for a diversity factor of 0,8 are given in Table E.1 and shown in Figures E.2 to E.5.

E.3 Rated diversity factor of a group of outgoing circuits

In addition to stating the rated diversity factor for a complete ASSEMBLY, an ASSEMBLY manufacturer may specify a different diversity factor for a group of related circuits within an ASSEMBLY. Subclause 5.3.3 specifies the rated diversity factor for a group of outgoing circuits.

Tables E.2 and E.3 give examples of a diversity factor of 0,9 for a section and subdistribution board within the typical ASSEMBLY shown in Figure E.1.

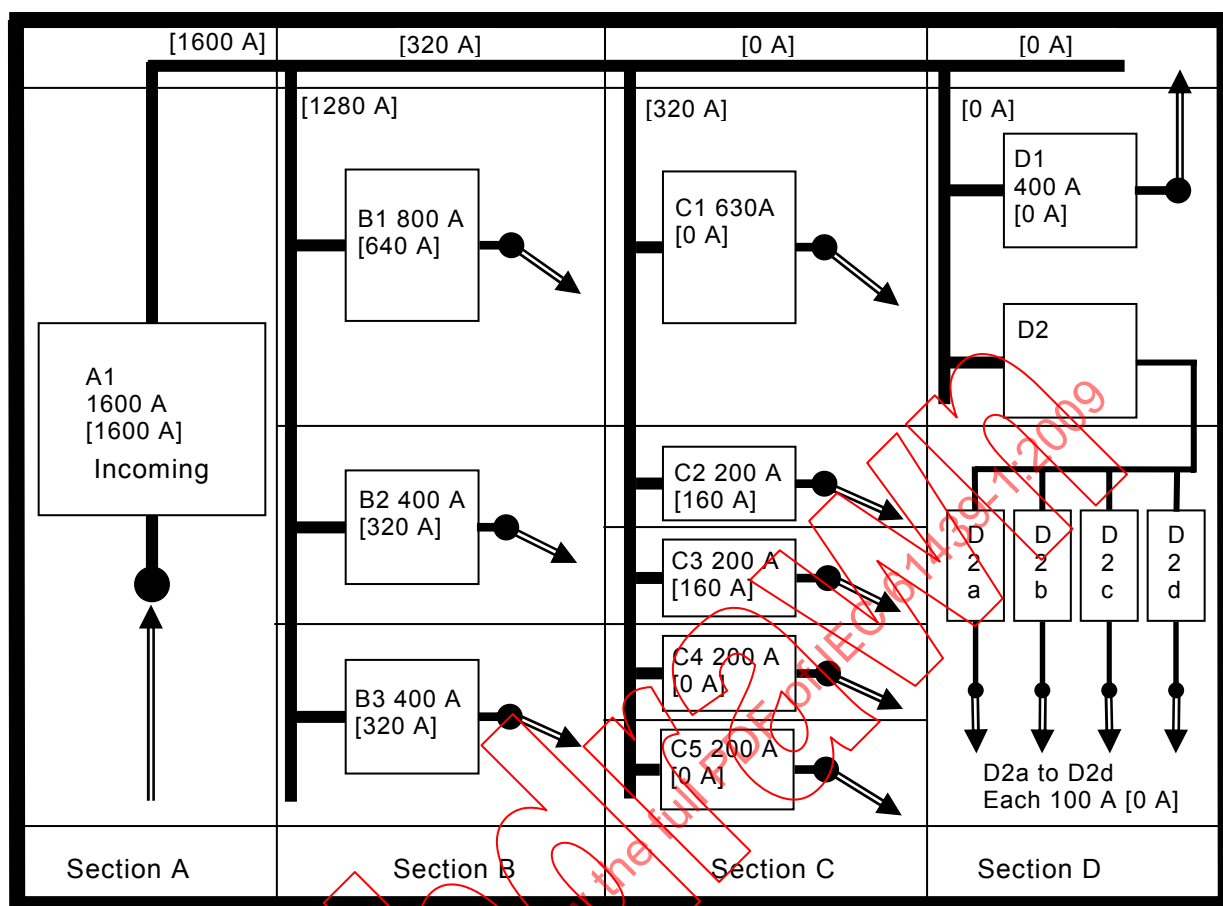


IEC 2046/08

Functional unit – Rated current (I_n) shown ^a

- ^a The rated current of the functional unit (the circuit) in the ASSEMBLY may be less than the rated current of the device.

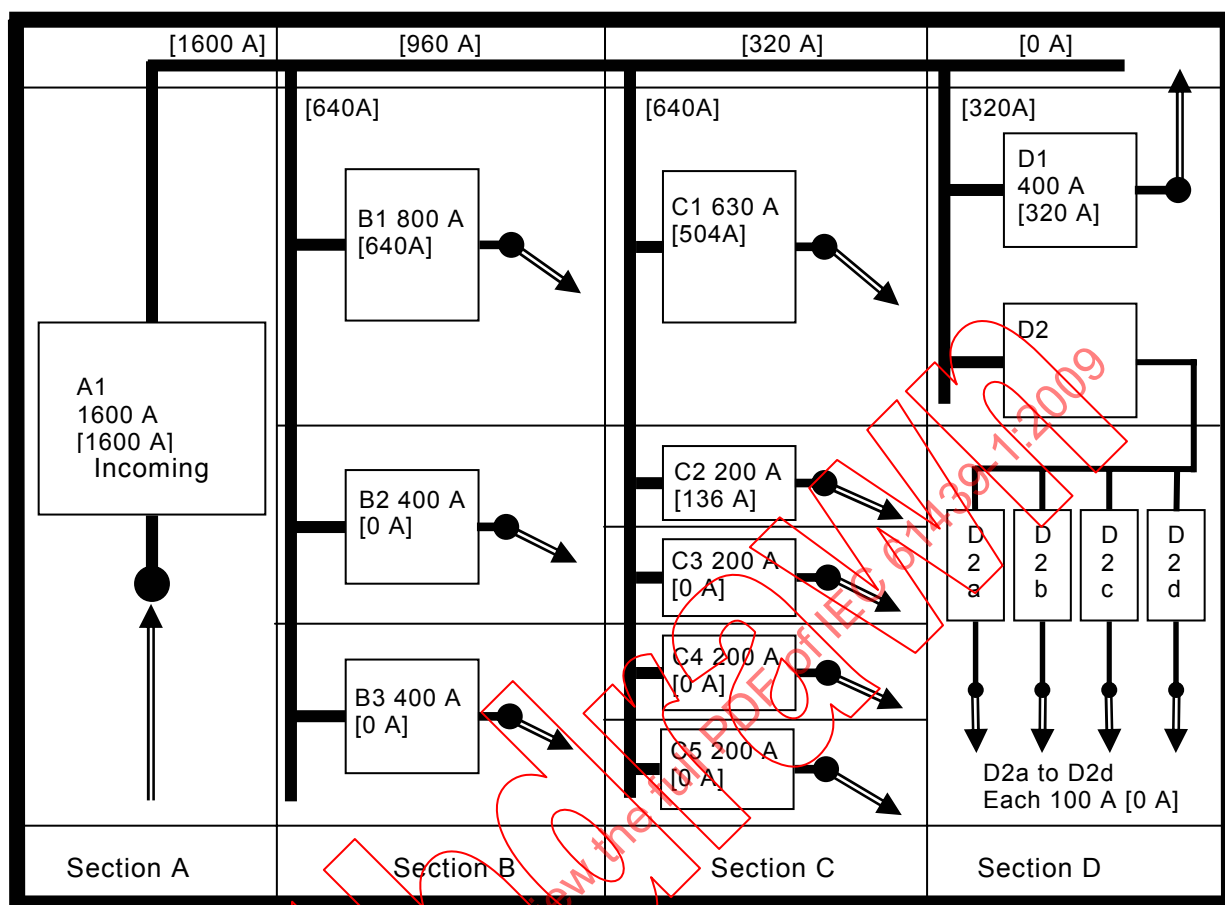
Figure E.1 – Typical ASSEMBLY



IEC 2047/08

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].
 Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

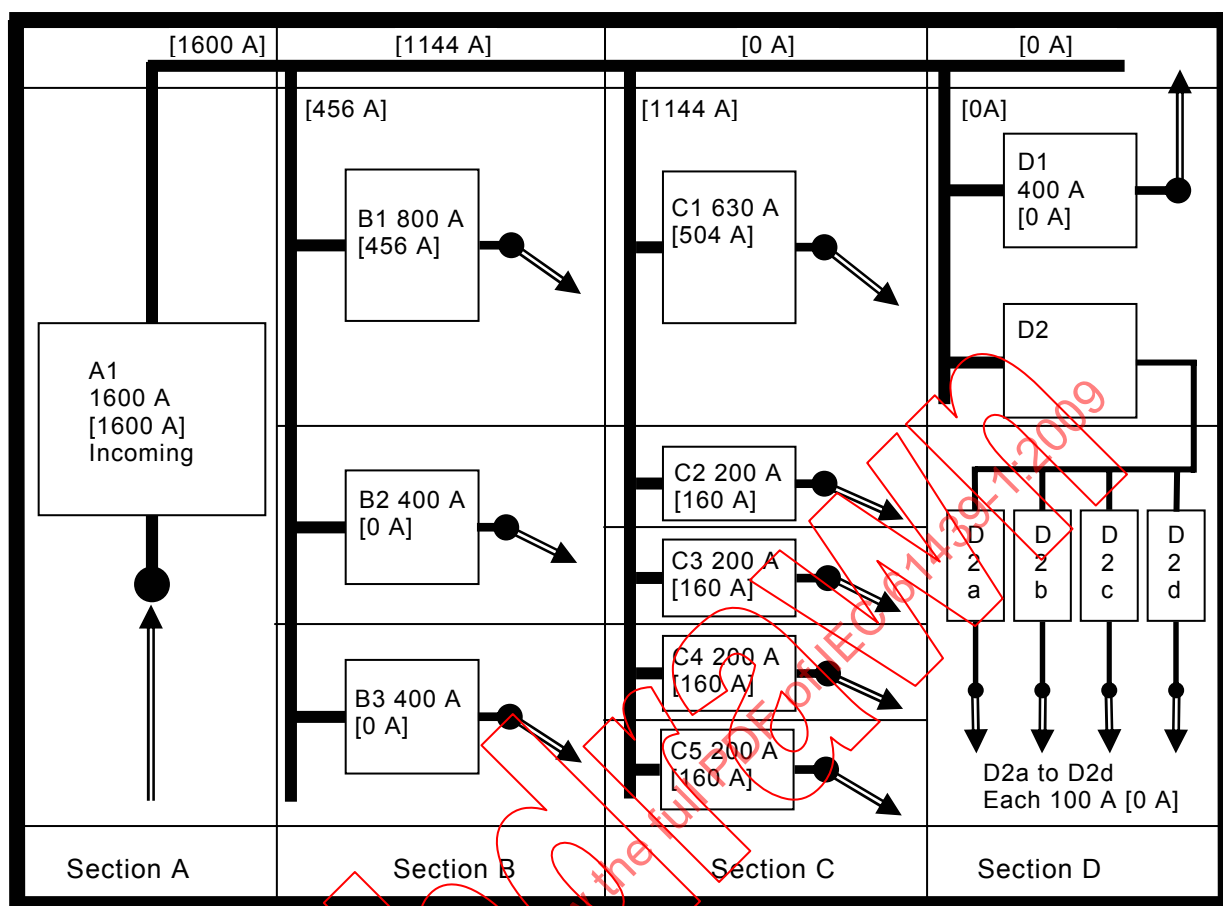
Figure E.2 – Example 1: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8



IEC 2048/08

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].
Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

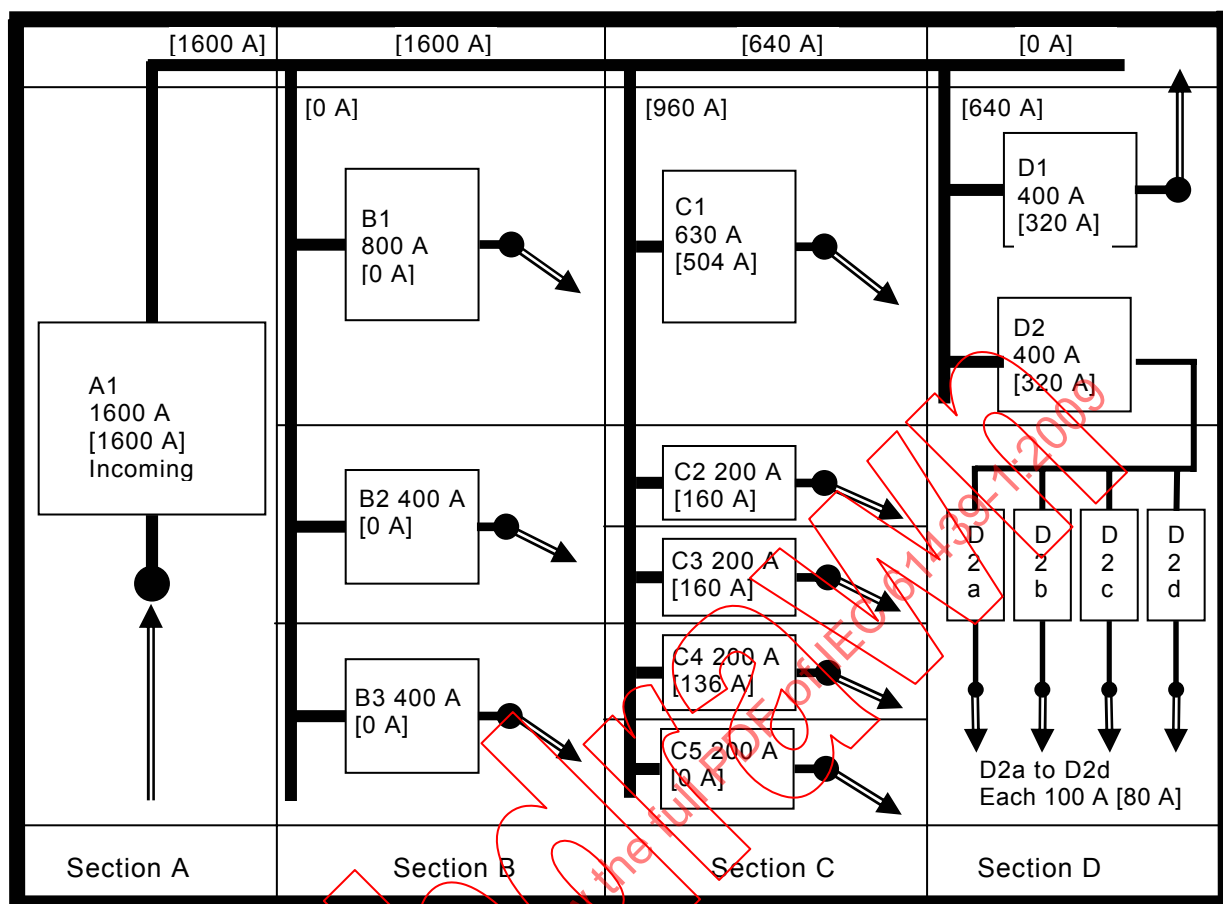
Figure E.3 – Example 2: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8



IEC 2049/08

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].
 Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

Figure E.4 – Example 3: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8



IEC 2050/08

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].
Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

Figure E.5 – Example 4: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8

Table E.2 – Example of loading of a group of circuits (Section B – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9

Functional unit	Distribution busbar Section B	B1	B2	B3
	Current (A)			
Functional unit - Rated current (I_n)	1440 ^a	800	400	400
Loading – Group of circuits with a rated diversity factor of 0,9	1440	720	360	360
^a Minimum rated current to supply the connected functional units at the RDF (0,9).				

Table E.3 – Example of loading of a group of circuits (Sub-distribution board – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9

Functional unit	D2	D2a	D2b	D2c	D2d
	Current (A)				
Functional unit - Rated current (I_n)	360 ^a	100	100	100	100
Loading – Group of circuits with a rated diversity factor of 0,9	360	90	90	90	90
^a Minimum rated current to supply the connected functional units at the RDF (0,9).					

E.4 Rated diversity factor and intermittent duty

The dissipated heat of circuits built from components with Joule losses is proportional to the true r.m.s value of the current. An equivalent r.m.s current representing the thermal effect of the real intermittent current can be calculated by the formula given below. This enables the thermal equivalent true r.m.s current (I_{eff}) in case of intermittent duty to be determined and thus the permissible load pattern for a given RDF. Care should be taken with ON-times > 30 min since small devices could already reach the thermal equilibrium.

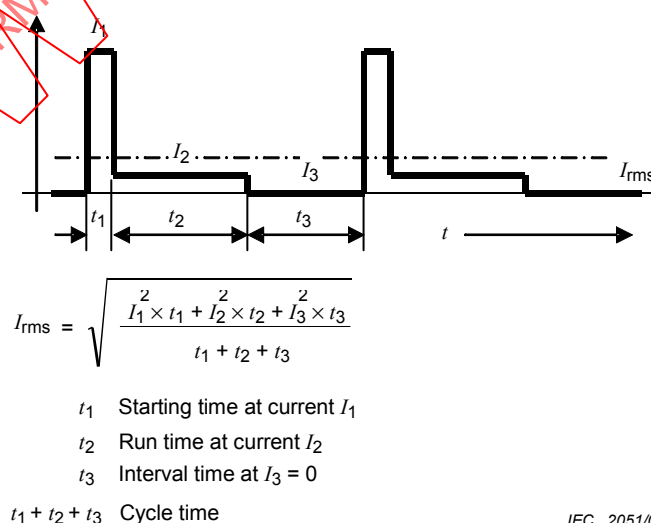


Figure E.6 – Example of average heating effect calculation

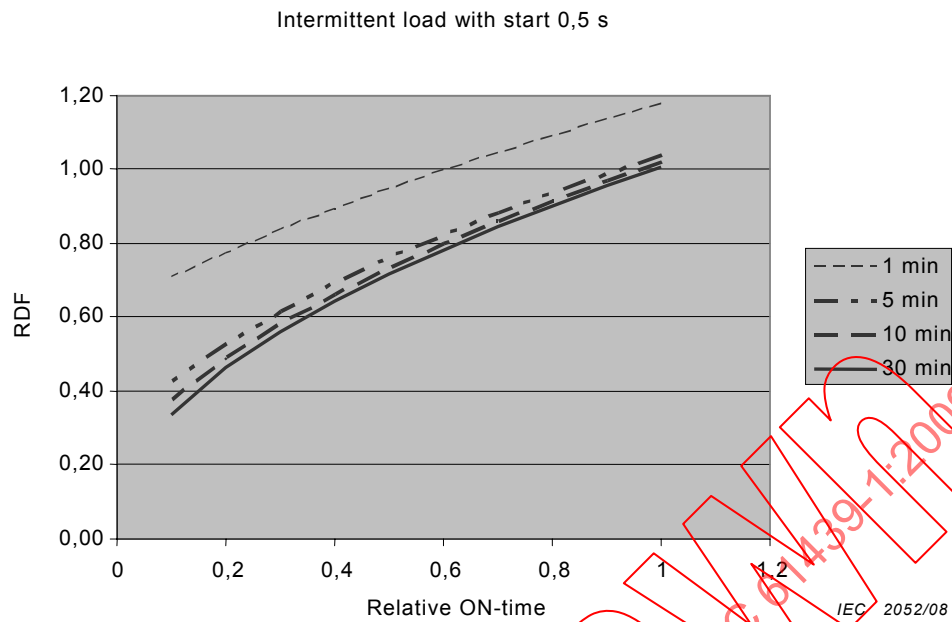


Figure E.7 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the parameters at intermittent duty at $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ at different cycle times

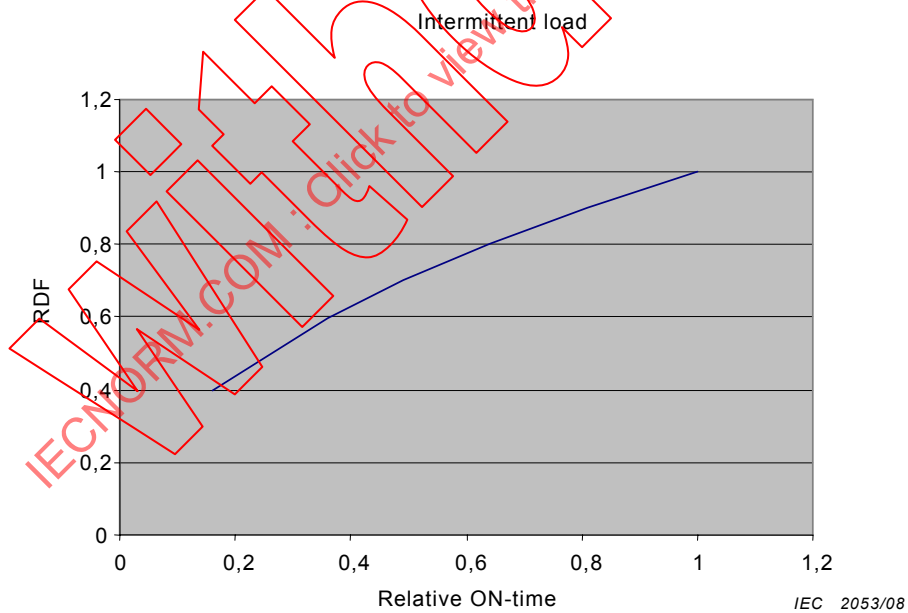


Figure E.8 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the parameters at intermittent duty at $I_1 = I_2$ (no starting overcurrent)

Annex F (normative)

Measurement of clearances and creepage distances ¹

F.1 Basic principles

The width X of the grooves specified in the following examples 1 to 11 basically apply to all examples as a function of pollution as follows:

Table F.1 – Minimum width of grooves

Pollution degree	Minimum values of width X of grooves mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to one-third of this clearance.

The methods of measuring clearances and creepage distances are indicated in examples 1 to 11. These examples do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

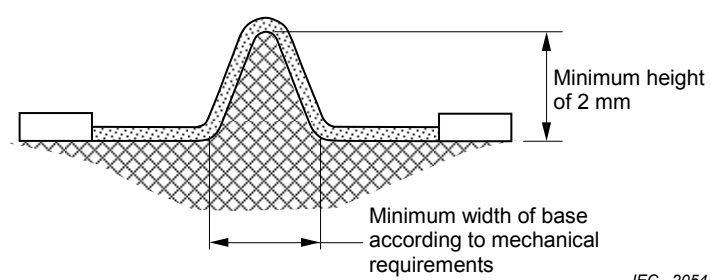
Furthermore:

- any corner is assumed to be bridged with an insulating link of X mm width moved into the most unfavourable position (see example 3);
- where the distance across the top of a groove is X mm or more, a creepage distance is measured along the contours of the grooves (see example 2);
- clearances and creepage distances measured between parts moving in relation to each other are measured when these parts are in their most unfavourable positions.

F.2 Use of ribs

Because of their influence on contamination and their better drying-out effect, ribs considerably decrease the formation of leakage current. Creepage distances can therefore be reduced to 0,8 of the required value, provided the minimum height of the ribs is 2 mm, see Figure F.1.

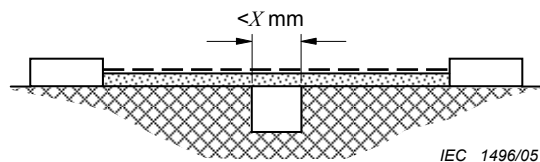
¹ This Annex F is based on IEC 60664-1.



IEC 2054/08

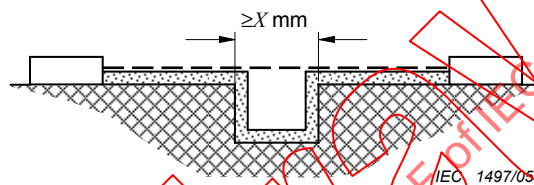
Figure F.1 – Measurement of ribs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

Example 1

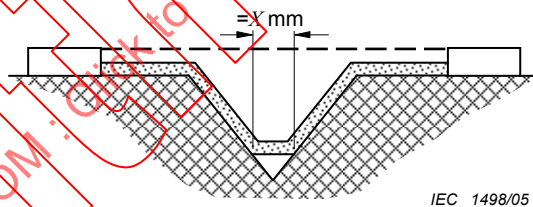
Condition: This creepage distance path includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearances are measured directly across the groove as shown.

Example 2

Condition: This creepage distance path includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the groove.

Example 3

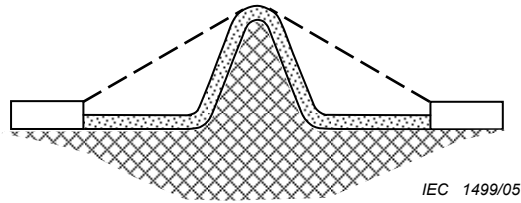
Condition: This creepage distance path includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

— — — — — Clearance

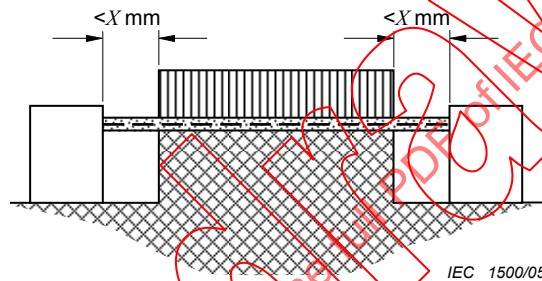
Creepage distance

Example 4



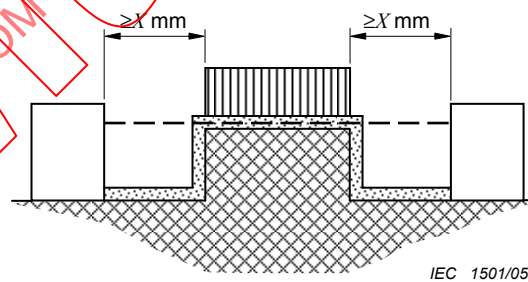
Condition: This creepage distance path includes a rib. Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

Example 5



Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side. Rule: Creepage distance and clearance paths are the "line-of-sight" distance shown.

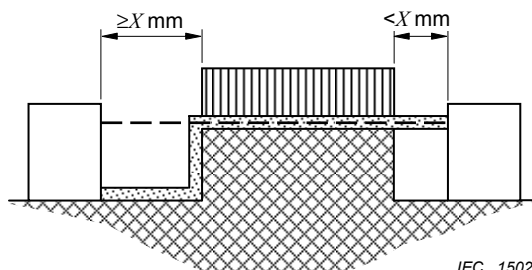
Example 6



Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side. Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the grooves.

— — — — — Clearance

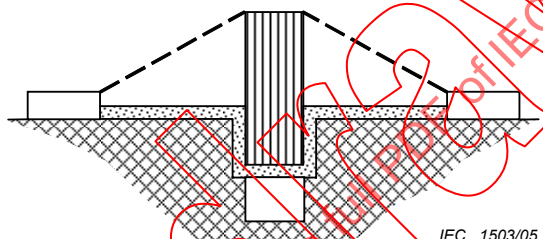
————— Creepage distance

Example 7

IEC 1502/05

Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

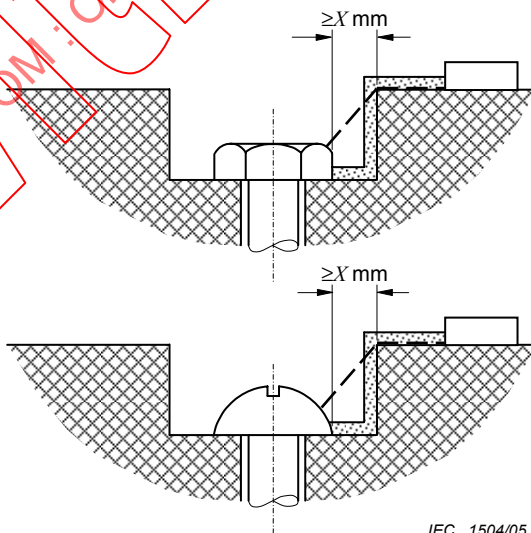
Rule: Clearances and creepage distance paths are as shown.

Example 8

IEC 1503/05

Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9

IEC 1504/05

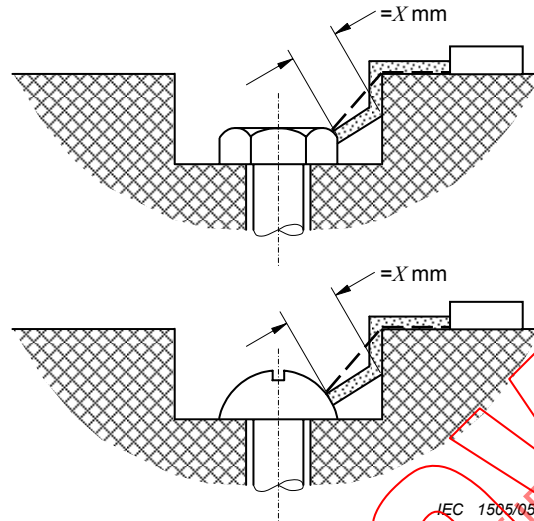
Condition: Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Rule: Clearances and creepage distance paths are as shown.

— — — — — Clearance

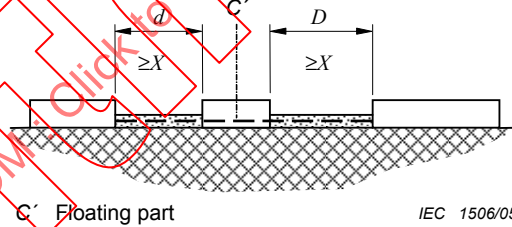
▨▨▨▨▨ Creepage distance

Example 10



Condition: Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account. Rule: Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

Example 11



Clearance is the distance $d + D$

Creepage distance is also $d + D$

— — — — — Clearance

▨▨▨▨▨ Creepage distance

Annex G

(normative)

Correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment²

This annex is intended to give the necessary information concerning the choice of equipment for use in a circuit within an electrical system or part thereof.

Table G.1 provides examples of the correlation between nominal supply system voltages and the corresponding rated impulse withstand voltage of the equipment.

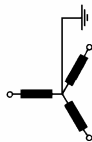
The values of rated impulse withstand voltage given in Table G.1 are based on the performance characteristics of surge arresters. They are based on characteristics in accordance with IEC 60099-1.

It should be recognized that control of overvoltages with respect to the values in Table G.1 can also be achieved by conditions in the supply system such as the existence of a suitable impedance or cable feed.

In such cases when the control of overvoltages is achieved by means other than surge arresters, guidance for the correlation between the nominal supply system voltage and the equipment rated impulse withstand voltage is given in IEC 60364-4-44.

² This annex is based on Annex H of IEC 60947-1.

Table G.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and the equipment rated impulse withstand voltage, in the case of overvoltage protection by surge-arresters according to IEC 60099-1

Maximum value of rated operational voltage to earth, a.c. r.m.s. or d.c. V	Nominal voltage of the supply system (≤ rated insulation voltage of the equipment) V				Preferred values of rated impulse withstand voltage (1,2/50 μs) at 2 000 m kV			
	 AC r.m.s.	 AC r.m.s.	 AC r.m.s. or d.c.	 AC r.m.s. or d.c.				
50	–	–	12,5, 24, 25, 30, 42, 48	AC r.m.s. or d.c.	IV Origin of installation (service entrance) level	III Distribution circuit level	II Load (appliance, equipment) level	I Specially protected level
100	66/115	66	60	–	1,5	0,8	0,5	0,33
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110, 240-120	2,5	1,5	0,8	0,5
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220	4	2,5	1,5	0,8
600	347/600, 380/660 400/690, 415/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	960-480	6	4	2,5	1,5
1 000	–	660 690, 720 830, 1 000	1 000	–	8	6	4	2,5
					12	8	6	4

Annex H (informative)

Operating current and power loss of copper conductors

The following tables provide guidance values for conductor operating currents and power losses under ideal conditions within an ASSEMBLY. The calculation methods used to establish these values are given to enable values to be calculated for other conditions.

**Table H.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables
with a permissible conductor temperature of 70 °C
(ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C)**

Conductor arrangement		Single-core cables in a cable trunking on a wall, run horizontally. 6 of the cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, touching free in air or on a perforated tray. 6 cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, spaced horizontally in free air	
		Single-core cables, touching free in air or on a perforated tray. 6 cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, spaced horizontally in free air		Single-core cables, spaced horizontally in free air	
Cross-sectional area of conductor	Resistance of conductor at 20°C, R_{20} ^{a)}	Max. operating current $I_{\max}$ ^{b)}	Power-losses per conductor P_v	Max. operating current $I_{\max}$ ^{c)}	Power-losses per conductor P_v	Max. operating current $I_{\max}$ ^{d)}	Power-losses per conductor P_v
mm ²	mΩ/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
1,5	12,1	8	0,8	9	1,3	15	3,2
2,5	7,41	10	0,9	13	1,5	21	3,7
4	4,61	14	1,0	18	1,7	28	4,2
6	3,08	18	1,1	23	2,0	36	4,7
10	1,83	24	1,3	32	2,3	50	5,4
16	1,15	33	1,5	44	2,7	67	6,2
25	0,727	43	1,6	59	3,0	89	6,9
35	0,524	54	1,8	74	3,4	110	7,7
50	0,387	65	2,0	90	3,7	134	8,3
70	0,268	83	2,2	116	4,3	171	9,4
95	0,193	101	2,4	142	4,7	208	10,0
120	0,153	117	2,5	165	5,0	242	10,7
150	0,124			191	5,4	278	11,5
185	0,0991			220	5,7	318	12,0
240	0,0754			260	6,1	375	12,7

$$I_{\max} = I_{30} \times k_1 \times k_2$$

$$P_v = I_{\max}^2 \times R_{20} \times [1 + \alpha \times (T_c - 20 \text{ °C})]$$

- k_1 Reduction factor for air temperature inside the enclosure around the conductors (IEC 60364-5-52, Table A.52-14).
 $k_1 = 0,61$ for conductor temperature 70 °C, ambient temperature 55 °C.
 k_1 for other air temperatures: See Table H.2.
- k_2 Reduction factor for groups of more than one circuit (IEC 60364-5-52, Table A.52-17).
- α Temperature coefficient of resistance, $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$
- T_c Conductor temperature
- a) Values from IEC 60228, Table 2 (stranded conductors)
- b) Current carrying capacity I_{30} for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-4, col. 4 (Method of installation: Item 6 in table A.52-3). $k_2=0,8$ (item 1 in Table A.52-17, two circuits)
- c) Current carrying capacity I_{30} for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-10, col. 5 (Method of installation: Item F in table A.52-1). Values for cross-sections less than 25 mm² calculated following Annex C of IEC 60364-5-52. $k_2=0,88$ (item 4 in Table A.52-17, two circuits)
- d) Current carrying capacity I_{30} for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-10, col. 7 (Method of installation: Item G in Table A.52-1). Values for cross-sections less than 25 mm² calculated following Annex C of IEC 60364-5-52. ($k_2=1$)

Table H.2 – Reduction factor k_1 for cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52, Table A.52-14)

Air temperature inside the enclosure around the conductors °C	Reduction factor k_1
20	1,12
25	1,06
30	1,00
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50

NOTE If the operating current in Table H.1 is converted for other air temperatures using the reduction factor k_1 , then also the corresponding power losses must be calculated using the formula given above.

Table H.3 – Operating current and power loss of bare copper busbars with rectangular cross-section, run horizontally and arranged with their largest face vertical, frequency 50 Hz to 60 Hz (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C, temperature of the conductor 70 °C)

Height x thickness of bars	Cross-sectional area of bar	One bar per phase			Two bars per phase (spacing = thickness of bars)		
		k_3	Operating current	Power-losses per phase conductor P_v	k_3	Operating current	Power-losses per phase conductor P_v
mm × mm	mm ²		A	W/m		A	W/m
12 × 2	23,5	1,00	70	4,5	1,01	118	6,4
15 × 2	29,5	1,00	83	5,0	1,01	138	7,0
15 × 3	44,5	1,01	105	5,4	1,02	183	8,3
20 × 2	39,5	1,01	105	6,1	1,01	172	8,1
20 × 3	59,5	1,01	133	6,4	1,02	226	9,4
20 × 5	99,1	1,02	178	7,0	1,04	325	11,9
20 × 10	199	1,03	278	8,5	1,07	536	16,6
25 × 5	124	1,02	213	8,0	1,05	381	13,2
30 × 5	149	1,03	246	9,0	1,06	437	14,5
30 × 10	299	1,05	372	10,4	1,11	689	18,9
40 × 5	199	1,03	313	10,9	1,07	543	17,0
40 × 10	399	1,07	465	12,4	1,15	839	21,7
50 × 5	249	1,04	379	12,9	1,09	646	19,6
50 × 10	499	1,08	554	14,2	1,18	982	24,4
60 × 5	299	1,05	447	15,0	1,10	748	22,0
60 × 10	599	1,10	640	16,1	1,21	1 118	27,1
80 × 5	399	1,07	575	19,0	1,13	943	27,0
80 × 10	799	1,13	806	19,7	1,27	1 372	32,0
100 × 5	499	1,10	702	23,3	1,17	1 125	31,8
100 × 10	999	1,17	969	23,5	1,33	1 612	37,1
120 × 10	1 200	1,21	1 131	27,6	1,41	1 859	43,5

$$P_v = \frac{I^2 \times k_3}{\kappa \times A} \times [1 + \alpha \times (T_c - 20^\circ \text{C})]$$

where

P_v is the power loss per metre;

I is the operating current;

k_3 is the current displacement factor;

κ is the conductivity of copper, $\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2}$;

A is the cross-sectional area of bar;

α is the temperature coefficient of resistance, $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$;

T_c is the temperature of the conductor.

The operating currents can be converted for other ambient air temperatures inside the ASSEMBLY and/or for a conductor temperature of 90 °C by multiplying the values of Table H.3 by the corresponding factor k_4 from Table H.4. Then the power losses must be calculated using the formula given above accordingly.

Table H.4 – Factor k_4 for different temperatures of the air inside the ASSEMBLY and / or for the conductors

Air temperature inside the enclosure around the conductors °C	Factor k_4	
	Conductor temperature of 70 °C	Conductor temperature of 90 °C
20	2,08	2,49
25	1,94	2,37
30	1,82	2,26
35	1,69	2,14
40	1,54	2,03
45	1,35	1,91
50	1,18	1,77
55	1,00	1,62
60	0,77	1,48

It shall be considered that, dependent upon the design of the assembly, quite different ambient and busbar temperatures can occur, especially with higher operating currents.

Verification of the actual temperature rise under these conditions shall be determined by test. The power losses can then be calculated by the same method as used for this Table H.4.

At higher currents additional eddy current losses may be significant which are not included in the values of the table.

Annex J (normative)

Electromagnetic compatibility (EMC)

J.1 General

This normative annex applies to electromagnetic compatibility for ASSEMBLIES incorporating electronic circuits that are not in compliance with J.9.4.2.

The subclause numbering within this annex aligns with that of the body of the standard.

J.2 Terms and definitions

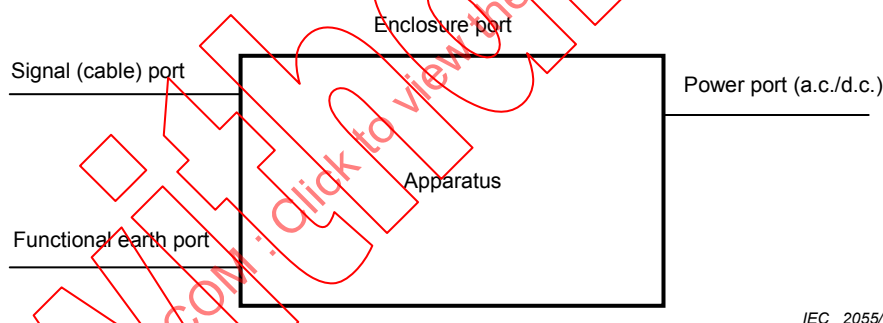
For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

(see Figure J.1)

J.3.8.12.1

port

particular interface of the specified apparatus with external electromagnetic environment



IEC 2055/08

Figure J.1 – Examples of ports

J.3.8.12.2

enclosure port

physical boundary of the apparatus through which electromagnetic fields may radiate or impinge on

J.3.8.12.3

functional earth port

port other than signal, control or power port, intended for connection to earth for purposes other than electrical safety

J.3.8.12.4

signal port

port at which a conductor or cable carrying information for transferring data is connected to the apparatus

NOTE Examples are data buses, communication networks, control networks.

J.3.8.12.5

power port

port at which a conductor or cable carrying the primary electrical power needed for the operation (functioning) of an apparatus or associated apparatus is connected to the apparatus

J.9.4 Performance requirements

J.9.4.1 General

For the majority of ASSEMBLIES applications falling within the scope of this standard, two sets of environmental conditions are considered and are referred to as

- a) Environment A;
- b) Environment B.

Environment A: relates to low-voltage non-public or industrial networks/locations/installations including highly disturbing sources.

NOTE 1 Environment A corresponds to Equipment Class A in CISPR 11 and to IEC 61000-6-4.

NOTE 2 Industrial locations are characterized by one or more of the following conditions:

- industrial, scientific and medical apparatus, e.g. working machines are present;
- heavy inductive or capacitive loads are frequently switched;
- currents and associated magnetic fields are high.

Environment B: relates to low-voltage public networks such as domestic commercial and light industrial locations/installations. Highly disturbing sources such as arc welders are not covered by this environment.

NOTE 3 Environment B corresponds to Equipment Class B in CISPR 11.

NOTE 4 The following list, although not comprehensive, gives an indication of locations which are included.

- residential properties, e.g. houses, apartments;
- retail outlets, e.g. shops, supermarkets;
- business premises, e.g. offices, banks;
- areas of public entertainment, e.g. cinemas, public bars, dance halls;
- outdoor locations, e.g. petrol stations, car parks, sport centres;
- light-industrial locations, e.g. workshops, laboratories, service centres.

The environmental condition A and/or B for which the ASSEMBLY is suitable shall be stated by the ASSEMBLY manufacturer.

J.9.4.2 Requirement for testing

ASSEMBLIES are in most cases manufactured or assembled on a one-off basis, incorporating a more or less random-combination of devices and components.

No EMC immunity or emission tests are required on final ASSEMBLIES if the following conditions are fulfilled:

- a) The incorporated devices and components are in compliance with the requirements for EMC for the stated environment (see J.9.4.1) as required by the relevant product or generic EMC standard.
- b) The internal installation and wiring is carried out in accordance with the devices and Components Manufacturers' instructions (arrangement with regard to mutual influences, cable, screening, earthing etc.)

In all other cases the EMC requirements are to be verified by tests as per J.10.12.

J.9.4.3 Immunity

J.9.4.3.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

Under normal service conditions, ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits are not sensitive to electromagnetic disturbances and therefore no immunity tests are required.

J.9.4.3.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

Electronic equipment incorporated in ASSEMBLIES shall comply with the immunity requirements of the relevant product or generic EMC standard and shall be suitable for the specified EMC environment stated by the ASSEMBLY manufacturer.

In all other cases the EMC requirements are to be verified by tests as per J.10.12.

Equipment utilizing electronic circuits in which all components are passive (for example diodes, resistors, varistors, capacitors, surge suppressors, inductors) are not required to be tested.

The ASSEMBLY manufacturer shall obtain from the device and or component manufacturer the specific performance criteria of the product based on the acceptance criteria given in the relevant product standard.

J.9.4.4 Emission

J.9.4.4.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

For ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits, electromagnetic disturbances can only be generated by equipment during occasional switching operations. The duration of the disturbances is of the order of milliseconds. The frequency, the level and the consequences of these emissions are considered as part of the normal electromagnetic environment of low-voltage installations. Therefore, the requirements for electromagnetic emission are deemed to be satisfied, and no verification is necessary.

J.9.4.4.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

Electronic equipment incorporated in the ASSEMBLY shall comply with the emission requirements of the relevant product or generic EMC standard and shall be suitable for the specific EMC environment stated by the ASSEMBLY manufacturer.

J.9.4.4.2.1 Frequencies of 9 kHz or higher

ASSEMBLIES incorporating electronic circuits (such as switched mode power supplies, circuits incorporating microprocessors with high-frequency clocks) may generate continuous electromagnetic disturbances.

For such emissions, these shall not exceed the limits specified in the relevant product standard, or the requirements of Table J.1 for environment A and/or Table J.2 for environment B shall apply. These tests are only required when the main and/or auxiliary circuits contain components with fundamental switching frequencies equal or greater than 9 kHz.

Tests are to be carried out as detailed in the relevant product standard, if any, otherwise according to J.10.12.

J.9.4.4.2.2 Frequencies lower than 9 kHz

ASSEMBLIES incorporating electronic circuits, which generate low frequency harmonics on the mains supply, shall comply with the requirements of IEC 61000-3-2 where applicable.

J.10.12 Tests for EMC

Functional units within ASSEMBLIES which do not fulfil the requirements of J.9.4.2 a) and b) shall be subjected to the following tests, as applicable.

The emission and immunity tests shall be carried out in accordance with the relevant EMC standard (see Tables J.1, J.2, J.3 and J.4); however, the ASSEMBLY manufacturer shall specify any additional measures necessary to verify the criteria of performance for the ASSEMBLIES if necessary (e.g. application of dwell times).

J.10.12.1 Immunity tests

J.10.12.1.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

No tests are necessary; see J.9.4.3.1.

J.10.12.1.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

Tests shall be made according to the relevant environment A or B. The values are given in Tables J.3 and/or J.4 except where a different test level is given in the relevant specific product standard and justified by the electronic components manufacturer.

Performance criteria shall be stated by the ASSEMBLIES manufacturer based on the acceptance criteria in Table J.5.

J.10.12.2 Emission tests

J.10.12.2.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

No tests are necessary; see J.9.4.4.1.

J.10.12.2.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

The ASSEMBLIES manufacturer shall specify the test methods used; see J.9.4.4.2.

Table J.1 – Emission limits for environment A

NOTE These limits have been copied from CISPR 11 without alteration.

Item	Frequency range MHz ^{a)}	Limits	Reference standard
Radiated emissions	30 – 230	30 dB (μV/m) quasi peak at 30 m ^{b)}	IEC 61000-6-4 or CISPR 11, Class A, Group 1
	230 – 1000	37 dB (μV/m) quasi peak at 30 m ^{b)}	
Conducted emissions	0,15 – 0,5	79 dB (μV) quasi peak 66 dB (μV) average	
	0,5 – 5	73 dB (μV) quasi peak 60 dB (μV) average	
	5 – 30	73 dB (μV) quasi peak 60 dB (μV) average	

a) The lower limit shall apply at the transition frequency.

b) May be measured at a distance of 10 m with the limits increased by 10 dB or at a distance of 3 m with the limits increased by 20 dB.

If the ASSEMBLY incorporates telecommunication ports, the emission requirements of CISPR 22, relevant to that port and to the selected environment, shall apply.

Table J.2 – Emission limits for environment B

NOTE These limits have been copied from CISPR 11 without alteration.

Item	Frequency range MHz ^{a)}	Limits	Reference standard
Radiated emissions	30 – 230	30 dB (μV/m) quasi peak at 10 m ^{b)}	CISPR 11 Class B, Group 1
	230 – 1000	37 dB (μV/m) quasi peak at 10 m ^{b)}	
Conducted emissions	0,15 – 0,5 The limits decrease linearly with the log of the frequency	66 dB (μV) – 56 dB (μV) quasi peak 56 dB (μV) – 46 dB (μV) average	
	0,5 – 5	56 dB (μV) quasi peak 46 dB (μV) average	
	5 – 30	60 dB (μV) quasi peak 50 dB (μV) average	

a) The lower limit shall apply at the transition frequency.

b) May be measured at a distance of 3 m with limits increased by 10 dB.

If the ASSEMBLY incorporates telecommunication ports, the emission requirements of CISPR 22, relevant to that port and to the selected environment, shall apply.

Table J.3 – Tests for EMC immunity for environment A
(see J.10.12.1)

Type of test	Test level required	Performance criterion ^{c)}
Electrostatic discharge immunity test IEC 61000-4-2	± 8 kV / air discharge or ± 4 kV / contact discharge	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test IEC 61000-4-3 at 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2 GHz	10 V/m on enclosure port	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 2 kV on power ports ± 1 kV on signal ports including auxiliary circuits and functional earth	B
1,2/50 μs and 8/20 μs surge immunity test IEC 61000-4-5 ^{a)}	± 2 kV (line to earth) on power ports, ± 1 kV (line to line) on power ports, ± 1 kV (line to earth) on signal ports	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	10 V on power ports, signal ports and functional earth.	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	30 A/m ^{b)} on enclosure port	A
Immunity to voltage dips and interruptions IEC 61000-4-11 ^{d)}	30 % reduction for 0,5 cycles 60 % reduction for 5 and 50 cycles >95 % reduction for 250 cycles	B C C
Immunity to harmonics in the supply IEC 61000-4-13	No requirements	
^{a)} For equipment and/or input/output ports with a rated d.c. voltage of 24 V or less tests are not required. ^{b)} Applicable only to apparatus containing devices susceptible to magnetic fields. ^{c)} Performance criteria are independent of the environment. See Table J.5. ^{d)} Applicable only to mains input power ports.		

**Table J.4 – Tests for EMC immunity for environment B
(see J.10.12.1)**

Type of test	Test level required	Performance criterion ^{c)}
Electrostatic discharge immunity test IEC 61000-4-2	± 8 kV / air discharge or ± 4 kV / contact discharge	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test IEC 61000-4-3 at 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2 GHz	3 V/m on enclosure port	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 1 kV on power ports $\pm 0,5$ kV on signal ports including auxiliary circuits and functional earth	B
1,2/50 μ s and 8/20 μ s surge immunity test IEC 61000-4-5 ^{a)}	$\pm 0,5$ kV (line to earth) for signal and power ports except for mains supply input port where ± 1 kV applies (line to earth) $\pm 0,5$ kV (line to line)	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	3 V on power ports, signal ports and functional earth.	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	3 A/m ^{b)} on enclosure port	A
Immunity to voltage dips and interruptions IEC 61000-4-11 ^{d)}	30 % reduction for 0,5 cycles 60 % reduction for 5 cycles >95 % reduction for 250 cycles	B C C
Immunity to harmonics in the supply IEC 61000-4-13	No requirements	
^{a)} For equipment and/or input/output ports with a rated d.c. voltage of 24 V or less tests are not required. ^{b)} Applicable only to apparatus containing devices susceptible to magnetic fields. ^{c)} Performance criteria are independent of the environment. See Table J.5. ^{d)} Applicable only to mains input power ports.		

Table J.5 – Acceptance criteria when electromagnetic disturbances are present

Item	Acceptance criteria (performance criteria during tests)		
	A	B	C
Overall performance	No noticeable changes of the operating characteristic Operating as intended	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset ^{a)}
Operation of power and auxiliary circuits	No maloperation	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable ^{a)}	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset ^{a)}
Operation of displays and control panels	No changes to visible display information Only slight light intensity fluctuation of LEDs, or slight movement of characters	Temporary visible changes or loss of information. Undesired LED illumination	Shut down. Permanent loss of display or wrong information Unpermitted operating mode Not self-recoverable
Information processing and sensing functions	Undisturbed communication and data interchange to external devices	Temporarily disturbed communication, with possible error reports of the internal and external devices	Erroneous processing of information Loss of data and/or information Errors in communication Not self-recoverable
a) Specific requirements shall be detailed in the product standard.			

Annex K (normative)

Protection by electrical separation

K.1 General

Electrical separation is a protective measure in which:

- basic protection (protection against direct contact) is provided by basic insulation between hazardous live parts and exposed conductive parts of a separated circuit, and
- fault protection (protection against indirect contact) is provided:
 - by simple separation of the separated circuit from other circuits and from earth;
 - by an earth-free protective equipotential bonding interconnecting exposed equipment parts of the separated circuit where more than one item of equipment is connected to the separated circuit.

Intentional connection of exposed conductive parts to a protective conductor or to an earth conductor is not permitted.

K.2 Electrical separation

Protection by electrical separation shall be ensured by compliance with all the requirements of K.2.1 to K.2.4.

K.2.1 Supply source

The circuit shall be supplied through a source that provides separation i.e.

- an isolating transformer, or
- a source of current providing a degree of safety equivalent to that of the isolating transformer specified above, for example a motor generator with windings providing equivalent isolation.

NOTE Ability to withstand a particularly high test voltage is recognized as a means of ensuring the necessary degree of isolation.

Mobile sources of supply connected to a supply system shall be selected in accordance with Clause K.3 (class II equipment or equivalent insulation).

Fixed sources of supply shall be either:

- selected in accordance with Clause K.3, or
- such that the output is separated from the input and from the enclosure by an insulation satisfying the conditions of Clause K.3; if such a source supplies several items of equipment, the exposed conductive parts of that equipment shall not be connected to the metallic enclosure of the source.

K.2.2 Selection and installation of supply source

K.2.2.1 Voltage

The voltage of the electrically separated circuit shall not exceed 500 V.

K.2.2.2 Installation

K.2.2.2.1 Live parts of the separated circuit shall not be connected at any point to another circuit or to earth.

To avoid the risk of a fault to earth, particular attention shall be given to the insulation of such parts from earth, especially for flexible cables and cords.

Arrangements shall ensure electrical separation not less than that between the input and output of an isolating transformer.

NOTE In particular the electrical separation is necessary between the live parts of electrical equipment such as relays, contactors, auxiliary switches and any part of another circuit.

K.2.2.2.2 Flexible cables and cords shall be visible throughout any part of their length liable to mechanical damage.

K.2.2.2.3 For separated circuits, the use of separate wiring systems is necessary. If the use of conductors of the same wiring system for the separated circuits and other circuits is unavoidable, multi-conductor cables without metallic covering, or insulated conductors in insulating conduit, ducting or trunking shall be used, provided that their rated voltage is not less than the highest voltage likely to occur, and that each circuit is protected against overcurrent.

K.2.3 Supply of a single item of apparatus

Where a single item of apparatus is supplied, the exposed conductive parts of the separated circuit shall not be connected either to the protective conductor or exposed conductive parts of other circuits.

NOTE If the exposed conductive parts of the separated circuit are liable to come into contact, either intentionally or fortuitously, with the exposed conductive parts of other circuits, protection against electric shock no longer depends solely on protection by electrical separation but on the protective measures to which the latter exposed conductive parts are subject.

K.2.4 Supply of more than one item of apparatus

If precautions are taken to protect the separated circuit from damage and insulation failure, a source of supply, complying with K.2.1, may supply more than one item of apparatus provided that all the following requirements are fulfilled.

- a) The exposed-conductive-parts of the separated circuit shall be connected together by insulated non-earthed equipotential bonding conductors. Such conductors shall not be connected to the protective conductors or exposed-conductive-parts of other circuits or to any extraneous conductive parts.

NOTE If the exposed-conductive-parts of the separated circuit are liable to come into contact, either intentionally or fortuitously, with the exposed-conductive-parts of other circuits, protection against electric shock no longer depends solely on protection by electrical separation but on the protective measures to which the latter exposed-conductive-parts are subject.

- b) All socket-outlets shall be provided with protective contacts which shall be connected to the equipotential bonding system provided in accordance with item a).
- c) Except where supplying class II equipment, all flexible cables shall embody a protective conductor for use as an equipotential bonding conductor.
- d) It shall be ensured that if two faults affecting two exposed conductive parts occur and these are fed by conductors of different polarity, a protective device shall disconnect the supply in a disconnecting time conforming to Table K.1.

Table K.1 – Maximum disconnecting times for TN systems

U_0^a V	Disconnecting time s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
a Values based on IEC 60038.	

For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 60038, the disconnecting time appropriate to the nominal voltage applies.

For intermediate values of voltage, the next higher value in the above table is to be used.

K.3 Class II equipment or equivalent insulation

Protection shall be provided by electrical equipment of the following types:

- Electrical equipment having double or reinforced insulation (class II equipment)
- ASSEMBLIES having total insulation see 8.4.3.4.

This equipment is marked with the symbol .

NOTE This measure is intended to prevent the appearance of dangerous voltage on the accessible parts of electrical equipment through a fault in the basic insulation.

Annex L (informative)

Clearances and creepage distances for North American region

Table L.1 – Minimum clearances in air

Rated operational voltage V	Minimum clearances mm	
	Phase to phase	Phase to earth
(150) ^a 125 or less	12,7	12,7
(151) ^a 126-250	19,1	12,7
251-600	25,4	25,4
^a Values in brackets are applicable in Mexico.		

Table L.2 – Minimum creepage distances

Rated operational voltage V	Minimum creepage distances, mm	
	Phase to phase	Phase to earth
(150) ^a 125 or less	19,1	12,7
(151) ^a 126-250	31,8	12,7
251-600	50,8	25,4
^a Values in brackets are applicable in Mexico.		

NOTE This is not a complete and exhaustive listing of all regulations that are specific to the North American marketplace.

Annex M (informative)

North American temperature rise limits

The temperature rise limitation permitted in North America are based upon the allowable rises permitted for the devices connected (wire connectors, cables, circuit breakers, etc.). In order to maintain the proper and safe performance of the entire electrical system, these must be taken into account. These requirements are mandated by the National Electrical Code, NFPA 70 (2002), Article 110.14-C, "Temperature Limitations". This document is published by the National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA. In Mexico these requirements are mandated by NOM-001-SEDE (2005).

Table M.1 – North American temperature rise limits

Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Unplated busbars	50
Plated busbars	65
Terminals except as covered below	50
Terminals for devices marked for use with 90 °C conductors, based upon 75 °C ampacity	60
Terminals for devices rated 110 A and less, if marked for use with 75 °C conductors	65

Bibliography

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-441:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050-826:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60092-302:1997, *Electrical installations in ships – Part 302: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60227-3:1997, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring*

IEC 60227-4:1992, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Sheathed cables for fixed wiring*

IEC 60245-3:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Heat resistant silicone insulated cables*

IEC 60245-4:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Cords and flexible cables*

IEC 60417-DB:2002, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60502-1:2004, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61241(all parts), *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust*

DIN 43671:1975, *Copper busbars; design for continuous current*

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	136
INTRODUCTION.....	139
1 Domaine d'application	140
2 Références normatives.....	140
3 Termes et définitions	143
3.1 Termes généraux	143
3.2 Unités de construction des ENSEMBLES	145
3.3 Présentation extérieure des ENSEMBLES.....	146
3.4 Eléments de construction des ENSEMBLES.....	146
3.5 Conditions d'installation des ENSEMBLES	148
3.6 Caractéristiques d'isolement	148
3.7 Protection contre les chocs électriques	151
3.8 Caractéristiques	153
3.9 Vérification	155
3.10 Fabricant.....	156
4 Symboles et abréviations.....	156
5 Caractéristiques d'interface	157
5.1 Généralités.....	157
5.2 Caractéristiques assignées de tension	157
5.2.1 Tension assignée (U_n) (de l'ENSEMBLE).....	157
5.2.2 Tension assignée d'emploi (U_g) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	157
5.2.3 Tension assignée d'isolement (U_i) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)	158
5.2.4 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) (de l' ENSEMBLE)	158
5.3 Caractéristiques assignées de courant	158
5.3.1 Courant assigné d'un ENSEMBLE (I_{nA})	158
5.3.2 Courant assigné d'un circuit (I_{nC})	158
5.3.3 Facteur de diversité assigné (RDF)	158
5.3.4 Courant assigné de crête admissible (I_{pk}).....	159
5.3.5 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)	159
5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel d'un ENSEMBLE (I_{cc}).....	159
5.4 Fréquence assignée (f_n).....	159
5.5 Autres caractéristiques	159
6 Informations	160
6.1 Marquage pour la désignation des ENSEMBLE.....	160
6.2 Documentation	160
6.2.1 Renseignements concernant l' ENSEMBLE	160
6.2.2 Instructions de manipulation, d'installation, de fonctionnement et de maintenance.....	161
6.3 Identification des appareils et/ou des composants	161
7 Conditions d'emploi	162
7.1 Conditions normales d'emploi.....	162
7.1.1 Température de l'air ambiant	162
7.1.2 Conditions atmosphériques	162
7.1.3 Degré de pollution	162
7.1.4 Altitude.....	163

7.2	Conditions spéciales d'emploi	163
7.3	Conditions au cours du transport, du stockage et de l'installation	164
8	Exigences de construction	164
8.1	Résistance des matériaux et des parties	164
8.1.1	Généralités	164
8.1.2	Protection contre la corrosion	164
8.1.3	Stabilité thermique	164
8.1.4	Résistance aux rayonnements ultraviolets	164
8.1.5	Résistance des matériaux isolants à la chaleur et au feu	164
8.1.6	Résistance mécanique	165
8.1.7	Dispositifs de levage	165
8.2	Degré de protection procuré par une enveloppe d'un ENSEMBLE	165
8.2.1	Protection contre les impacts mécaniques	165
8.2.2	Protection contre les contacts avec des parties actives, contre la pénétration de corps étrangers solides et de liquides	165
8.2.3	Degré de protection des parties démontables	166
8.3	Distances d'isolement et lignes de fuite	166
8.3.1	Généralités	166
8.3.2	Distances d'isolement	167
8.3.3	Lignes de fuite	167
8.4	Protection contre les chocs électriques	168
8.4.1	Généralités	168
8.4.2	Protection principale	168
8.4.3	Protection en cas de défaut	169
8.4.4	Limitation du courant de contact permanent et des charges électriques	173
8.4.5	Conditions de fonctionnement et d'entretien	173
8.5	Intégration des appareils de connexion et des composants	175
8.5.1	Parties fixes	175
8.5.2	Parties démontables	175
8.5.3	Choix des appareils de connexion et des composants	175
8.5.4	Installation des appareils de connexion et des composants	176
8.5.5	Accessibilité	176
8.5.6	Barrières	176
8.5.7	Sens de manœuvre et indication des positions de commande	176
8.5.8	Voyants lumineux et boutons-poussoirs	176
8.6	Circuits électriques internes et connexions	177
8.6.1	Circuits principaux	177
8.6.2	Circuits auxiliaires	177
8.6.3	Conducteurs nus et isolés	177
8.6.4	Choix et installation de conducteurs actifs non protégés pour réduire la possibilité de courts-circuits	178
8.6.5	Identification des conducteurs des circuits principaux et auxiliaires	178
8.6.6	Identification du conducteur de protection (PE, PEN) et du conducteur neutre (N) des circuits principaux	179
8.7	Refroidissement	179
8.8	Bornes pour conducteurs externes	179
9	Exigences de performance	181
9.1	Propriétés diélectriques	181
9.1.1	Généralités	181

9.1.2	Tension de tenue à fréquence industrielle	181
9.1.3	Tension de tenue aux chocs	181
9.1.4	Protection des dispositifs de protection contre les surtensions.....	181
9.2	Limites d'échauffement.....	181
9.3	Protection contre les courts-circuits et tenue aux courts-circuits	182
9.3.1	Généralités.....	182
9.3.2	Indications concernant la tenue aux courts-circuits	182
9.3.3	Relation entre le courant de crête et le courant de courte durée	183
9.3.4	Coordination des appareils de protection.....	183
9.4	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	183
10	Vérification de conception	183
10.1	Généralités.....	183
10.2	Résistance des matériaux et des parties	184
10.2.1	Généralités.....	184
10.2.2	Résistance à la corrosion	185
10.2.3	Propriétés des matériaux isolants	186
10.2.4	Tenue aux rayonnements ultraviolets (UV)	187
10.2.5	Levage	188
10.2.6	Impact mécanique	188
10.2.7	Marquages	188
10.3	Degré de protection procuré par les ENSEMBLES.....	189
10.4	Distances d'isolement et lignes de fuite.....	189
10.5	Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection	189
10.5.1	Efficacité du circuit de protection	189
10.5.2	Continuité du circuit de terre entre les masses de l'ENSEMBLE et le circuit de protection	189
10.5.3	Tenue aux courts-circuits du circuit de protection	190
10.6	Intégration des appareils de connexion et des composants	190
10.6.1	Généralités.....	190
10.6.2	Compatibilité électromagnétique.....	190
10.7	Circuits électriques internes et connexions.....	190
10.8	Bornes pour conducteurs externes	191
10.9	Propriétés diélectriques.....	191
10.9.1	Généralités.....	191
10.9.2	Tension de tenue à fréquence industrielle	191
10.9.3	Tension de tenue aux chocs	192
10.9.4	Essais des enveloppes en matériau isolant	193
10.10	Vérification de l'échauffement.....	194
10.10.1	Généralités	194
10.10.2	Vérification par des essais électriques	194
10.10.3	Déduction des caractéristiques pour des variantes analogues	200
10.10.4	Vérification par calcul.....	201
10.11	Tenue aux courts-circuits	204
10.11.1	Généralités	204
10.11.2	Circuits des ENSEMBLES qui sont exemptés de la vérification de la tenue aux courts-circuits	204
10.11.3	Vérification par l'application des règles de conception.....	205
10.11.4	Vérification par comparaison avec une conception de référence.....	205
10.11.5	Vérification par essai.....	205

10.12	Compatibilité électromagnétique (CEM)	210
10.13	Fonctionnement mécanique	211
11	Vérification individuelle de série	211
11.1	Généralités	211
11.2	Degré de protection procuré par les enveloppes	211
11.3	Distances d'isolement et lignes de fuite	211
11.4	Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection	212
11.5	Intégration de composants incorporés	212
11.6	Circuits électriques internes et connexions	212
11.7	Bornes pour conducteurs externes	212
11.8	Fonctionnement mécanique	212
11.9	Propriétés diélectriques	212
11.10	Câblage, performance et fonctionnement opérationnels	213
Annexe A (normative) Section minimale et maximale des conducteurs de cuivre convenant au raccordement des bornes pour conducteurs externes (voir 8.8)		222
Annexe B (normative) Méthode de calcul de la section des conducteurs de protection sous l'aspect des contraintes thermiques causées par les courants de courte durée		223
Annexe C (normative) Sujets soumis à accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur		224
Annexe D (informative) Vérification de la conception		227
Annexe E (informative) Facteur de diversité assigné		228
Annexe F (normative) Mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite		237
Annexe G (normative) Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs des matériels		243
Annexe H (informative) Courant de fonctionnement et puissance dissipée des conducteurs en cuivre		245
Annexe J (normative) Compatibilité électromagnétique (CEM)		249
Annexe K (normative) Protection par séparation électrique		257
Annexe L (informative) Distances d'isolement et lignes de fuite en Amérique du Nord		260
Annexe M (informative) Limites d'échauffement en Amérique du Nord		261
Bibliographie		262
Figure E.1 – ENSEMBLE type		229
Figure E.2 – Exemple 1: Tableau E.1 – Charge d'une unité fonctionnelle pour un ENSEMBLE de facteur de diversité assigné de 0,8		231
Figure E.3 – Exemple 2: Tableau E.1 – Charge d'une unité fonctionnelle pour un ENSEMBLE de facteur de diversité assigné de 0,8		232
Figure E.4 – Exemple 3: Tableau E.1 – Charge d'une unité fonctionnelle pour un ENSEMBLE de facteur de diversité assigné de 0,8		233
Figure E.5 – Exemple 4: Tableau E.1 – Charge d'une unité fonctionnelle pour un ENSEMBLE de facteur de diversité assigné de 0,8		234
Figure E.6 – Exemple de calcul d'effet thermique moyen		235
Figure E.7 – Exemple de graphique pour la relation entre le RDF équivalent et les paramètres en service intermittent à $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ à différentes durées de cycle		236
Figure E.8 – Exemple de graphique pour la relation entre le RDF équivalent et les paramètres en service intermittent à $I_1 = I_2$ (pas de surintensité de démarrage)		236
Figure F.1 – Mesurage des nervures		238

Figure J.1 – Exemples d'accès.....	249
Tableau 1 – Distances minimales d'isolement dans l'air ^{a)} (8.3.2).....	213
Tableau 2 – Lignes de fuite minimales (8.3.3).....	214
Tableau 3 – Section du conducteur de protection en cuivre (8.4.3.2.2)	215
Tableau 4 – Choix des conducteurs et exigences d'installation (8.6.4).....	215
Tableau 5 – Capacité minimale des bornes des conducteurs de protection en cuivre (PE, PEN) (8.8).....	215
Tableau 6 – Limites d'échauffement (9.2)	216
Tableau 7 – Valeurs pour le facteur n ^{a)} (9.3.3).....	217
Tableau 8 – Tension de tenue à fréquence industrielle pour les circuits principaux (10.9.2).....	217
Tableau 9 – Tension de tenue à fréquence industrielle pour les circuits auxiliaires et de commande (10.9.2).....	217
Tableau 10 – Tensions d'essai de tenue aux chocs (10.9.3).....	218
Tableau 11 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants assignés jusqu'à 400 A inclus (10.10.2.3.2).....	218
Tableau 12 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants assignés de 400 A à 4 000 A (10.10.2.3.2).....	219
Tableau 13 – Vérification de la tenue aux courts-circuits par les règles de conception: liste de vérification.....	220
Tableau 14 – Relation entre le courant de défaut présumé et le diamètre du fil de cuivre	221
Tableau A.1 – Section des conducteurs de cuivre convenant au raccordement aux bornes pour conducteurs externes	222
Tableau B.1 – Valeurs de k pour les conducteurs de protection isolés non incorporés aux câbles, ou pour les conducteurs de protection nus en contact avec le revêtement des câbles	223
Tableau C.1 – Sujets soumis à accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur	224
Tableau D.1 – Liste des vérifications de conception à effectuer	227
Tableau E.1 – Exemples de charges pour un ENSEMBLE de facteur de diversité assigné de 0,8	230
Tableau E.2 – Exemple de charge pour un groupe de circuits (Colonne B – Figure E.1) avec un facteur de diversité assigné de 0,9	234
Tableau E.3 – Exemple de charge d'un groupe de circuits (Tableau de sous-distribution – Figure E1) avec un facteur de diversité assigné de 0,9	235
Tableau F.1 – Largeur minimale des rainures	237
Tableau G.1 – Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs de l'équipement, dans le cas de la protection contre les surtensions par parafoudres conformes à la CEI 60099-1	244
Tableau H.1 – Courant de fonctionnement et puissance dissipée des câbles de cuivre monoconducteur avec une température admissible du conducteur de 70 °C (température ambiante à l'intérieur de l'ENSEMBLE: 55 °C)	245
Tableau H.2 – Facteur de réduction k_1 pour les câbles avec une température admissible du conducteur de 70 °C (extrait de la CEI 60364-5-52, Tableau A.52-14).....	246
Tableau H.3 – Courant de fonctionnement et puissance dissipée des jeux de barres en cuivre nu de section rectangulaire, cheminant horizontalement et disposés avec leur côté le plus grand vertical, fréquence 50 Hz à 60 Hz (température ambiante à l'intérieur de l'ENSEMBLE: 55 °C, température du conducteur 70 °C).....	247

Tableau H.4 – Facteur k_4 pour différentes températures de l'air à l'intérieur de l'ENSEMBLE et /ou pour les conducteurs	248
Tableau J.1 – Limites d'émission pour l'environnement A.....	253
Tableau J.2 – Limites d'émission pour l'environnement B.....	253
Tableau J.3 – Essais d'immunité CEM pour l'environnement A (voir J.10.12.1)	254
Tableau J.4 – Essais d'immunité CEM pour l'environnement B (voir J.10.12.1)	255
Tableau J.5 – Critères d'acceptation en présence de perturbations électromagnétiques	256
Tableau K.1 – Temps de coupure maximal pour les schémas TN.....	259
Tableau L.1 – Distances d'isolement minimales dans l'air	260
Tableau L.2 – Lignes de fuite minimales	260
Tableau M.1 – Limites d'échauffement en Amérique du Nord	261

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

Without watermark

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Règles générales

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61439-1 a été établie par le sous-comité 17D: Ensembles d'appareillage à basse tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Cette première édition de la CEI 61439-1 annule et remplace la quatrième édition de la CEI 60439-1(1999), et constitue une révision technique.

La présente édition de la CEI 61439-1 inclut les modifications techniques suivantes par rapport à la dernière édition de la CEI 60439-1:

- le double rôle de la CEI 60439-1 en tant que norme de produit à part entière et norme de règles générales pour les ensembles couverts par une partie de produit subsidiaire de la série CEI 60439 a été abandonné;
- en conséquence, la CEI 61439-1 est une norme purement de « règles générales » devant être appelée par les parties de produit subsidiaires de la série CEI 61439;
- la norme de produit remplaçant la CEI 60439-1 est la CEI 61439-2;

- la distinction entre les ensembles de série (ES) et les ensembles dérivés de série (EDS) est éliminée par l'approche de vérification;
- trois types différents mais équivalents de vérification des exigences sont introduits: la vérification par essai, la vérification par calcul/mesure, ou la vérification par la satisfaction de règles de conception;
- les exigences concernant les échauffements ont été clarifiées;
- le facteur de diversité assigné (RDF) est traité avec de plus amples détails;
- les exigences des enveloppes vides destinées aux ensembles (CEI 62208) ont été incorporées;
- la totalité de la structure de la norme est alignée avec sa nouvelle fonction comme norme de « règles générales ».

Toutefois, lorsqu'une référence datée à la CEI 60439-1 apparaît dans une autre partie de la série CEI 60439 applicable aux ensembles qui n'a pas encore été transposée dans la nouvelle série CEI 61439, c'est la norme annulée CEI 60439-1 qui continue de s'appliquer (voir l'Introduction ci-après).

Le texte de cette norme est basé sur les documents suivants:

CDV	Rapport de vote
17D/357/CDV	17D/362A/RVC

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

Dans cette norme, les termes figurant en petites capitales sont définis à l'Article 3.

Les commentaires concernant des pratiques nationales différentes («dans certains pays...») sont contenues dans les paragraphes suivants:

8.2.2

8.3.2

8.3.3

8.8

9.2

10.11.5.4

10.11.5.6.1

Annexe L

Annexe M

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61439, présentées sous le titre général *Ensembles d'appareillage à basse tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61439-1:2009

Withdrawing

INTRODUCTION

Le but de cette norme est d'harmoniser autant que cela est possible dans la pratique l'ensemble des règles et des exigences de nature générale qui sont applicables aux ensembles d'appareillage à basse tension (ENSEMBLES) afin d'obtenir une uniformité des exigences et de la vérification pour des ENSEMBLES et pour éviter toute vérification selon d'autres normes. C'est pourquoi l'ensemble des exigences des différentes normes applicables aux ENSEMBLES qui peuvent être considérées comme d'ordre général ont été rassemblées dans cette norme de base avec des aspects spécifiques dont la portée et l'application sont étendues, par exemple l'échauffement, les propriétés diélectriques, etc.

Pour chaque type d'ensemble d'appareillage à basse tension, seules deux normes principales sont nécessaires pour déterminer toutes les exigences et toutes les méthodes correspondantes de vérification:

- la présente norme de base désignée sous l'appellation « Partie 1 » dans les normes particulières couvrant les différents types d'ensembles d'appareillage à basse tension;
- la norme particulière applicable à un ENSEMBLE désignée ci-après sous l'appellation la norme d'ENSEMBLE applicable.

Pour qu'une règle générale s'applique dans une norme particulière d'ENSEMBLE, il convient que celle-ci soit citée explicitement en indiquant le numéro de l'article ou du paragraphe correspondant dans la présente norme avec la mention « Partie 1 » par exemple « 9.1.3 de la Partie 1 ».

Une norme particulière d'ENSEMBLE peut ne pas exiger et donc ne pas renvoyer à une règle générale lorsque cette règle n'est pas applicable ou elle peut ajouter des exigences si la règle générale est considérée comme inappropriée dans le cas particulier traité mais elle ne peut pas introduire de divergences sauf si une justification technique importante est donnée dans la norme particulière d'ENSEMBLE.

Les exigences de la présente norme qui sont sujettes à un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur sont rassemblées à l'Annexe C (informative). Ce planning facilite aussi la fourniture des informations sur les conditions de base et les spécifications supplémentaires de l'utilisateur afin de permettre la conception, l'application et l'utilisation correctes de l'ENSEMBLE.

Pour la nouvelle série re-structurée CEI 61439, les parties suivantes sont prévues:

- CEI 61439-1: Règles générales
- CEI 61439-2: ENSEMBLES d'appareillage de puissance (ENSEMBLES PSC)
- CEI 61439-3: Tableaux de répartition (en remplacement de la CEI 60439-3)
- CEI 61439-4: ENSEMBLES de chantiers (en remplacement de la CEI 60439-4)
- CEI 61439-5: ENSEMBLES pour la distribution d'énergie électrique (en remplacement de la CEI 60439-5)
- CEI 61439-6: Canalisations préfabriquées (en remplacement de la CEI 60439-2).

Cette liste n'est pas exhaustive; des parties supplémentaires peuvent être élaborées en fonction des besoins.

ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

NOTE 1 Dans la présente norme, le terme ENSEMBLE (voir 3.1.1) est utilisé pour désigner un ensemble d'appareillage à basse tension.

La présente partie de la CEI 61439 formule les définitions et indique les conditions d'emploi, les exigences de construction, les caractéristiques techniques et les exigences de vérification pour les ensembles d'appareillage à basse tension.

La présente norme s'applique, uniquement lorsque la norme d'ENSEMBLES applicable l'exige, aux ensembles d'appareillage à basse tension (ENSEMBLES) tels que décrits ci-après:

- ENSEMBLES dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu;
- ENSEMBLES fixes ou mobiles avec ou sans enveloppe;
- ENSEMBLES destinés à être utilisés avec des équipements conçus pour la production, le transport, la distribution et la conversion de l'énergie électrique et la commande des matériels consommant de l'énergie électrique;
- ENSEMBLES conçus pour être utilisés dans des conditions spéciales d'emploi, par exemple à bord de navires, de véhicules sur rails, pour les équipements en atmosphère explosive et pour des applications domestiques (utilisation par des personnes non qualifiées), à condition que les exigences spécifiques correspondantes soient respectées;

NOTE 2 Les exigences supplémentaires pour les ENSEMBLES à bord des navires sont couvertes par la CEI 60092-302.

NOTE 3 Les exigences supplémentaires pour les ENSEMBLES en atmosphères explosives sont couvertes par la série CEI 60079 et la série CEI 61241.

- ENSEMBLES conçus pour l'équipement électrique des machines. Les exigences supplémentaires pour les ENSEMBLES faisant partie d'une machine sont couvertes par la série CEI 60204.

Cette norme s'applique à tous les ENSEMBLES qu'ils soient conçus, fabriqués et vérifiés à l'unité ou qu'ils soient complètement normalisés et fabriqués en quantité.

La fabrication et/ou l'assemblage peut être réalisé(e) par un tiers qui n'est pas le fabricant d'origine (voir 3.10.1)

Cette norme ne peut pas être utilisée de manière isolée pour spécifier un ENSEMBLE ou dans le but d'établir la conformité.

Cette norme ne s'applique pas aux appareils individuels et aux composants indépendants, tels que démarreurs de moteurs, fusibles-interrupteurs, matériels électroniques, etc. qui seront conformes aux normes de produit les concernant.

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. En ce qui concerne les références non datées, la dernière édition du document référencé (y compris tout amendement) s'applique.

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60073:2002, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les indicateurs et des organes de commande*

CEI 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-11:1981, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

CEI 60085:2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60099-1:1991, *Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60204 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines*

CEI 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

CEI 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

CEI 60364-5-52:2001, *Installations électriques à basse tension – Partie 5-52: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Canalisations*

CEI 60364-5-53:2001, *Installations électriques à basse tension – Partie 5-53: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60364-5-54:2002, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

CEI 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of conductor terminations (disponible en anglais seulement)*

CEI 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or alphanumerics (disponible en anglais seulement)*

CEI 60447:2004, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de manoeuvre*

CEI 60529:2001, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60695-11-5:2004, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

CEI 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI 60890:1987, *Méthode de détermination par extrapolation des échauffements pour les ensembles d'appareillage à basse tension dérivés de série (EDS)*

CEI 60947-1:2004, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 61000-3-2:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

CEI 61000-4-2:2001, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essai d'immunité aux décharges électrostatiques – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-6:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-8:2001, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-11:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-13:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-6-4:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques: Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61082 (toutes les parties), *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique*

CEI/TR 61117:1992, *Méthode pour déterminer la tenue aux courts-circuits des ENSEMBLES d'appareillage dérivés de série (EDS)*

CEI 61180 (toutes les parties), *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension*

CEI 61201:2007, *Utilisation des tensions limites conventionnelles de contact – Guide d'application*

CEI 61346-1:1996, *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence – Partie 1: Règles de base*

CEI 61346-2, *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence – Partie 2 : Classification des objets et codes pour les classes*

CEI 62208:2002, *Enveloppes vides destinées aux appareillages à basse tension – Règles générales*

CEI 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

ISO 178:2001, *Plastiques – Détermination des propriétés de flexion*

ISO 179 (toutes les parties), *Plastiques – Détermination des propriétés au choc Charpy*

ISO 2409: 1992, *Peintures et vernis – Essai de quadrillage*

ISO 4628-3:2003, *Peintures et vernis – Evaluation de la dégradation des revêtements; Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect – Partie 3: Evaluation du degré d'enrouillement*

ISO 4892-2:1994, *Plastiques – Méthodes d'exposition à des sources lumineuses de laboratoire – Partie 2: Sources à arc au xénon*

CISPR 11: 2004, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 22: 2006, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions qui suivent s'appliquent.

3.1 Termes généraux

3.1.1

ensemble d'appareillage à basse tension (ENSEMBLE)

combinaison d'un ou de plusieurs appareils de connexion à basse tension avec les matériels associés de commande, de mesure, de signalisation, de protection, de régulation, avec toutes leurs liaisons internes mécaniques et électriques et leurs éléments de construction

3.1.2

système ENSEMBLE

gamme complète de composants électriques et mécaniques (enveloppes, jeux de barres, unités fonctionnelles, etc.) tels que définis par le fabricant d'origine et pouvant être assemblés selon les instructions du fabricant d'origine en vue de la fabrication de différents ENSEMBLES

3.1.3

circuit principal (d'un ENSEMBLE)

toutes les pièces conductrices d'un ENSEMBLE qui font partie d'un circuit destiné à transporter l'énergie électrique

[VEI 441-13-02: 2007]

3.1.4

circuit auxiliaire (d'un ENSEMBLE)

toutes les pièces conductrices d'un ENSEMBLE insérées dans un circuit (autre que le circuit principal) destinées à la commande, la mesure, la signalisation, la régulation et au traitement de données, etc.

NOTE Les circuits auxiliaires d'un ENSEMBLE comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

[VEI 441-13-03: 2007, modifiée]

3.1.5

jeu de barres

conducteur de faible impédance auquel plusieurs circuits électriques peuvent être raccordés séparément

NOTE Le terme « jeu de barres » ne préjuge pas de la forme géométrique, de la taille ou des dimensions du conducteur.

3.1.6

jeu de barres principal

jeu de barres auquel un ou plusieurs jeux de barres de distribution et/ou des unités d'arrivée et de départ peuvent être raccordés

3.1.7

jeu de barres de distribution

jeu de barres à l'intérieur d'une colonne qui est raccordé à un jeu de barres principal et à partir duquel des unités de départ sont alimentées

3.1.8

unité fonctionnelle

partie d'un ENSEMBLE comprenant tous les éléments mécaniques et électriques qui concourent à l'exécution d'une seule fonction

NOTE Des conducteurs reliés à une unité fonctionnelle mais extérieurs à son compartiment ou espace protégé clos (par exemple câbles auxiliaires reliés à un compartiment commun) ne sont pas considérés comme faisant partie de l'unité fonctionnelle.

3.1.9

unité d'arrivée

unité fonctionnelle à travers laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à l'ENSEMBLE

3.1.10

unité de départ

unité fonctionnelle à travers laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à un ou plusieurs circuits de départ

3.2 Unités de construction des ENSEMBLES

3.2.1

partie fixe

partie constituée d'éléments assemblés et câblés entre eux sur un support commun et qui est destinée à être fixée à demeure

3.2.2

partie amovible

partie qui est destinée à être entièrement enlevée de l'ENSEMBLE et remplacée même lorsque le circuit auquel elle est raccordée peut être sous tension

3.2.3

position raccordée

position d'une partie démontable lorsque celle-ci est entièrement raccordée pour la fonction à laquelle elle est destinée

3.2.4

position retirée

position d'une partie démontable quand celle-ci se trouve à l'extérieur de l'ENSEMBLE et en est séparée mécaniquement et électriquement

3.2.5

verrouillage d'insertion

dispositif empêchant l'introduction d'une partie démontable dans un compartiment pour laquelle elle n'est pas conçue

3.2.6

connexion fixe

connexion qui est connectée ou déconnectée au moyen d'un outil

3.2.7

colonne

unité de construction d'un ENSEMBLE entre deux séparations verticales successives

3.2.8

élément de colonne

unité de construction d'un ENSEMBLE entre deux séparations horizontales ou verticales successives à l'intérieur d'une colonne

3.2.9

compartiment

colonne ou élément de colonne sous enveloppe à l'exception des ouvertures nécessaires aux raccordements, à la commande ou à la ventilation

3.2.10

unité de transport

partie d'un ENSEMBLE ou ENSEMBLE complet pouvant être transporté sans être démonté

3.2.11

volet

partie qui peut être déplacée:

- entre une position dans laquelle elle permet l'embrochage des contacts de parties amovibles ou débrochables sur des contacts fixes, et
- une position dans laquelle elle constitue une partie d'un panneau ou d'une cloison protégeant les contacts fixes

[VEI 441-13-07: 1984, modified]

3.3 Présentation extérieure des ENSEMBLES

3.3.1

ENSEMBLE ouvert

ENSEMBLE constitué d'un châssis qui supporte l'équipement électrique, les parties actives de l'équipement électrique étant accessibles

3.3.2

ENSEMBLE ouvert à protection frontale

ENSEMBLE ouvert avec un panneau avant; les parties actives peuvent être accessibles à partir des autres faces que la face avant

3.3.3

ENSEMBLE sous enveloppe

ENSEMBLE comportant une paroi sur toutes les faces, sauf éventuellement sur la surface de montage, de façon à assurer un degré de protection défini

3.3.4

ENSEMBLE en armoire

ENSEMBLE sous enveloppe reposant sur le sol, pouvant comprendre plusieurs colonnes, éléments de colonnes ou compartiments

3.3.5

ENSEMBLE en armoires multiples

combinaison d'ENSEMBLES en armoires mécaniquement assujettis

3.3.6

ENSEMBLE en pupitre

ENSEMBLE sous enveloppe présentant un pupitre de commande horizontal ou incliné, ou une combinaison des deux et équipé d'appareils de commande, de mesure, de signalisation, etc.

3.3.7

ENSEMBLE en coffret

ENSEMBLE sous enveloppe, prévu pour être monté sur un plan vertical

3.3.8

ENSEMBLE en coffrets multiples

combinaison d'ENSEMBLES en coffrets reliés mécaniquement entre eux, avec ou sans charpente commune, les liaisons électriques entre deux coffrets voisins passant par les ouvertures aménagées sur les faces qui leur sont communes

3.3.9

ENSEMBLE pour fixation en saillie sur mur

ENSEMBLE destiné à être fixé sur la surface d'un mur

3.3.10

ENSEMBLE à encastrer dans un mur

ENSEMBLE destiné à être installé dans un encastrement de mur, lorsque l'enveloppe ne supporte pas la partie de mur située au-dessus

3.4 Éléments de construction des ENSEMBLES

3.4.1

châssis

structure faisant partie d'un ENSEMBLE et prévue pour supporter divers constituants de l'ENSEMBLE et, le cas échéant, une enveloppe

3.4.2**charpente**

structure ne faisant pas partie d'un ENSEMBLE, prévue pour supporter un ENSEMBLE

3.4.3**plaque de montage**

support plan prévu pour supporter divers constituants et pouvant être installé dans un ENSEMBLE

3.4.4**cadre**

structure prévue pour supporter divers constituants et pouvant être installée dans un ENSEMBLE

3.4.5**enveloppe**

enceinte assurant le type et le degré de protection approprié pour l'application prévue

[VEI 195-02-35: 1998]

3.4.6**panneau**

partie extérieure de l'enveloppe d'un ENSEMBLE

3.4.7**porte**

panneau pivotant ou glissant

3.4.8**panneau amovible**

panneau destiné à fermer une ouverture dans l'enveloppe extérieure et qui peut être enlevé pour effectuer certaines opérations d'exploitation et de maintenance

3.4.9**plaque de fermeture**

partie d'un ENSEMBLE utilisée pour fermer une ouverture dans l'enveloppe extérieure et conçue pour être fixée par vis ou moyens semblables

NOTE 1 Elle n'est pas normalement enlevée après la mise en service de l'équipement.

NOTE 2 La plaque de fermeture peut être munie d'entrées de câble.

3.4.10**cloison**

partie de l'enveloppe d'un compartiment le séparant des autres compartiments

3.4.11**barrière**

partie assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès

[VEI 195-06-15: 1998, modifiée]

3.4.12**obstacle**

élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à un contact direct par une action délibérée

[VEI 195-06-16: 1998, modifiée]

NOTE Les obstacles sont destinés à empêcher tout contact fortuit avec les parties actives mais pas un contact fortuit par contournement délibéré de l'obstacle. Ils sont destinés à protéger les personnes qualifiées ou averties mais pas les personnes ordinaires.

3.4.13

écran de bornes

partie renfermant des bornes et procurant un degré de protection défini contre l'accès aux parties actives par des personnes ou des objets

3.4.14

entrée de câbles

partie comportant des ouvertures permettant le passage de câbles à l'intérieur de l'ENSEMBLE

3.4.15

espace protégé clos

partie d'un ENSEMBLE destinée à enfermer des composants électriques et procurant une protection définie contre les influences externes et les contacts avec les parties actives

3.5 Conditions d'installation des ENSEMBLES

3.5.1

ENSEMBLE pour installation à l'intérieur

ENSEMBLE destiné à être utilisé dans des locaux où les conditions normales d'emploi pour l'intérieur, spécifiées en 7.1, sont satisfaites

3.5.2

ENSEMBLE pour installation à l'extérieur

ENSEMBLE destiné à être utilisé dans des locaux où les conditions normales d'emploi pour l'extérieur, spécifiées en 7.1, sont satisfaites

3.5.3

ENSEMBLE fixe

ENSEMBLE destiné à être fixé à son emplacement d'installation, par exemple au sol ou sur un mur, et à être utilisé à cet emplacement

3.5.4

ENSEMBLE mobile

ENSEMBLE prévu pour pouvoir être facilement déplacé d'un emplacement d'utilisation à un autre

3.6 Caractéristiques d'isolement

3.6.1

distance d'isolement

distance entre deux parties conductrices le long d'un fil tendu suivant le plus court trajet possible entre ces deux parties conductrices

[VEI 441-17-31: 2007]

3.6.2

ligne de fuite

distance la plus courte, le long de la surface d'un isolant, entre deux parties conductrices

[VEI 151-15-50: 2001]

NOTE Un joint entre deux portions d'isolant est considéré comme faisant partie de la surface.

3.6.3

surtension

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent dans les conditions normales de fonctionnement

[définition 3.7 de CEI 60664-1: 2007]

3.6.4

surtension temporaire

surtension à fréquence industrielle de durée relativement longue (plusieurs secondes)

[définition 3.7.1 de CEI 60664-1: 2007, modifiée]

3.6.5

surtension transitoire

surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

[VEI 604-03-13: 1987]

3.6.6

tension de tenue à fréquence industrielle

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

[définition 2.5.56 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.7

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions d'essai spécifiées

[définition 3.8.1 de CEI 60664-1: 2007]

3.6.8

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux, qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[définition 3.11 de CEI 60664-1: 2007, modifiée]

3.6.9

degré de pollution (des conditions d'environnement)

nombre conventionnel, basé sur la quantité de poussières conductrices ou hygroscopiques, de gaz ionisés ou de sels et sur l'humidité relative et sa fréquence d'apparition se traduisant par l'absorption ou la condensation d'humidité, ayant pour effet de diminuer la rigidité diélectrique et/ou la résistivité superficielle

NOTE 1 Le degré de pollution auquel les matériaux isolants des dispositifs et des composants sont exposés peut être différent de celui du macro-environnement dans lequel les appareils et les composants sont situés, en raison de la protection assurée par des moyens tels qu'une enveloppe ou un chauffage interne empêchant l'absorption ou la condensation d'humidité.

NOTE 2 Dans le cadre de la présente norme, le degré de pollution est celui du micro-environnement.

[définition 2.5.58 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.10

micro-environnement (d'une distance d'isolement ou d'une ligne de fuite)

conditions ambiantes à proximité immédiate des distances d'isolement ou des lignes de fuite considérées

NOTE C'est le micro-environnement des lignes de fuite ou des distances d'isolement et non l'environnement de l'ENSEMBLE ou des constituants qui détermine l'effet sur l'isolation. Le micro-environnement peut être meilleur ou pire que l'environnement de l'ENSEMBLE ou des constituants. Il comprend tous les facteurs influant sur l'isolation, tels que conditions climatiques, influences électromagnétiques, production de pollution, etc.

[définition 2.5.59 de la CEI 60947-1: 2007, modifiée]

3.6.11

catégorie de surtension (d'un circuit ou dans un réseau)

nombre conventionnel, basé sur la limitation (ou la commande) des valeurs de surtensions transitoires présumées apparaissant dans un circuit (ou dans un réseau où existent des sections de tensions nominales différentes) et dépendant des moyens employés pour agir sur ces surtensions

NOTE Dans un réseau, le passage d'une catégorie de surtension à une autre catégorie inférieure est réalisé à l'aide de moyens appropriés répondant aux exigences d'interface, tels qu'un dispositif de protection contre les surtensions ou des impédances disposées en série et/ou en parallèle capables de dissiper, d'absorber ou de détourner l'énergie du courant de surcharge correspondant, afin d'abaisser la valeur des surtensions transitoires jusqu'à celle qui correspond à la catégorie de surtension inférieure recherchée.

[définition 2.5.60 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.12

parafoudre

appareil destiné à protéger le matériel électrique contre les surtensions transitoires élevées et à limiter la durée et souvent l'amplitude du courant de suite

[définition 2.2.22 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.13

coordination de l'isolement

correspondance des caractéristiques d'isolement du matériel électrique, d'une part avec les surtensions attendues et avec les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions et, d'autre part, avec le micro-environnement attendu et les moyens de protection contre la pollution

[définition 2.5.61 de la CEI 60947-1: 2007, modifiée]

3.6.14

champ homogène (uniforme)

champ électrique dont le gradient de tension est essentiellement constant entre les électrodes, comme c'est le cas entre deux sphères où le rayon de chacune est plus grand que la distance qui les sépare

[définition 2.5.62 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.15

champ non homogène (non uniforme)

champ électrique dont le gradient de tension entre les électrodes n'est pas essentiellement constant

[définition 2.5.63 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.16

cheminement

formation progressive de trajets conducteurs produits à la surface d'un isolant solide sous l'effet combiné des contraintes électriques et de la contamination électrolytique de cette surface

[définition 2.5.64 de la CEI 60947-1: 2007]

3.6.17**indice de résistance au cheminement****IRC**

valeur numérique de la tension maximale, exprimée en volts, pour laquelle un matériau supporte sans cheminer le dépôt de 50 gouttes d'une solution d'essai

NOTE Il convient que la valeur de chaque tension d'essai et de l'indice de résistance au cheminement soit divisible par 25.

[définition 2.5.65 de la CEI 60947-1: 2004, modifiée]

3.6.18**décharge disruptive**

phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique et dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

NOTE 1 Une décharge disruptive dans un diélectrique solide produit une perte permanente de rigidité diélectrique; dans un diélectrique liquide ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée.

NOTE 2 Le terme « décharge » est utilisé lorsqu'une décharge disruptive se produit dans un diélectrique liquide ou gazeux.

NOTE 3 Le terme « amorçage » est utilisé lorsqu'une décharge disruptive se produit à la surface d'un diélectrique dans un milieu gazeux ou liquide.

NOTE 4 Le terme « perforation » est utilisé lorsqu'une décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

3.7 Protection contre les chocs électriques**3.7.1****partie active**

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN

NOTE Ce terme n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[VEI 195-02-19: 1998]

3.7.2**partie active dangereuse**

partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[VEI 195-6-5: 1998]

3.7.3**masse**

partie conductrice d'un ENSEMBLE, susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut devenir une partie active dangereuse en cas de défaut

[VEI 826-12-10: 2007, modifiée]

3.7.4**conducteur de protection****(identification: PE)**

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[VEI 826-13-22:2007]

NOTE Par exemple, un conducteur de protection peut raccorder électriquement les parties suivantes:

- masses;
- parties conductrices externes;

- borne principale de terre;
- prise de terre;
- point de l'alimentation relié à la terre ou point neutre artificiel.

3.7.5

conducteur (de) neutre

N

conducteur relié électriquement au point neutre et pouvant contribuer à la distribution de l'énergie électrique

[VEI 195-02-06: 1998, modifiée]

3.7.6

conducteur PEN

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de neutre

[VEI 195-02-12: 1998]

3.7.7

courant de défaut

courant résultant d'un défaut de l'isolation, du contournement de l'isolation ou d'un raccordement incorrect dans un circuit électrique

3.7.8

protection principale

protection contre les chocs électriques en l'absence de défaut

[VEI 195-06-01: 1998]

NOTE La protection principale est destinée à empêcher tout contact avec les parties actives et elle correspond généralement à la protection contre les contacts directs.

3.7.9

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

[VEI 195-06-06: 1998]

NOTE Cette notion n'est pas applicable à l'isolation exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles.

3.7.10

protection en cas de défaut

protection contre les chocs électriques en condition de premier défaut (par exemple en cas de défaillance de l'isolation principale)

[VEI 195-06-02. Amendement 1: 2001, modifiée]

NOTE La protection en cas de défaut correspond généralement à la protection contre les contacts indirects, essentiellement en cas de défaillance de l'isolation principale.

3.7.11

très basse tension (TBT)

toute tension ne dépassant pas la limite de tension correspondante spécifiée dans la CEI 61201

3.7.12

personne qualifiée

personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[VEI 826-18-01: 2007]

3.7.13

personne avertie

personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées en électricité pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[VEI 826-18-02:2007]

3.7.14

personne ordinaire

personne qui n'est ni une personne qualifiée ni une personne avertie

[VEI 826-18-03: 2007]

3.7.15

personne autorisée

personne qualifiée ou avertie qui a reçu l'autorisation de réaliser des travaux définis

3.8 Caractéristiques

3.8.1

valeur nominale

valeur d'une grandeur, utilisée pour dénommer et identifier un composant, un dispositif, un matériel ou un système

[VEI 151-16-09: 2001]

NOTE La valeur nominale est généralement une valeur arrondie

3.8.2

valeur limite

dans une spécification d'un composant, dispositif, matériel ou système, la plus grande ou la plus petite valeur admissible d'une grandeur

[VEI 151-16-10: 2001]

3.8.3

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

[VEI 151-16-08: 2001]

3.8.4

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

[VEI 151-16-11: 2001]

3.8.5

courant de court-circuit (I_c)

surintensité résultant d'un court-circuit dû à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique

[VEI 441-11-07: 2007]

3.8.6

courant de court-circuit présumé (I_{cp})

courant qui circule lorsque les conducteurs d'alimentation du circuit sont court-circuités par un conducteur d'impédance négligeable placé aussi près que possible en pratique des bornes d'alimentation de cet ENSEMBLE

NOTE Un courant de court-circuit présumé comprend un courant de crête présumé (voir VEI 441-17-02) et, lorsque cela est applicable, un courant symétrique présumé dans un circuit en courant alternatif (voir VEI 441-17-03).

3.8.7

courant coupé limité

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un appareil de connexion ou un fusible

NOTE Cette notion a une importance particulière si l'appareil de connexion ou le fusible fonctionne de telle manière que le courant de crête présumé du circuit n'est pas atteint.

[VEI 441-17-12: 2007]

3.8.8 caractéristiques assignées de tension

3.8.8.1

tension assignée (U_n)

valeur nominale la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu (efficace) déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES à laquelle le circuit principal ou les circuits principaux de L'ENSEMBLE est/sont destiné(s) à être raccordé(s)

NOTE 1 Pour les circuits polyphasés, il s'agit de la tension entre phases.

NOTE 2 Les transitoires sont ignorées.

NOTE 3 La valeur de la tension d'alimentation peut dépasser la tension assignée dans les limites des tolérances admissibles du réseau.

3.8.8.2

tension assignée d'emploi (U_e) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

valeur de tension déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES qui, combinée au courant assigné détermine son application

NOTE Pour les circuits polyphasés, il s'agit de la tension entre phases.

3.8.8.3

tension assignée d'isolement (U_i)

valeur efficace de tension de tenue fixée par le fabricant d'ENSEMBLES aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

[définition 3.9.1 de la CEI 60664-1: 2007, modifiée]

NOTE 1 Pour les circuits polyphasés, il s'agit de la tension entre phases.

NOTE 2 La tension assignée d'isolement n'est pas nécessairement égale à la tension assignée d'emploi des matériels qui est principalement liée aux caractéristiques fonctionnelles.

NOTE 3 Il s'agit de la valeur à laquelle on se réfère pour les tensions d'essais diélectriques et pour les lignes de fuite, voir aussi 8.3.

3.8.8.4

tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

valeur de tension de tenue aux chocs déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES caractérisant la capacité de tenue spécifiée de l'isolation contre des surtensions transitoires

[définition 3.9.2 de la CEI 60664-1: 2007, modifiée]

3.8.9 caractéristiques assignées de courant

3.8.9.1

courant assigné (I_n)

valeur de courant fixée par le fabricant d'ENSEMBLES en prenant en compte les caractéristiques assignées des composants, leur disposition et leur application sans que l'échauffement des différentes parties de l'ENSEMBLE ne dépassent les limites spécifiées dans des conditions données

3.8.9.2

courant assigné de crête admissible (I_{pk})

valeur de crête du courant de court-circuit déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES à laquelle il peut être résisté dans des conditions spécifiées

3.8.9.3

courant assigné de courte durée admissible (I_{cw})

valeur efficace du courant de courte durée, déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES, qui peut être transporté sans dommage dans des conditions spécifiées, définies en termes de courant et de durée

3.8.9.4

courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc})

valeur du courant de court-circuit présumé déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES à laquelle un circuit protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits peut résister pendant la durée totale de fonctionnement (délai de fonctionnement) de ce dispositif dans des conditions spécifiées

NOTE Le dispositif de protection contre les courts-circuits peut soit former une partie intégrante de l'ENSEMBLE, soit être une unité séparée.

3.8.10

facteur de diversité assigné (*rated diversity factor*)

RDF

valeur par unité du courant assigné fixée par le fabricant d'ENSEMBLES à laquelle les circuits de départ d'un ENSEMBLE peuvent être chargés de manière continue et simultanée tenant compte des influences thermiques mutuelles

3.8.11

fréquence assignée (f_n)

valeur de fréquence déclarée par le fabricant d'ENSEMBLES qui désigne un circuit et à laquelle se réfèrent les conditions d'emploi

3.8.12

compatibilité électromagnétique CEM

NOTE Pour les termes et définitions liés à la CEM, voir J.3.8.12.1 à J.3.8.12.6 de l'Annexe J.

3.9 Vérification

3.9.1

vérification de la conception

vérification réalisée sur un échantillon d'un ENSEMBLE ou sur des parties d'ENSEMBLES pour montrer que la conception satisfait aux exigences de la norme applicable

NOTE La vérification de la conception peut inclure une ou plusieurs approches équivalentes et alternatives comportant des essais, des calculs, des mesures physiques ou l'application des règles de conception.

3.9.2

essai de vérification

essai réalisé sur un échantillon d'un ENSEMBLE ou sur des parties d'ENSEMBLES pour vérifier que la conception satisfait aux exigences de la norme applicable

NOTE Les essais de vérification sont équivalents aux essais de type.

3.9.3

évaluation de vérification

vérification de conception des règles strictes de conception ou des calculs appliqués à un échantillon d'un ENSEMBLE ou à des parties d'ENSEMBLES pour montrer que la conception satisfait aux exigences de la norme applicable

3.9.4

règle de conception

règle spécifiée pour la conception d'un ENSEMBLE qui peut être appliquée comme variante à l'essai de vérification

3.9.5

vérification individuelle de série

vérification de chaque ENSEMBLE réalisée au cours et/ou à l'issue de la fabrication pour confirmer qu'il est conforme aux exigences de la norme applicable

3.10 Fabricant

3.10.1

fabricant d'origine

organisme qui a réalisé la conception d'origine et la vérification associée d'un ENSEMBLE conformément à la présente norme

3.10.2

fabricant d'ENSEMBLES

organisme prenant la responsabilité de l'ENSEMBLE fini

NOTE Le fabricant d'ENSEMBLES peut être un organisme différent du fabricant d'origine.

4 Symboles et abréviations

Liste alphabétique des termes avec leurs symboles et abréviations accompagnés de la référence du paragraphe où ils sont utilisés la première fois:

Symbole/Abréviation	Terme	Paragraphe
IRC	indice de résistance au cheminement	3.6.17
TBT	très basse tension	3.7.11
CEM	compatibilité électromagnétique	3.8.12
I_c	courant de court-circuit	3.8.5
f_n	fréquence assignée	3.8.11
I_{cc}	courant assigné de court-circuit conditionnel	3.8.9.4
I_{cp}	courant de court-circuit présumé	3.8.6
I_{cw}	courant assigné de courte durée admissible	3.8.9.3

I_n	courant assigné	3.8.9.1
I_{nA}	courant assigné d'un ENSEMBLE	5.3.1
I_{nc}	courant assigné d'un circuit	5.3.2
I_{pk}	courant assigné de crête admissible	3.8.9.2
N	conducteur neutre	3.7.5
PE	conducteur de protection	3.7.4
PEN	conducteur PEN	3.7.6
RDF	facteur de diversité assigné	3.8.10
SCPD	dispositif de protection contre les courts circuits	3.8.9.4
SPD	parafoudre	3.6.12
U_e	tension assignée d'emploi	3.8.8.2
U_i	tension assignée d'isolement	3.8.8.3
U_{imp}	tension assignée de tenue aux chocs	3.8.8.4
U_n	tension assignée	3.8.8.1

5 Caractéristiques d'interface

5.1 Généralités

Les caractéristiques de l'ENSEMBLE doivent assurer la compatibilité avec les caractéristiques assignées des circuits auxquels il est raccordé et avec les conditions d'installation et elles doivent être spécifiées par le fabricant d'ENSEMBLES en utilisant les critères identifiés de 5.2 à 5.5.

5.2 Caractéristiques assignées de tension

5.2.1 Tension assignée (U_n) (de l'ENSEMBLE)

Le fabricant d'ENSEMBLES doit indiquer la/les tension(s) nécessaire(s) au fonctionnement correct de l'ENSEMBLE.

5.2.2 Tension assignée d'emploi (U_e) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Si elle est différente de la tension assignée de l'ensemble, le fabricant d'ENSEMBLES doit établir la tension assignée d'emploi du circuit.

La tension assignée d'emploi maximale d'un quelconque circuit de l'ENSEMBLE ne doit pas dépasser sa tension assignée d'isolement.

5.2.3 Tension assignée d'isolement (U_i) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

La tension assignée d'isolement d'un circuit d'un ENSEMBLE est la valeur de tension à laquelle on se réfère pour les essais diélectriques et pour les lignes de fuite.

La tension assignée d'isolement d'un circuit doit être supérieure ou égale aux valeurs établies pour U_n et pour U_e pour le même circuit.

NOTE Pour les circuits monophasés provenant des schémas IT (voir CEI 60364-5-52), il convient que la tension assignée d'isolement soit au moins égale à la tension entre les phases de l'alimentation.

5.2.4 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) (de l' ENSEMBLE)

La tension assignée de tenue aux chocs doit être supérieure ou égale aux valeurs indiquées pour les surtensions transitoires qui apparaissent dans le ou les réseau(x) au(x)quel(s) le circuit est destiné pour raccordement.

NOTE Les valeurs préférentielles de tension assignée de tenue aux chocs sont celles données au Tableau G.1 à l'Annexe G.

5.3 Caractéristiques assignées de courant

5.3.1 Courant assigné d'un ENSEMBLE (I_{nA})

Le courant assigné de l'ENSEMBLE est le plus faible:

- de la somme des courants assignés des circuits d'arrivée à l'intérieur de l'ENSEMBLE fonctionnant en parallèle;
- du courant total que le jeu de barres principal est capable de distribuer dans la disposition particulière de l'ENSEMBLE.

Ce courant doit passer sans que l'échauffement des parties individuelles ne dépasse les limites spécifiées en 9.2.

NOTE 1 Le courant assigné d'un circuit d'arrivée peut être inférieur au courant assigné de l'appareil d'entrée (selon la norme d'appareil respective) installé dans l'ENSEMBLE.

NOTE 2 Dans ce contexte, le jeu de barres principal est un jeu de barres individuel ou une combinaison de jeux de barres individuels qui sont normalement raccordés en service par exemple au moyen d'un dispositif de couplage de barres.

5.3.2 Courant assigné d'un circuit (I_{nc})

Le courant assigné d'un circuit est indiqué par le fabricant d'ENSEMBLES en prenant en compte les caractéristiques assignées des dispositifs qui se trouvent dans le circuit ainsi que leur disposition et leur application. Ce courant doit circuler sans que l'échauffement des diverses parties de l'ENSEMBLE ne dépasse les limites spécifiées en 9.2 lorsque le circuit est chargé seul.

NOTE 1 Le courant assigné d'un circuit peut être inférieur aux courants assignés des appareils (selon la norme d'appareil respective) installés dans ce circuit.

NOTE 2 Etant donné la complexité des facteurs qui déterminent les courants assignés, aucune valeur normalisée ne peut être donnée.

5.3.3 Facteur de diversité assigné (RDF)

Le facteur de diversité assigné est la valeur par unité du courant assigné fixée par le fabricant d'ENSEMBLES à laquelle les circuits de départ d'un ENSEMBLE peuvent être chargés de manière continue et simultanée tenant compte des influences thermiques mutuelles.

Le facteur de diversité assigné peut être indiqué:

- pour des groupes de circuits;

- pour un ENSEMBLE complet.

Le facteur de diversité assigné multiplié par le courant assigné des circuits doit être égal ou supérieur à la charge présumée des circuits de départ. La charge présumée des circuits de départ doit être traitée par la norme d'ENSEMBLES applicable.

Le facteur de diversité assigné est applicable avec l'ENSEMBLE fonctionnant sous le courant assigné (I_{nA}).

NOTE Le facteur de diversité assigné reconnaît que des unités fonctionnelles multiples ne sont pas complètement chargées simultanément en pratique ou qu'elles sont chargées de manière intermittente.

Voir l'Annexe E pour plus de précisions.

5.3.4 Courant assigné de crête admissible (I_{pk})

Le courant assigné de crête admissible doit être supérieur ou égal aux valeurs indiquées pour la valeur de crête du courant de court-circuit présumé du ou des réseau(x) au(x)quel(s) le circuit est destiné pour raccordement (voir aussi 9.3.3).

5.3.5 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Le courant assigné de courte durée admissible doit être supérieur ou égal à la valeur efficace présumée du courant de court-circuit à chaque point de raccordement du circuit à l'alimentation, (voir aussi 3.8.9.3).

Différentes valeurs de I_{cw} pour différentes durées (par exemple 0,2 s, 1 s, 3 s) peuvent être attribuées à l'ENSEMBLE.

En courant alternatif, la valeur du courant est la valeur efficace de la composante alternative.

5.3.6 Courant assigné de court-circuit conditionnel d'un ENSEMBLE (I_{cc})

Le courant assigné de court-circuit conditionnel doit être supérieur ou égal à la valeur efficace présumée du courant de court-circuit (I_{cp}) pour une durée limitée par le fonctionnement du dispositif de protection contre les courts-circuits qui protège l'ENSEMBLE.

La spécification détaillée du dispositif de protection contre les courts-circuits doit être établie par le fabricant d'ENSEMBLES.

5.4 Fréquence assignée (f_n)

La fréquence assignée d'un circuit est la valeur de fréquence qui sert à le désigner et à laquelle se rapportent les conditions de fonctionnement. Si les circuits d'un ENSEMBLE sont prévus pour différentes valeurs de fréquence, la fréquence assignée de chaque circuit doit être précisée.

NOTE Il convient que la fréquence soit comprise dans les limites spécifiées par les normes correspondantes de la CEI relatives aux constituants incorporés. Sauf indication contraire du fabricant d'ENSEMBLES, on admet que les limites sont égales à 98 % et 102 % de la fréquence assignée.

5.5 Autres caractéristiques

Les caractéristiques suivantes doivent être fixées:

- a) exigences complémentaires en fonction des conditions d'emploi particulières d'une unité fonctionnelle (par exemple type de coordination, caractéristiques de surcharge);
- b) degré de pollution; (voir 3.6.9);
- c) types de régime du neutre pour lesquels l'ENSEMBLE est conçu;

- d) installation à l'intérieur et/ou à l'extérieur (voir 3.5.1 et 3.5.2);
- e) fixe ou mobile (voir 3.5.3 et 3.5.4);
- f) degré de protection;
- g) destiné à être utilisé par des personnes qualifiées ou ordinaires (voir 3.7.12 et 3.7.14);
- h) classification de compatibilité électromagnétique (CEM) (voir Annexe J);
- i) conditions particulières d'emploi, le cas échéant (voir 7.2);
- j) conception extérieure (voir 3.3);
- k) protection contre les chocs mécaniques, si applicable (voir 8.2.1);
- l) le type de construction – fixe ou à parties démontables (voir 8.5.1 et 8.5.2).

6 Informations

6.1 Marquage pour la désignation des ENSEMBLES

Tout ENSEMBLE doit être muni d'une ou de plusieurs étiquettes marquées d'une manière durable et disposées à un emplacement leur permettant d'être visibles et lisibles lorsque l'ENSEMBLE est installé et en fonctionnement. La conformité est vérifiée par l'essai de 10.2.7 et par examen.

Les renseignements suivants concernant l'ENSEMBLE doivent être fournis sur l'étiquette ou les étiquettes de désignation:

- a) nom du fabricant d'ENSEMBLES ou sa marque de fabrique (voir 3.10.2);
- b) désignation du type ou un numéro d'identification, ou tout autre moyen d'identification, permettant d'obtenir du fabricant d'ENSEMBLES les renseignements appropriés;
- c) moyens d'identification de la date de fabrication;
- d) CEI 61439-X (la partie particulière "X" doit être identifiée).

NOTE La norme d'ENSEMBLES applicable peut spécifier l'endroit où les renseignements complémentaires sont à indiquer sur l'étiquette de désignation.

6.2 Documentation

6.2.1 Renseignements concernant l'ENSEMBLE

Les renseignements complémentaires suivants doivent, le cas échéant, être fournis dans la documentation technique du fabricant d'ENSEMBLES, livrée avec l'ENSEMBLE:

- a) tension assignée (U_n) (de l'ENSEMBLE) (voir 5.2.1);
- b) tension assignée d'emploi (U_e) (d'un circuit) (voir 5.2.2);
- c) tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) (voir 5.2.4);
- d) tension assignée d'isolement (U_i) (voir 5.2.3);
- e) courant assigné de l'ENSEMBLE (I_{nA}) (voir 5.3.1);
- f) courant assigné d'un circuit (I_{nC}) (voir 5.3.2);
- g) courant assigné de crête admissible (I_{pk}) (voir 5.3.4);
- h) courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) avec sa durée. (voir 5.3.5);
- i) courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}) (voir 5.3.6);
- j) fréquence assignée (f_n) (voir 5.4);
- k) facteur(s) assigné(s) de diversité (RDF) (voir 5.3.3).

Tous les renseignements nécessaires concernant les autres classifications et caractéristiques fixées (voir 5.5) doivent être fournis.

Les renseignements complémentaires suivants concernant l'ENSEMBLE doivent être fournis lorsque cela est applicable:

- 1) la tenue aux courts-circuits et la nature du ou des dispositifs de protection contre les courts-circuits (voir 9.3.2);
- 2) les mesures de protection contre les chocs électriques;
- 3) les dimensions hors tout (y compris les saillies, par exemple poignées, panneaux, portes);
- 4) la masse si celle-ci dépasse 30 kg.

6.2.2 Instructions de manipulation, d'installation, de fonctionnement et de maintenance

Le fabricant d'ENSEMBLES doit spécifier, dans ses documents ou ses catalogues, les conditions éventuelles de manipulation, d'installation, de fonctionnement et de maintenance de l'ENSEMBLE et du matériel qu'il contient.

Si cela est nécessaire, les instructions doivent indiquer les mesures qui sont d'une importance particulière pour que le transport, la manipulation, l'installation et le fonctionnement de l'ENSEMBLE se passent de manière correcte et appropriée. La mise à disposition de renseignements détaillés concernant le poids est particulièrement importante en vue du transport et de la manipulation des ENSEMBLES.

L'emplacement et l'installation corrects des moyens de levage et la taille des câbles des accessoires de levage doivent être donnés dans la documentation du fabricant d'ENSEMBLES ou sinon dans les instructions sur la manière de manipuler l'ENSEMBLE.

Les mesures à prendre éventuellement vis-à-vis de la CEM et qui sont associées à l'installation, le fonctionnement et la maintenance de l'ENSEMBLE doivent être spécifiées (voir Annexe J).

Si un ENSEMBLE prévu spécifiquement pour un environnement A doit être utilisé dans un environnement B, l'avertissement suivant doit être inclus dans les instructions de fonctionnement:

AVERTISSEMENT

Ce produit a été conçu pour un environnement A. L'utilisation de ce produit en environnement B peut engendrer des perturbations électromagnétiques non désirées qui peuvent nécessiter la prise de mesures d'atténuation appropriées de la part de l'utilisateur.

Lorsque cela est nécessaire, les documents mentionnés ci-dessus doivent indiquer la nature de la maintenance et sa périodicité recommandée.

Si le câblage n'apparaît pas nettement du fait de la disposition matérielle des appareils installés, les renseignements appropriés, par exemple schémas ou tableaux des circuits, doivent être fournis.

6.3 Identification des appareils et/ou des composants

A l'intérieur de l'ENSEMBLE, il doit être possible d'identifier les circuits individuels et leurs dispositifs de protection. Toutes les désignations utilisées doivent être conformes à celles de la CEI 61346-1 et de la CEI 61346-2 et identiques à celles des schémas des circuits qui doivent être conformes à la CEI 61082.

7 Conditions d'emploi

7.1 Conditions normales d'emploi

Les ENSEMBLES conformes à la présente norme sont prévus pour être utilisés dans les conditions normales d'emploi indiquées ci-dessous.

NOTE Si on utilise des composants, par exemple des relais, des équipements électroniques, qui ne sont pas prévus pour ces conditions, il convient de prendre des mesures appropriées pour assurer un fonctionnement convenable.

7.1.1 Température de l'air ambiant

7.1.1.1 Température de l'air ambiant pour les installations à l'intérieur

La température de l'air ambiant ne doit pas dépasser +40 °C et la température moyenne pendant une période de 24 h ne doit pas dépasser +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant doit être de –5 °C.

7.1.1.2 Température de l'air ambiant pour les installations à l'extérieur

La température de l'air ambiant ne doit pas dépasser +40 °C et la température moyenne pendant une période de 24 h ne doit pas dépasser +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant doit être de –25 °C.

7.1.2 Conditions atmosphériques

7.1.2.1 Conditions atmosphériques pour les installations à l'intérieur

L'air doit être propre et son humidité relative ne doit pas dépasser 50 % à une température maximale de +40 °C. Des degrés d'humidité relative plus élevés peuvent être admis à des températures plus basses, par exemple 90 % à +20 °C. Il convient de tenir compte d'une condensation modérée qui peut se produire occasionnellement en raison des variations de température.

7.1.2.2 Conditions atmosphériques pour les installations à l'extérieur

L'humidité relative peut temporairement atteindre 100 % à une température maximale de +25 °C.

7.1.3 Degré de pollution

Le degré de pollution (voir 3.6.9) se rapporte aux conditions d'environnement pour lesquelles l'ENSEMBLE est prévu.

Pour les appareils de connexion et les composants à l'intérieur d'une enveloppe, le degré de pollution des conditions d'environnement à l'intérieur de l'enveloppe est applicable.

Pour évaluer les distances d'isolement et les lignes de fuite, on distingue les quatre degrés de pollution suivants au niveau du micro-environnement.

Degré de pollution 1:

Pas de pollution ou seulement une pollution sèche non conductrice. La pollution n'a aucune influence.

Degré de pollution 2:

Normalement, présence uniquement d'une pollution non conductrice. On peut cependant, occasionnellement, s'attendre à une conductivité temporaire provoquée par la condensation.

Degré de pollution 3:

Présence d'une pollution conductrice ou d'une pollution sèche non conductrice qui devient conductrice par suite de condensation.

Degré de pollution 4:

Il se produit une conductivité persistante causée par de la poussière conductrice, ou par de la pluie ou par d'autres conditions humides.

Le degré de pollution 4 n'est pas applicable pour un micro-environnement à l'intérieur d'un ENSEMBLE conforme à la présente norme.

Sauf spécification contraire, les ENSEMBLES pour les applications industrielles sont, en général, destinés à être utilisés dans un environnement à degré de pollution 3. Toutefois, d'autres degrés de pollution peuvent s'appliquer en fonction du micro-environnement ou d'emplois particuliers.

NOTE Le degré de pollution du micro-environnement d'un équipement peut être influencé par l'installation de celui-ci dans une enveloppe.

7.1.4 Altitude

L'altitude du lieu de l'installation ne dépasse pas 2 000 m.

NOTE Pour les équipements destinés à être utilisés à des altitudes plus élevées, il est nécessaire de tenir compte de la diminution de la rigidité diélectrique, du pouvoir de coupure des appareils et du pouvoir de refroidissement de l'air.

7.2 Conditions spéciales d'emploi

Lorsqu'il existe une condition spéciale d'emploi quelconque, les exigences particulières applicables doivent être respectées ou des conventions particulières doivent intervenir entre l'utilisateur et le fabricant d'ENSEMBLES. L'utilisateur doit informer le fabricant d'ENSEMBLES de l'existence de telles conditions exceptionnelles d'emploi.

Les conditions spéciales d'emploi comprennent, par exemple:

- a) des valeurs de température, d'humidité relative et/ou d'altitude différentes de celles qui sont spécifiées en 7.1;
- b) des utilisations dans lesquelles des variations de température et/ou de pression de l'air se produisent si rapidement qu'une condensation exceptionnelle est susceptible de se produire à l'intérieur de l'ENSEMBLE;
- c) une pollution importante de l'air par des poussières, fumées, particules corrosives ou radioactives, vapeurs ou sel;
- d) une exposition à des champs électriques ou magnétiques élevés;
- e) une exposition à des conditions climatiques extrêmes;
- f) des attaques par des champignons ou de petits animaux;
- g) une installation dans des emplacements exposés à des risques d'incendie ou d'explosion;
- h) une exposition à des vibrations et à des chocs importants;
- i) une installation dans des conditions telles que l'aptitude à supporter le courant ou le pouvoir de coupure est affecté, par exemple les matériels incorporés à des machines ou encastrés dans un mur;

- j) une exposition à des perturbations conduites ou rayonnées autres qu'électromagnétiques et aux perturbations électromagnétiques dans des environnements autres que ceux décrits en 9.4;
- k) des conditions de surtensions exceptionnelles.

7.3 Conditions au cours du transport, du stockage et de l'installation

Un accord spécial doit être conclu entre l'utilisateur et le fabricant d'ENSEMBLES si les conditions pendant le transport, le stockage et l'installation, par exemple les conditions de température et d'humidité, diffèrent de celles qui sont définies en 7.1.

8 Exigences de construction

8.1 Résistance des matériaux et des parties

8.1.1 Généralités

Les ENSEMBLES doivent être construits avec des matériaux capables de supporter les contraintes mécaniques, électriques et thermiques aussi bien que les contraintes d'environnement susceptibles d'être rencontrées dans les conditions d'emploi spécifiées.

La forme extérieure de l'enveloppe de l'ENSEMBLE peut varier pour s'adapter à l'application et à l'utilisation, plusieurs exemples sont donnés en 3.3. Ces enveloppes peuvent également être construites dans différents matériaux par exemple isolants, métalliques ou une combinaison des deux.

8.1.2 Protection contre la corrosion

La protection contre la corrosion doit être assurée par l'utilisation de matériaux appropriés ou par des couches de protection sur la surface exposée, en tenant compte des conditions prévues d'emploi et de maintenance. La conformité à cette exigence est vérifiée par l'essai de 10.2.2.

8.1.3 Stabilité thermique

Pour les enveloppes ou les parties des enveloppes en matériaux isolants, la stabilité thermique doit être vérifiée conformément à 10.2.3.1.

8.1.4 Résistance aux rayonnements ultraviolets

Pour les enveloppes et les parties externes en matériaux isolants qui sont destinées à être utilisées à l'extérieur, la résistance aux rayonnements ultraviolets doit être vérifiée conformément à 10.2.4.

8.1.5 Résistance des matériaux isolants à la chaleur et au feu

8.1.5.1 Généralités

Les parties des matériaux isolants qui sont susceptibles d'être exposées à des contraintes thermiques résultant d'effets électriques internes, et dont la détérioration pourrait altérer la sécurité de l'ENSEMBLE, ne doivent pas être affectées défavorablement par la chaleur normale (de fonctionnement), par une chaleur anormale ou le feu.

Si un matériau identique ayant des sections représentatives comme les parties ayant déjà satisfait aux exigences de 8.1.5.2 et/ou 8.1.5.3, il n'est alors pas nécessaire de répéter ces essais respectifs. Il en est de même pour toutes les parties qui ont précédemment subi les essais selon les spécifications qui leur sont applicables.

8.1.5.2 Vérification de la résistance des matériaux isolants à la chaleur

Le fabricant doit démontrer la conformité soit par référence à l'indice de température de l'isolation (déterminé par exemple par des méthodes de la CEI 60216) soit par conformité à la CEI 60085. Si cette donnée n'est pas disponible, l'essai à la bille de 10.2.3.2 doit être utilisé pour vérifier l'adaptation des matériaux isolants utilisés à résister aux effets de la chaleur.

8.1.5.3 Résistance des matériaux isolants à une chaleur anormale et au feu dus aux effets électriques internes

Les matériaux isolants utilisés pour les parties nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties susceptibles d'être exposées à des contraintes thermiques résultant d'effets électriques internes, et dont la détérioration pourrait altérer la sécurité de l'ENSEMBLE, ne doivent pas être affectés défavorablement par une chaleur anormale ou le feu et doivent être vérifiés avec l'essai au fil incandescent de 10.2.3.3. Pour cet essai, un conducteur de protection (PE) n'est pas considéré comme une partie transportant le courant.

Pour les petites parties (ayant des dimensions de surface n'excédant pas 14 mm x 14 mm), un autre essai peut être choisi (par exemple l'essai au brûleur-aiguille selon la CEI 60695-11-5). La même procédure peut être appliquée pour d'autres raisons pratiques lorsque le matériau métallique d'une partie est important par rapport au matériau isolant.

Le fabricant peut fournir des données sur la bonne adaptation des matériaux provenant du fournisseur du matériau isolant pour démontrer la conformité à ces exigences.

8.1.6 Résistance mécanique

Toutes les enveloppes ou cloisons, y compris les moyens de fermeture et les charnières des portes, doivent avoir une résistance mécanique suffisante pour résister aux contraintes auxquelles elles peuvent être soumises en utilisation normale et pendant des conditions de court-circuit (voir aussi 10.13).

Le fonctionnement mécanique des parties démontables, y compris tout verrouillage d'insertion doit être vérifié par essai conformément à 10.13.

8.1.7 Dispositifs de levage

Lorsque cela est exigé, les ENSEMBLES doivent être équipés de dispositifs appropriés de levage. La conformité est vérifiée par l'essai de 10.2.5.

8.2 Degré de protection procuré par une enveloppe d'un ENSEMBLE

8.2.1 Protection contre les impacts mécaniques

Le degré de protection procuré par une enveloppe d'un ENSEMBLE contre les impacts mécaniques, le cas échéant, doit être défini par les normes d'ENSEMBLES applicables et vérifié conformément à la CEI 62262. (voir 10.2.6).

8.2.2 Protection contre les contacts avec des parties actives, contre la pénétration de corps étrangers solides et de liquides

Le degré de protection procuré par un ENSEMBLE contre les contacts avec des parties actives, contre la pénétration de corps étrangers solides et de liquides est indiqué par le code IP conformément à la CEI 60529 et il est vérifié selon 10.3.

NOTE 1 Aux Etats-Unis (USA), au Canada et au Mexique, on utilise des désignations de « type » d'enveloppe pour spécifier le « degré de protection » procuré par l'ENSEMBLE. Pour les applications aux USA, il convient d'utiliser la désignation de type d'enveloppe appropriée spécifiée dans la NEMA 250. Pour les applications au Canada, il convient d'utiliser la désignation de type d'enveloppe appropriée spécifiée dans la norme CSA C22.2 No. 94.1 et 94.2.

Pour des ENSEMBLES destinés à être utilisés à l'intérieur et pour lesquels aucune protection contre la pénétration de l'eau n'est requise, les codes IP suivants sont recommandés:

IP 00, IP 2X, IP 3X, IP 4X, IP 5X, IP 6X

Le degré de protection d'un ENSEMBLE sous enveloppe doit être au moins égal à IP 2X, après installation conformément aux instructions du fabricant d'ENSEMBLES. Le degré de protection procuré par la face avant d'un ENSEMBLE ouvert à protection frontale doit être au moins égal à IP XXB.

Dans le cas des ENSEMBLES pour installation à l'extérieur n'ayant pas de protection supplémentaire, le second chiffre caractéristique doit être au moins égal à 3.

NOTE 2 Pour l'installation à l'extérieur, la protection supplémentaire peut être un toit ou une protection analogue.

Sauf spécification contraire, le degré de protection indiqué par le fabricant d'ENSEMBLES s'applique à l'ENSEMBLE complet lorsqu'il est installé conformément aux instructions du fabricant d'ENSEMBLES, par exemple avec obturation de la surface de montage laissée ouverte d'un ENSEMBLE, etc.

Si un ENSEMBLE n'a pas les mêmes caractéristiques IP partout, le fabricant d'ENSEMBLES doit déclarer les caractéristiques IP pour les parties distinctes.

Exemple: Face de service IP 20, autres parties IP 00.

Aucun code IP ne peut être donné si les vérifications appropriées n'ont pas été réalisées conformément à 10.3.

Dans le cas des ENSEMBLES sous enveloppe pour installation à l'extérieur et à l'intérieur, destinés à être utilisés dans des lieux où règnent une humidité élevée et des températures variant avec une grande amplitude, des dispositions convenables (ventilation et/ou chauffage intérieur, trous de vidange, etc.) doivent être prises pour empêcher une condensation nuisible à l'intérieur de l'ENSEMBLE. Toutefois, le degré de protection spécifié doit être maintenu en même temps.

8.2.3 Degré de protection des parties démontables

Le degré de protection indiqué pour les ENSEMBLES s'applique normalement à la position raccordée (voir 3.2.3) des parties démontables.

Si le degré de protection d'origine n'est pas maintenu après le retrait d'une partie démontable, un accord doit être recherché entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur concernant les mesures à prendre pour assurer la protection adéquate. Les indications fournies par le fabricant d'ENSEMBLES peuvent tenir lieu d'un tel accord.

8.3 Distances d'isolement et lignes de fuite

8.3.1 Généralités

Les exigences applicables aux distances d'isolement et aux lignes de fuite sont fondées sur les principes de la CEI 60664-1 et sont destinées à assurer une coordination de l'isolement au sein de l'installation.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite des équipements qui font partie d'un ENSEMBLE doivent être conformes aux exigences de la norme de produit applicable.

Lorsqu'on incorpore des équipements dans l'ENSEMBLE, les distances d'isolement et les lignes de fuite spécifiées doivent être maintenues dans les conditions normales d'emploi.

Pour fixer les dimensions des distances d'isolement et des lignes de fuite entre des circuits distincts, on doit utiliser les caractéristiques de tensions les plus élevées (tension assignée de tenue aux chocs pour les distances d'isolement et tension assignée d'isolement pour les lignes de fuite).

Les distances d'isolement et les lignes de fuite s'appliquent entre phases, entre phase et neutre et, sauf si un conducteur est directement raccordé à la terre, entre phase et terre.

Pour les conducteurs actifs nus et les raccordements (par exemple jeux de barres, connexions entre appareils et cosses de câbles), les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être au moins équivalentes à celles spécifiées pour l'appareil auxquels ils sont directement associés.

Un court-circuit inférieur ou égal aux caractéristiques déclarées de l'ENSEMBLE ne doit pas réduire d'une manière permanente les distances d'isolement ou les lignes de fuite entre les jeux de barres et/ou les connexions en dessous des valeurs spécifiées pour l'ENSEMBLE. La déformation des parties de l'enveloppe ou des cloisons, des barrières et des obstacles internes due au court-circuit ne doit pas réduire de manière permanente les distances d'isolement ou les lignes de fuite en dessous des valeurs spécifiées en 8.3.2 et 8.3.3 (voir aussi 10.11.5.5).

8.3.2 Distances d'isolement

Les distances d'isolement doivent avoir une valeur suffisante pour satisfaire à la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) déclarée d'un circuit. Les distances d'isolement doivent être telles que spécifiées au Tableau 1 sauf si un essai de vérification de conception et un essai individuel de série de la tension assignée de tenue aux chocs est effectué conformément à 10.9.3 et 11.3, respectivement.

La méthode de vérification des distances d'isolement par des mesures est donnée à l'Annexe F.

NOTE Aux Etats-Unis d'Amérique (USA) et au Mexique, les codes électriques nationaux sont utilisés pour spécifier les distances d'isolement minimales. Aux USA, le code électrique national NFPA 70, Article 408.36 est applicable. Pour ces applications, il est recommandé que les distances d'isolement soient choisies en utilisant l'Annexe L, Tableau L.1 de la présente norme. Pour les applications au Canada, les distances d'isolement électrique minimales sont spécifiées dans le Code Electrique Canadien, Partie 2 Normes de Sécurité des Produits.

8.3.3 Lignes de fuite

Le fabricant doit choisir une ou des tension(s) assignée(s) d'isolement (U_i) pour les circuits de l'ENSEMBLE à partir de laquelle/desquelles il va déterminer la ou les ligne(s) de fuite. Pour tout circuit donné, la tension assignée d'isolement ne doit pas être inférieure à la tension assignée d'emploi (U_e).

Dans tous les cas, les lignes de fuite doivent être inférieures aux distances d'isolement minimales associées.

Les lignes de fuite doivent correspondre à un degré de pollution comme spécifié en 7.1.3 et au groupe de matériau correspondant à la tension assignée d'isolement donnée au Tableau 2.

La méthode de vérification des lignes de fuite par des mesures est donnée à l'Annexe F.

NOTE 1 Pour les matériaux isolants en matière non organique, par exemple le verre ou la céramique, qui ne cheminent pas, il n'est pas nécessaire que les lignes de fuite soient supérieures à leurs distances d'isolement associées. Il convient, toutefois, de tenir compte du risque de décharge disruptive.

NOTE 2 Aux Etats-Unis d'Amérique (USA) et au Mexique, les codes électriques nationaux sont utilisés pour spécifier les lignes de fuite minimales. Aux USA, le code électrique national NFPA 70, Article 408.36 s'applique. Pour ces applications, il est recommandé que les lignes de fuite soient choisies en utilisant l'Annexe L, Tableau L.2 de la présente norme. Pour les applications au Canada, les lignes de fuite minimales sont spécifiées dans le Code Electrique Canadien, Partie 2 Normes de Sécurité des Produits.

En utilisant des nervures de 2 mm de hauteur minimale, la ligne de fuite peut être réduite, mais quel que soit le nombre de nervures, elle ne doit pas être inférieure à 0,8 de la valeur du Tableau 2 et elle ne doit pas être inférieure à la distance d'isolement minimale associée. La largeur minimale de la base de la nervure est déterminée par des conditions mécaniques (voir Article F.2).

8.4 Protection contre les chocs électriques

8.4.1 Généralités

Les appareils et les circuits de l'ENSEMBLE doivent être disposés de manière à faciliter leur fonctionnement et leur maintenance, et en même temps à assurer le degré nécessaire de sécurité.

Les exigences suivantes sont destinées à assurer que les mesures de protection requises sont assurées après insertion d'un ENSEMBLE dans une installation conforme à la série CEI 60364.

NOTE Les mesures de protection généralement acceptées se trouvent dans la CEI 61140 et dans la CEI 60364-4-41.

Ces mesures de protection qui sont particulièrement importantes pour un ENSEMBLE sont reproduites de 8.4.2 à 8.4.5.

8.4.2 Protection principale

8.4.2.1 Généralités

La protection principale est destinée à empêcher tout contact direct avec les parties actives dangereuses.

La protection principale peut être obtenue soit par des mesures appropriées dans la construction même de l'ENSEMBLE, soit par des dispositions complémentaires à prendre lors de son installation; il peut ainsi être exigé que le fabricant fournisse des renseignements.

Un exemple de mesures complémentaires à prendre est l'installation d'un ENSEMBLE ouvert, sans autres dispositions, dans un emplacement dont l'accès est réservé au seul personnel autorisé.

Lorsque la protection principale est obtenue par des mesures dans la construction, une ou plusieurs des mesures donnée(s) en 8.4.2.2 et 8.4.2.3 peut/peuvent être choisie(s). Le choix de la mesure de protection doit être déclaré par le fabricant d'ENSEMBLES, s'il n'est pas spécifié dans la norme d'ENSEMBLES applicable.

8.4.2.2 Isolation principale assurée par le matériau isolant

Les parties actives dangereuses doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne puisse être enlevée que par destruction.

Cette isolation doit être faite à l'aide de matériaux isolants appropriés capables de résister durablement aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques auxquelles l'isolation peut être soumise en service.

NOTE Les composants électriques enrobés dans l'isolant et les conducteurs isolés en sont des exemples.

Les peintures, vernis et laques seuls ne sont pas considérés comme satisfaisant aux exigences de l'isolation principale.

8.4.2.3 Barrières ou enveloppes

Les parties actives aéro-isolées doivent se trouver à l'intérieur d'enveloppes ou derrière des barrières assurant au moins un degré de protection de niveau IP XXB.

Les surfaces supérieures horizontales des enveloppes accessibles ayant une hauteur inférieure ou égale à 1,6 m au-dessus de l'aire de passage doivent fournir un degré de protection d'au moins IP XXD.

Les barrières et les enveloppes doivent être fixées solidement en place et présenter une stabilité et une durabilité suffisantes pour maintenir les degrés de protection exigés et la séparation appropriée avec les parties actives dans les conditions normales d'emploi en tenant compte des influences externes concernées. La distance entre une barrière conductrice ou une enveloppe et les parties actives qu'elles protègent ne doit pas être inférieure aux valeurs spécifiées pour les distances d'isolement et les lignes de fuite en 8.3.

Lorsqu'il est nécessaire de retirer les barrières ou d'ouvrir les enveloppes ou de retirer des parties des enveloppes, cela ne doit être possible que si l'une des conditions a) à c) est satisfaite:

- a) A l'aide d'une clé ou d'un outil, c'est-à-dire d'une aide mécanique pour ouvrir la porte, couvrir ou débloquent un verrouillage.
- b) Après séparation de l'alimentation des parties actives, contre lesquelles les barrières ou les enveloppes assurent la protection principale, la restauration de l'alimentation étant possible uniquement après le remplacement ou la fermeture des barrières ou enveloppes. Dans les schémas TN-C, le conducteur PEN ne doit être ni sectionné ni coupé. Dans les schémas TN-S et TN-C-S, les conducteurs neutres peuvent ne pas être sectionnés ou coupés (voir CEI 60364-5-53, 536.1.2).
Exemple: En verrouillant la ou les portes avec un sectionneur de telle sorte qu'elles ne puissent être ouvertes que si le sectionneur est ouvert et qu'il ne soit pas possible de fermer le sectionneur si la porte est ouverte, sauf à l'aide d'un outil.
- c) Lorsqu'une barrière intermédiaire assurant un degré de protection d'au moins IP XXB empêche le contact avec les parties actives, une telle barrière ne pouvant être retirée qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.

8.4.3 Protection en cas de défaut

8.4.3.1 Conditions d'installation

L'ENSEMBLE doit comprendre des mesures de protection et être adapté aux installations conçues pour être conformes à la CEI 60364-4-41. Des mesures de protection adaptées pour des installations particulières (par exemple les voies ferrées, les bateaux) doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur.

8.4.3.2 Protection par coupure automatique de l'alimentation

8.4.3.2.1 Généralités

Chaque ENSEMBLE doit posséder un conducteur de protection pour faciliter la coupure automatique de l'alimentation pour:

- a) la protection contre les conséquences des défauts (par exemple défaillance de l'isolation principale) à l'intérieur de l'ENSEMBLE;
- b) la protection contre les conséquences des défauts (par exemple défaillance de l'isolation principale) dans les circuits externes alimentés par l'ENSEMBLE.

Les exigences à satisfaire sont données dans les paragraphes qui suivent.

Les exigences d'identification du conducteur de protection (PE, PEN) sont données en 8.6.6.

8.4.3.2.2 Exigences pour la continuité du circuit de terre assurant la protection contre les conséquences des défauts à l'intérieur de l'ENSEMBLE

Toutes les masses de l'ENSEMBLE doivent être raccordées entre elles et au conducteur de protection de l'alimentation ou par un conducteur de terre au dispositif de mise à la terre.

Ces raccordements peuvent être réalisés soit au moyen de connexions métalliques vissées, soit par soudage, soit par d'autres connexions conductrices soit par un conducteur de protection séparé. Dans le cas d'un conducteur de protection séparé, le Tableau 3 doit s'appliquer.

NOTE Des précautions spéciales peuvent être nécessaires lorsque les parties métalliques de l'ENSEMBLE, en particulier les plaques de presse-étoupe, ont un fini de surface résistant à l'abrasion, par exemple un revêtement pulvérulent.

La méthode de vérification de la continuité du circuit de terre entre les masses de l'ENSEMBLE et le circuit de protection est donnée en 10.5.2.

Pour la continuité de ces connexions, les éléments suivants doivent s'appliquer:

- a) Quand une partie de l'ENSEMBLE est retirée, par exemple pour la maintenance normale, les circuits de protection (continuité du circuit de terre) vers le reste de l'ENSEMBLE ne doivent pas être interrompus.

Les moyens utilisés pour l'assemblage des diverses pièces métalliques d'un ENSEMBLE sont considérés comme suffisants pour assurer la continuité des circuits de protection si les précautions prises garantissent en permanence une bonne conductivité.

Les conduits métalliques souples ou flexibles ne doivent pas être utilisés comme conducteurs de protection sauf s'ils sont conçus à cet effet.

- b) Pour les couvercles, portes, plaques de fermeture et autres pièces analogues, les connexions métalliques à vis et boulonnées et les charnières métalliques utilisées couramment sont considérées comme suffisantes pour assurer la continuité à condition qu'aucun équipement électrique dépassant les limites de la très basse tension (TBT) n'y soit fixé.

Si des appareils ayant une tension dépassant les limites de la très basse tension sont fixés à des couvercles, portes ou à des plaques de fermeture, des mesures complémentaires doivent être prises pour assurer la continuité du circuit de terre. Ces parties doivent être équipées d'un conducteur de protection (PE) dont la section est conforme au Tableau 3 en fonction du courant assigné d'emploi le plus élevé I_e de l'appareil fixé ou, si le courant assigné d'emploi de cet appareil fixé est inférieur ou égal à 16 A, d'une connexion électrique équivalente spécialement conçue et vérifiée dans ce but (contact glissant, charnières protégées contre la corrosion).

Les masses qui ne peuvent pas être raccordées au circuit de protection par les moyens de fixation de l'appareil doivent être raccordées au circuit de protection de l'ENSEMBLE par un conducteur dont la section est choisie conformément au Tableau 3.

Certaines masses d'un ENSEMBLE qui ne constituent pas un danger

- soit parce qu'elles ne peuvent être touchées sur de grandes surfaces ni être saisies à la main,
- soit parce qu'elles sont de petite dimension (environ 50 mm sur 50 mm) ou disposées de telle sorte que tout risque de contact avec les parties actives est exclu,

n'ont pas besoin d'être reliées à un conducteur de protection. Cela s'applique aux vis, aux rivets et aux plaques signalétiques. Il en est de même pour les électro-aimants de contacteurs ou de relais, les noyaux magnétiques de transformateurs, certaines pièces de déclencheurs, ou équivalents quelles que soient leurs dimensions.

Lorsque les parties démontables comportent des surfaces portantes métalliques, ces surfaces doivent être considérées comme suffisantes pour assurer la continuité à la terre des circuits de protection à condition que la pression exercée sur elles soit suffisamment élevée.

8.4.3.2.3 Exigences pour les conducteurs de protection assurant la protection contre les conséquences de défauts dans les circuits externes alimentés par l'intermédiaire de l'ENSEMBLE

Un conducteur de protection à l'intérieur de l'ENSEMBLE doit être conçu de sorte qu'il soit capable de supporter les contraintes dynamiques et thermiques les plus élevées résultant de défauts dans les circuits externes sur le lieu d'installation et qui sont alimentés à travers l'ENSEMBLE. Les parties conductrices de la structure peuvent être utilisées comme conducteur de protection ou comme partie de celui-ci.

Sauf dans le cas où la vérification de la tenue aux courts-circuits n'est pas exigée conformément à 10.11.2, la vérification doit être réalisée conformément à 10.5.3.

En principe, à l'exception des cas mentionnés au point ci-dessous, les conducteurs de protection à l'intérieur d'un ENSEMBLE ne doivent pas comprendre de dispositif de sectionnement (interrupteur, sectionneur, etc.).

Dans les circuits des conducteurs de protection doivent être autorisées les barrettes pouvant être enlevées à l'aide d'un outil et accessibles seulement au personnel autorisé (de telles barrettes peuvent être nécessaires pour certains essais).

Lorsque la continuité peut être interrompue au moyen de connecteurs ou de prises de courant, le circuit de protection ne doit être interrompu qu'après l'interruption des conducteurs actifs et la continuité doit être établie avant que les conducteurs actifs soient de nouveau raccordés.

Dans le cas d'un ENSEMBLE contenant des éléments de construction, des bâtis, des enveloppes, etc., en matériau conducteur, un conducteur de protection, s'il est prévu, n'a pas besoin d'être isolé de ces pièces. Les conducteurs reliés à certains dispositifs de protection y compris les conducteurs reliant ces dispositifs à une prise de terre séparée doivent être isolés. Cela s'applique, par exemple, aux dispositifs de détection de défauts sensibles à la tension et peut s'appliquer aussi à la connexion avec la terre du neutre du transformateur.

La section des conducteurs de protection (PE, PEN) dans un ENSEMBLE auquel des conducteurs externes sont destinés à être raccordés ne doit pas être inférieure à celle calculée avec la formule indiquée à l'Annexe B en utilisant le courant de défaut le plus élevé et la durée de défaut qui peuvent apparaître en tenant compte de la limitation des dispositifs de protection contre les courts-circuits (SCPD) qui protègent les conducteurs actifs correspondants (voir 10.11.5.6).

Pour les conducteurs PEN, les exigences complémentaires suivantes s'appliquent:

- la section minimale doit être de 10 mm² pour le cuivre ou de 16 mm² pour l'aluminium;
- le conducteur PEN doit avoir une section qui ne soit pas inférieure à celle exigée pour un conducteur neutre (voir 8.6.1);
- les conducteurs PEN n'ont pas besoin d'être isolés dans un ENSEMBLE;
- les pièces de structure ne doivent pas être utilisées comme conducteur PEN. Cependant, il est autorisé d'utiliser les rails de montage en cuivre ou en aluminium comme conducteurs PEN;

- pour certaines applications dans lesquelles le courant dans le conducteur PEN peut atteindre des valeurs élevées, par exemple les grandes installations d'éclairage à fluorescence, un conducteur PEN ayant la même capacité de courant ou une capacité supérieure à celle des conducteurs de phase peut être nécessaire, sous réserve d'un accord spécial entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur.

Pour les détails des exigences concernant les bornes pour le raccordement des conducteurs de protection externes, voir 8.8.

8.4.3.3 Séparation électrique

La séparation électrique des circuits individuels est destinée à empêcher les chocs électriques par contact avec des masses pouvant être mises sous tension par un défaut de l'isolation principale du circuit.

Pour ce type de protection, voir l'Annexe K.

8.4.3.4 Protection par isolation totale

NOTE Selon 413.2.1.1 de la CEI 60364-4-41, « l'isolation totale » est équivalente au matériel de la Classe II.

Pour assurer la protection contre les contacts indirects par isolation totale, les exigences suivantes doivent être satisfaites.

- a) Les appareils doivent être complètement enveloppés dans un matériau isolant équivalent à une isolation double ou renforcée. L'enveloppe doit porter le symbole  qui doit rester visible de l'extérieur.
- b) L'enveloppe ne doit être percée en aucun point par des parties conductrices de telle manière qu'il y ait possibilité qu'une tension de défaut soit transmise à l'extérieur de l'enveloppe.

Cela signifie que les parties métalliques, telles que les mécanismes des organes de commande qui doivent traverser l'enveloppe pour des raisons de construction, doivent être isolées des parties sous tension à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enveloppe, pour la tension assignée d'isolement maximale et pour la tension assignée maximale de tenue aux chocs de tous les circuits de l'ENSEMBLE.

Si un organe de commande est réalisé en métal (qu'il soit ou non recouvert d'un matériau isolant), il doit être pourvu d'une isolation conçue pour la tension assignée d'isolement maximale et pour la tension assignée maximale de tenue aux chocs de tous les circuits de l'ENSEMBLE.

Si un organe de commande est principalement réalisé en matériau isolant, toutes ses parties métalliques qui pourraient devenir accessibles en cas de défaut d'isolement doivent aussi être isolées des parties actives, pour la tension assignée d'isolement maximale et pour la tension assignée maximale de tenue aux chocs de tous les circuits de l'ENSEMBLE.

- c) L'enveloppe, quand l'ENSEMBLE est prêt à fonctionner et relié à l'alimentation, doit renfermer toutes les parties actives, les masses et toutes les parties appartenant à un circuit de protection de telle sorte qu'elles ne puissent pas être touchées. L'enveloppe doit au moins procurer le degré de protection IP 2XC (voir la CEI 60529).

Si un conducteur de protection, prolongé de manière à atteindre l'équipement électrique raccordé à l'aval de l'ENSEMBLE, doit passer à travers un ENSEMBLE dont les masses sont isolées, les bornes nécessaires pour connecter les conducteurs de protection externes doivent être prévues et être munies de marques d'identification adéquates.

A l'intérieur de l'enveloppe, le conducteur de protection et sa borne doivent être isolés des parties actives et des masses de la même manière que les parties actives.

- d) Les masses, à l'intérieur de l'ENSEMBLE, ne doivent pas être raccordées au circuit de protection, c'est-à-dire qu'elles ne doivent pas faire l'objet d'une mesure de protection impliquant l'usage d'un circuit de protection. Cela s'applique aussi aux appareils incorporés, même s'ils ont une borne de connexion pour un conducteur de protection.

- e) Si les portes ou les panneaux de l'enveloppe peuvent être ouverts sans l'aide d'une clef ou d'un outil, on doit prévoir une barrière en matériau isolant qui fournira une protection contre un contact fortuit non seulement avec les parties actives accessibles, mais encore avec les masses qui ne sont accessibles qu'après l'ouverture du panneau; cependant, cette barrière ne doit pas pouvoir être enlevée sans l'aide d'un outil.

8.4.4 Limitation du courant de contact permanent et des charges électriques

Si l'ENSEMBLE contient des matériels qui peuvent présenter un courant de contact permanent et des charges électriques après avoir été mis hors tension (condensateurs, etc.), une plaque d'avertissement est nécessaire.

De petits condensateurs tels que ceux qui sont utilisés pour l'extinction d'arcs, pour temporiser la réponse de relais, etc., ne doivent pas être considérés comme dangereux.

NOTE Un contact fortuit n'est pas considéré comme dangereux si les tensions provenant de charges statiques chutent au-dessous d'une tension de 60 V en courant continu en moins de 5 s après coupure de l'alimentation.

8.4.5 Conditions de fonctionnement et d'entretien

8.4.5.1 Appareils pouvant être utilisés ou composants pouvant être remplacés par des personnes ordinaires

La protection contre tout contact avec des parties actives doit être maintenue lorsqu'on utilise des appareils ou que l'on remplace des composants.

Des ouvertures plus importantes que celles définies par le degré de protection IP XXC sont autorisées au cours du remplacement de certaines lampes et de certains éléments fusibles.

8.4.5.2 Exigences relatives à l'accessibilité en service par des personnes autorisées

8.4.5.2.1 Généralités

L'accessibilité en service par des personnes autorisées est soumise à une ou plusieurs des exigences de 8.4.5.2.2 à 8.4.5.2.4 en fonction de l'accord existant entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur. Ces exigences doivent s'ajouter à celles concernant la protection principale spécifiées en 8.4.2.

Si, pour des raisons de service, l'ENSEMBLE est équipé d'un dispositif permettant à des personnes autorisées d'accéder à des parties actives pendant que l'équipement est sous tension (par exemple en débloquant le verrouillage ou en utilisant un outil), le verrouillage doit être rétabli automatiquement lors de la refermeture de la ou des portes.

8.4.5.2.2 Exigences relatives à l'accessibilité en vue d'une inspection ou d'opérations analogues

L'ENSEMBLE doit être construit de sorte que certaines opérations, soumises à un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, puissent être effectuées quand l'ENSEMBLE est en service et sous tension.

De telles opérations peuvent être:

- l'examen visuel
- des appareils de connexion et autres appareils,

- des réglages et indicateurs des relais et des déclencheurs,
- des raccordements des conducteurs et des marques qui y sont apposées;
- le réglage et le réarmement des relais, déclencheurs et dispositifs électroniques;
- le remplacement des éléments fusibles;
- le remplacement des lampes de signalisation;
- certaines opérations visant à localiser les défauts, par exemple les mesures de tension et de courant avec des dispositifs convenablement conçus et isolés.

8.4.5.2.3 Exigences relatives à l'accessibilité en vue de la maintenance

Pour permettre la maintenance, prévue par un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, d'une unité fonctionnelle sectionnée ou d'un groupe sectionné d'unités fonctionnelles de l'ENSEMBLE, alors que des unités ou groupes fonctionnels adjacents sont maintenus sous tension, il est nécessaire d'adopter certaines mesures. Le choix dépend de facteurs tels que les conditions d'emploi, la fréquence de maintenance, la compétence du personnel autorisé ainsi que des règles locales d'installation. De telles mesures peuvent comprendre:

- une distance suffisante entre l'unité ou le groupe fonctionnel considéré et les unités ou les groupes fonctionnels adjacents. Il est recommandé que les parties susceptibles d'être retirées en vue de la maintenance aient, autant que possible, des moyens de fixation imperdables;
- l'utilisation de barrières ou d'obstacles conçus et disposés pour protéger contre tout contact direct avec les équipements dans les unités ou groupes fonctionnels adjacents;
- l'utilisation d'écrans de bornes;
- l'utilisation de compartiments pour chaque unité ou groupe fonctionnel;
- l'insertion de moyens complémentaires de protection fournis ou spécifiés par le fabricant d'ENSEMBLES.

8.4.5.2.4 Exigences relatives à l'accessibilité en vue d'une extension sous tension

Lorsqu'il est prescrit de permettre une extension future de l'ENSEMBLE avec des unités ou des groupes fonctionnels supplémentaires alors que le reste de l'ENSEMBLE est maintenu sous tension, les exigences spécifiées en 8.4.5.2.3 s'appliquent sous réserve d'un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur. Ces exigences s'appliquent également lors de l'insertion et du raccordement de câbles de sortie supplémentaires lorsque les câbles en place sont sous tension.

L'extension des jeux de barres et le raccordement d'unités supplémentaires à leur alimentation d'entrée ne doivent pas être effectués sous tension, sauf si la conception de l'ENSEMBLE le permet.

8.4.5.2.5 Obstacles

Les obstacles doivent empêcher:

- soit toute approche involontaire des parties actives,
- soit tout contact fortuit avec des parties actives des équipements actifs en fonctionnement en service normal.

Les obstacles peuvent être retirés sans utiliser de clé ou d'outil mais ils doivent être fixés de manière à empêcher tout retrait involontaire. La distance entre un obstacle conducteur et les parties actives qu'il protège ne doit pas être inférieure aux valeurs spécifiées pour les distances d'isolement et les lignes de fuite en 8.3.

Lorsqu'un obstacle conducteur est séparé des parties actives dangereuses par une protection principale seulement, il constitue une masse et les mesures de protection contre les défauts doivent également être appliquées.

8.5 Intégration des appareils de connexion et des composants

8.5.1 Parties fixes

Dans le cas de parties fixes (voir 3.2.1), les connexions des circuits principaux (voir 3.1.3) ne doivent être établies ou coupées que lorsque l'ENSEMBLE est hors tension. En général, l'enlèvement et l'installation de parties fixes exigent l'utilisation d'un outil.

Le débranchement d'une partie fixe doit nécessiter le débranchement de l'ENSEMBLE complet ou d'une partie de celui-ci.

Afin d'empêcher un fonctionnement non autorisé, l'appareil de connexion peut être équipé de moyens pour le maintenir dans une ou plusieurs de ses positions.

NOTE S'il est permis de travailler sur des circuits sous tension, des précautions de sécurité appropriées peuvent s'avérer nécessaires.

8.5.2 Parties démontables

Les parties démontables doivent être conçues de sorte que leur équipement électrique puisse être débranché du circuit principal ou raccordé à celui-ci en toute sécurité alors que le circuit est sous tension. Les parties démontables peuvent être équipées d'un verrouillage d'insertion (voir 3.2.5).

NOTE Il peut être nécessaire de s'assurer que ces manœuvres ne sont pas effectuées en charge.

Les parties démontables doivent avoir une position raccordée (voir 3.2.3) et une position retirée (voir 3.2.4).

8.5.3 Choix des appareils de connexion et des composants

Les appareils de connexion et les composants incorporés dans les ENSEMBLES doivent être conformes aux normes correspondantes de la CEI.

Les appareils de connexion et les composants doivent convenir à leur application particulière en ce qui concerne la présentation extérieure de l'ENSEMBLE (par exemple ouvert ou sous enveloppe), leurs tensions assignées, leurs courants assignés, leur fréquence assignée, leur durée de vie, leurs pouvoirs de fermeture et de coupure, leur tenue aux courts-circuits, etc.

Les appareils de connexion et les composants dont la tenue aux courts-circuits et/ou le pouvoir de coupure sont insuffisants pour résister aux contraintes susceptibles de se produire sur le lieu de l'installation doivent être protégés au moyen de dispositifs de protection limiteurs de courant, par exemple des coupe-circuit à fusibles ou des disjoncteurs. Lorsqu'on choisit des dispositifs de protection limiteurs de courant pour les appareils de connexion incorporés, on doit tenir compte des valeurs maximales admissibles spécifiées par le fabricant de l'appareil, en tenant bien compte de la coordination (voir 9.3.4).

La coordination des appareils de connexion et des composants, par exemple coordination des démarreurs de moteur avec des dispositifs de protection contre les courts-circuits, doit être conforme aux normes correspondantes de la CEI.

Dans certains cas, la protection contre les surtensions peut être nécessaire par exemple pour les équipements de la catégorie de surtension 2 (voir 3.6.11).

8.5.4 Installation des appareils de connexion et des composants

Les appareils de connexion et les composants doivent être installés et câblés dans l'ENSEMBLE conformément aux instructions données par leur fabricant et de telle sorte que leur bon fonctionnement ne soit pas compromis par les influences mutuelles, par exemple la chaleur, les arcs électriques, les vibrations, les champs énergétiques, qui se produisent en service normal. Dans le cas d'ensembles électroniques, il peut être nécessaire de séparer ou d'isoler par blindage tous les circuits électroniques de traitement des signaux.

Lorsque des fusibles sont installés, le fabricant doit indiquer le type et les valeurs assignées des éléments fusibles à utiliser.

8.5.5 Accessibilité

Les dispositifs de réglage et de réarmement qui doivent être manœuvrés à l'intérieur de l'ENSEMBLE doivent être facilement accessibles.

Les unités fonctionnelles montées sur le même support (plaque de montage, cadre), ainsi que leurs bornes pour les conducteurs externes doivent être disposées de manière à être accessibles pour le montage, le câblage, la maintenance et le remplacement.

Sauf accord contraire entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, les exigences d'accessibilité suivantes associées aux ENSEMBLES montés sur le sol s'appliquent:

- Les bornes, à l'exception des bornes des conducteurs de protection doivent être situées au moins à 0,2 m au-dessus de la base des ENSEMBLES et, de plus, elles doivent être placées de façon telle que les conducteurs puissent leur être facilement raccordés.
- Les appareils indicateurs qui ont besoin d'être lus par l'opérateur doivent être placés à une hauteur comprise entre 0,2 m et 2,2 m au-dessus de la base de l'ENSEMBLE.
- Les organes de commande tels que poignées, boutons-poussoirs ou organes analogues doivent être installés à une hauteur telle qu'ils puissent être facilement manœuvrés; cela signifie qu'en général leur axe doit se trouver à une hauteur comprise entre 0,2 m et 2 m au-dessus de la base de l'ENSEMBLE.
- Les organes de commande des dispositifs de coupure d'urgence (voir 536.4.2 de la CEI 60364-5-53) doivent être accessibles à l'intérieur d'une zone entre 0,8 m et 1,6 m au-dessus de la base de l'ENSEMBLE.

8.5.6 Barrières

Les barrières pour les appareils de connexion à commande manuelle doivent être conçues de telle sorte que les émissions de coupure ne présentent pas de danger pour l'opérateur.

Pour diminuer tout danger lors du remplacement des éléments fusibles, des barrières entre phases doivent être installées, à moins que la structure et l'emplacement des coupe-circuit à fusibles ne rendent cette précaution inutile.

8.5.7 Sens de manœuvre et indication des positions de commande

Les positions de fonctionnement des composants et des appareils doivent être clairement identifiées. Si le sens de manœuvre n'est pas conforme à la CEI 60447, alors il doit être clairement identifié.

8.5.8 Voyants lumineux et boutons-poussoirs

Sauf spécification contraire dans la norme de produit applicable, les couleurs des voyants lumineux et des boutons poussoirs doivent être conformes à la CEI 60073.

8.6 Circuits électriques internes et connexions

8.6.1 Circuits principaux

Les jeux de barres (nus ou isolés) doivent être disposés de telle sorte qu'un court-circuit interne ne soit pas à craindre. Ils doivent être dimensionnés au moins conformément aux renseignements concernant la tenue aux courts-circuits (voir 9.3) et ils doivent être conçus pour résister au moins aux contraintes de court-circuit limitées par le ou les dispositifs de protection situé(s) en amont des jeux de barres.

A l'intérieur d'une colonne, les conducteurs (jeux de barres de distribution inclus) entre les jeux de barres principaux et l'amont des unités fonctionnelles, ainsi que les éléments constitutifs de celles-ci peuvent être conçus sur la base des contraintes réduites de court-circuit se produisant en aval de chacun des dispositifs de protection contre les courts-circuits de chaque unité, à condition que la disposition des conducteurs soit telle qu'en fonctionnement normal un court-circuit interne entre phases et/ou entre phase et terre ne soit pas à craindre (voir 8.6.4).

Sauf accord contraire entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, la section minimale du neutre dans un circuit triphasé et dans un circuit neutre doit être:

- Pour les circuits avec une section du conducteur de phase jusqu'à 16 mm², 100 % de celle des phases correspondantes.
- Pour les circuits avec une section du conducteur de phase supérieure à 16 mm², 50 % de celle des phases correspondantes avec une valeur minimale de 16 mm².

On estime que les courants de neutres n'excèdent pas 50 % des valeurs des courants des conducteurs de phase.

NOTE Le courant du conducteur de neutre peut être influencé lorsqu'il existe des harmoniques importantes dans la charge.

Le PEN doit être dimensionné comme spécifié en 8.4.3.2.3.

8.6.2 Circuits auxiliaires

La conception des circuits auxiliaires doit prendre en compte le schéma de mise à la terre de l'alimentation et assurer qu'un défaut à la terre ou un défaut entre une partie active et une masse ne provoque pas de fonctionnement intempestif dangereux.

En général, les circuits auxiliaires doivent être protégés contre les effets des courts-circuits. Cependant, un dispositif de protection contre les courts-circuits ne doit pas être fourni si son fonctionnement est de nature à causer un danger. Si tel est le cas, les conducteurs des circuits auxiliaires doivent être disposés de telle manière qu'un court-circuit ne soit pas à craindre (voir 8.6.4).

8.6.3 Conducteurs nus et isolés

Les connexions des pièces parcourues par le courant ne doivent pas subir d'altérations inadmissibles à la suite d'un échauffement normal, du vieillissement des matériaux isolants et des vibrations qui se produisent en fonctionnement normal. En particulier, les effets de la dilatation thermique et des couples électrochimiques dans le cas de métaux différents et les effets de la résistance des matériaux aux températures atteintes, doivent être pris en considération.

Les connexions entre les pièces parcourues par le courant doivent être établies par des moyens qui assurent une pression de contact suffisante et durable.

Si la vérification de l'échauffement est réalisée sur la base d'essais (voir 10.10.2), le choix des conducteurs utilisés à l'intérieur de l'ENSEMBLE et de leurs sections doit être de la

responsabilité du fabricant d'ENSEMBLES. Si la vérification de l'échauffement est réalisée selon les règles de 10.10.3, les conducteurs doivent avoir une section minimale conforme à la CEI 60364-5-52. Des exemples sur la manière d'adapter cette norme pour les conditions intérieures d'un ENSEMBLE sont indiqués dans les tableaux de l'Annexe H. En plus du courant admissible des conducteurs, le choix tient compte:

- des contraintes mécaniques auxquelles l'ENSEMBLE peut être soumis;
- du mode de pose et de fixation des conducteurs;
- du type d'isolation;
- du type des composants raccordés (par exemple appareillage conforme à la série CEI 60947; dispositifs ou équipements électroniques).

Dans le cas de conducteurs à âme massive ou de conducteurs souples:

- Ceux-ci doivent être définis pour au moins la tension assignée d'isolement (voir 5.2.3) du circuit considéré.
- Les conducteurs entre deux points de raccordement ne doivent pas posséder de raccordement intermédiaire par exemple avec une épissure ou une soudure.
- Les conducteurs qui ne possèdent qu'une isolation principale ne doivent pas reposer sur des parties nues sous tension à des potentiels différents.
- Les contacts des conducteurs avec des arêtes vives doivent être empêchées.
- Les conducteurs d'alimentation des appareils et des instruments de mesure montés sur des panneaux ou des portes doivent être installés de telle manière qu'aucun dommage mécanique ne puisse être causé aux conducteurs à la suite d'un mouvement de ces panneaux ou de ces portes.
- Les connexions soudées à des appareils ne doivent être autorisées dans les ENSEMBLES que dans le cas où les appareils sont prévus pour ce type de connexion et que le type spécifié de conducteur est utilisé.
- Pour les appareils autres que ceux mentionnés ci-dessus, des pattes soudées ou des extrémités soudées de conducteurs à âme câblée ne sont pas acceptables dans des conditions de vibrations importantes. Dans les endroits où de fortes vibrations se produisent en service normal, par exemple sur les dragues et les grues, les navires, les équipements de levage et les locomotives, il convient d'accorder une attention particulière à la fixation des conducteurs.
- Généralement, il convient qu'un seul conducteur soit raccordé à une borne, le raccordement de deux ou plusieurs conducteurs à une seule borne est admissible uniquement dans les cas où les bornes sont conçues à cet effet.

Les dimensions de l'isolation solide entre des circuits distincts doivent se fonder sur le circuit présentant la tension assignée d'isolement la plus élevée.

8.6.4 Choix et installation de conducteurs actifs non protégés pour réduire la possibilité de courts-circuits

Dans un ENSEMBLE, les conducteurs actifs qui ne sont pas protégés par des dispositifs de protection contre les courts-circuits (voir 8.6.1 et 8.6.2) doivent être choisis et installés dans tout l'ENSEMBLE de façon telle qu'un court-circuit interne entre phases ou entre phase et terre soit très peu probable. Des exemples de types de conducteurs et d'exigences d'installation sont donnés au Tableau 4. Les conducteurs actifs non protégés choisis et installés comme dans le Tableau 4 et ayant un SCPD du côté aval ne doivent pas dépasser 3 m de long.

8.6.5 Identification des conducteurs des circuits principaux et auxiliaires

A l'exception des cas mentionnés en 8.6.6, la méthode et les repères d'identification des conducteurs, par exemple par disposition, couleurs ou symboles, sur les bornes auxquelles ils sont raccordés ou sur la ou les extrémités des conducteurs eux-mêmes, relèvent de la responsabilité du fabricant d'ENSEMBLES et doivent être conformes aux indications des

schémas et dessins de câblage. Lorsque cela convient, l'identification selon la CEI 60445 et la CEI 60446 doit être utilisée.

8.6.6 Identification du conducteur de protection (PE, PEN) et du conducteur neutre (N) des circuits principaux

Le conducteur de protection doit pouvoir être facilement distingué par son emplacement et/ou son marquage ou sa couleur. Si l'identification se fait par la couleur, on ne doit utiliser que le vert et le jaune (double coloration) qui sont strictement réservés au conducteur de protection. Lorsque le conducteur de protection est un câble monoconducteur isolé, cette identification par la couleur doit être utilisée de préférence sur toute sa longueur.

Il convient que tout conducteur neutre du circuit principal soit facilement repérable par son emplacement et/ou son repérage ou sa couleur. Si l'identification se fait par la couleur, on doit utiliser le bleu (voir CEI 60446).

8.7 Refroidissement

Les ENSEMBLES peuvent être équipés à la fois d'un système de refroidissement naturel et d'un système de refroidissement forcé. Si des précautions spéciales sont nécessaires sur le lieu d'installation pour assurer un refroidissement convenable, le fabricant d'ENSEMBLES doit fournir les renseignements nécessaires (par exemple indication de la nécessité d'avoir des distances entre les pièces susceptibles d'empêcher la dissipation de chaleur ou de produire elles-mêmes de la chaleur).

8.8 Bornes pour conducteurs externes

Le fabricant d'ENSEMBLES doit indiquer si les bornes conviennent pour des conducteurs en cuivre ou en aluminium, ou pour les deux. Les bornes doivent être telles que les conducteurs externes puissent être raccordés par un moyen (vis, connecteurs, etc.) assurant que la pression de contact nécessaire correspondant à la valeur assignée du courant et à la résistance aux courts-circuits de l'appareil et du circuit soit maintenue.

En l'absence d'accord spécial entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, les bornes doivent être capables de recevoir des conducteurs en cuivre, dont les sections vont des plus petites jusqu'aux plus grandes correspondant aux courants assignés appropriés (voir Annexe A).

Lorsqu'on utilise des conducteurs en aluminium, le type, les dimensions et la méthode de terminaison des conducteurs doivent être tels que prévus dans l'accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur.

Dans le cas où des conducteurs externes destinés aux circuits électroniques à bas niveau de courant et de tension (moins de 1 A et moins de 50 V alternatif ou 120 V continu) doivent être raccordés à un ENSEMBLE, le Tableau A.1 ne s'applique pas.

L'espace disponible pour le branchement doit permettre le raccordement correct des conducteurs externes du matériau indiqué et l'épanouissement des conducteurs dans le cas de câbles à âmes multiples.

NOTE 1 Aux Etats-Unis (USA) et au Mexique, il est recommandé d'utiliser le code électrique national pour déterminer les exigences de courbure minimale des conducteurs. Aux USA, la norme NFPA 70, Article 312 s'applique. Au Canada, l'espacement et les courbures des câbles sont prescrites dans le Code Electrique Canadien, Partie 2 Norme C22.2 No. 0.12, Espacement et courbure des câbles dans les enveloppes pour équipements de tension assignée jusqu'à 750 V.

Les conducteurs ne doivent pas être soumis aux contraintes qui sont susceptibles de réduire leur espérance de vie normale.

Sauf accord contraire entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, sur circuits triphasés et neutres, les bornes pour le conducteur neutre doivent permettre le raccordement des conducteurs en cuivre dotés d'un courant permanent admissible:

- égal à la moitié du courant admissible du conducteur de phase, avec un minimum de 16 mm^2 , si la dimension du conducteur de phase dépasse 16 mm^2 ;
- égal au courant admissible total du conducteur de phase, si la dimension de ce dernier est égale ou inférieure à 16 mm^2 .

NOTE 2 Pour les conducteurs autres que les conducteurs en cuivre, il convient que les sections mentionnées ci-dessus soient remplacées par des sections d'une conductivité équivalente, ce qui peut exiger des bornes plus grandes.

NOTE 3 Pour certaines applications dans lesquelles le courant dans le conducteur neutre peut atteindre des valeurs élevées, par exemple des installations d'éclairage fluorescent de grande taille, un conducteur neutre ayant le même courant admissible que les conducteurs de phase ou un courant admissible supérieur peut être nécessaire, sous réserve d'accord spécial entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur.

Si des moyens de raccordement pour le neutre entrant et sortant, des conducteurs de protection et PEN sont prévus, ils doivent être disposés à proximité des bornes de conducteurs de phase associés.

Les ouvertures dans les entrées de câbles, les plaques de fermeture, etc., doivent être conçues de telle sorte que, si les câbles sont convenablement installés, les mesures indiquées de protection contre les contacts et le degré de protection soient obtenus. Cela implique le choix de dispositifs d'entrée de câbles adaptés à l'utilisation prévue par le fabricant d'ENSEMBLES.

Les bornes des conducteurs de protection externes doivent être marquées conformément à la CEI 60445. Comme exemple, voir le symbole graphique  N° 5019 de la CEI 60417. Ce symbole n'est pas exigé dans les cas où le conducteur de protection externe est destiné à être connecté à un conducteur de protection intérieur qui est clairement identifié par les couleurs verte et jaune.

Les bornes pour le raccordement des conducteurs de protection externes (PE, PEN) et des gaines métalliques des câbles de connexion (conduit en acier, gaine en plomb, etc) doivent, chaque fois que cela est nécessaire, être nues et, sauf spécification contraire, permettre le branchement de conducteurs de cuivre. Une borne séparée de dimension appropriée doit être fournie pour chaque sortie de conducteur(s) de protection de chaque circuit.

Sauf accord contraire entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur, les bornes pour conducteurs de protection doivent permettre le raccordement de conducteurs en cuivre qui possèdent une section qui dépend de la section des conducteurs de phase correspondants selon le Tableau 5.

Dans le cas d'enveloppes et de conducteurs en aluminium ou en alliage d'aluminium, on doit accorder une attention particulière au danger de corrosion électrolytique. Les moyens de connexion prévus pour assurer la continuité des parties conductrices avec les conducteurs de protection externes ne doivent avoir aucune autre fonction.

NOTE 4 Des précautions spéciales peuvent être nécessaires lorsque des parties métalliques de l'ENSEMBLE, en particulier les plaques de presse-étoupe, ayant un fini de surface résistant à l'abrasion, par exemple un revêtement pulvérulent, sont utilisées.

L'identification des bornes doit être conforme à la CEI 60445 à moins qu'il n'en soit établi autrement.

9 Exigences de performance

9.1 Propriétés diélectriques

9.1.1 Généralités

Chaque circuit de l'ENSEMBLE doit être capable de résister:

- aux surtensions temporaires;
- aux surtensions transitoires.

La capacité à résister aux surtensions temporaires et l'intégrité de l'isolation solide sont vérifiées sous la tension de tenue à fréquence industrielle tandis que la capacité de l'ensemble à supporter les surtensions transitoires est vérifiée par la tension de tenue aux chocs.

9.1.2 Tension de tenue à fréquence industrielle

Les circuits de l'ENSEMBLE doivent être capables de supporter les tensions de tenue à fréquence industrielle appropriées données dans les Tableaux 8 et 9. La tension d'isolement assignée de tout circuit de l'ensemble doit être supérieure ou égale à sa tension maximale d'emploi.

9.1.3 Tension de tenue aux chocs

9.1.3.1 Tensions de tenue aux chocs des circuits principaux

Les distances d'isolement entre les parties actives et les parties destinées à être reliées à la terre, ainsi que les distances entre les pôles doivent être capables de supporter la tension d'essai donnée au Tableau 10 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

La tension assignée de tenue aux chocs pour une valeur donnée de la tension assignée d'emploi ne doit pas être inférieure à celle qui correspond, dans l'Annexe G, à la tension nominale du réseau d'alimentation du circuit à l'endroit où l'ENSEMBLE est destiné à être utilisé, et à la catégorie de surtension appropriée.

9.1.3.2 Tensions de tenue aux chocs des circuits auxiliaires

- a) Les circuits auxiliaires qui sont raccordés au circuit principal et qui fonctionnent à la tension assignée d'emploi sans aucun dispositif de réduction des surtensions, doivent être conformes aux exigences de 9.1.3.1.
- b) Les circuits auxiliaires qui ne sont pas raccordés au circuit principal peuvent avoir une tenue aux surtensions différente de celle du circuit principal. Les distances d'isolement de tels circuits, alternatifs ou continus, doivent être capables de supporter la tension de tenue aux chocs appropriée, conformément à l'Annexe G.

9.1.4 Protection des dispositifs de protection contre les surtensions

Lorsque les conditions de surtension exigent que des dispositifs de protection contre les surtensions (SPD) soient raccordés aux jeux de barres principaux, de tels dispositifs doivent être protégés pour empêcher les conditions de court-circuit non contrôlées comme spécifié par le fabricant des SPD.

9.2 Limites d'échauffement

Les limites d'échauffement données au Tableau 6 s'appliquent pour les températures moyennes de l'air ambiant inférieures ou égales à 35 °C et ne doivent pas être dépassées pour les ENSEMBLES quand ils sont vérifiés conformément à 10.10.

L'échauffement d'un élément ou d'une partie est la différence entre la température de cet élément ou de cette partie mesurée conformément à 10.10.2.3.3 et la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'ENSEMBLE.

Les échauffements obtenus au cours de l'essai ne doivent pas causer de dommages aux parties parcourues par le courant ou aux pièces adjacentes de l'ENSEMBLE. En particulier, pour les matériaux isolants, le fabricant d'ENSEMBLES doit démontrer la conformité soit par référence à l'indice de température de l'isolation (déterminé par exemple par des méthodes de la CEI 60216) soit par conformité à la CEI 60085.

NOTE Aux Etats-Unis (USA) et au Mexique, les Codes Electriques Nationaux sont utilisés pour spécifier les échauffements minimaux. Aux USA, la norme NFPA 70, Article 110.14C s'applique. Pour ces applications, il convient que les échauffements soient choisis en utilisant l'Annexe M, Tableau M.1 de la présente norme. Au Canada, l'échauffement maximal est prescrit dans le Code Electrique Canadien, Partie 2, Normes de Sécurité des Produits.

9.3 Protection contre les courts-circuits et tenue aux courts-circuits

9.3.1 Généralités

Les ENSEMBLES doivent être capables de résister aux contraintes thermiques et dynamiques résultant de courants de court-circuit ne dépassant pas les valeurs assignées.

NOTE 1 Les contraintes de court-circuit peuvent être réduites par l'utilisation de dispositifs limiteurs de courant par exemple inductances, fusibles limiteurs de courant ou autres dispositifs de coupure limiteurs de courant.

Les ENSEMBLES doivent être protégés contre les courants de court-circuit au moyen, par exemple, de disjoncteurs, de coupe-circuit à fusibles ou d'une combinaison des deux, qui peuvent être soit incorporés à l'ENSEMBLE, soit disposés à l'extérieur de celui-ci.

NOTE 2 Pour les ENSEMBLES conçus pour être utilisés dans les schémas IT (voir la CEI 60364-5-52), il convient que le dispositif de protection contre les courts-circuits ait un pouvoir de coupure suffisant sur chaque pôle sous la tension entre phases pour éliminer un double défaut à la terre.

NOTE 3 Sauf spécification contraire dans les instructions d'utilisation et de maintenance du fabricant d'ENSEMBLES, les ENSEMBLES qui ont subi un court-circuit peuvent ne pas être adaptés à une remise en service ultérieure sans un examen et/ou une maintenance par des personnes qualifiées.

9.3.2 Indications concernant la tenue aux courts-circuits

Pour les ENSEMBLES où un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) est incorporé à l'unité d'arrivée, le fabricant d'ENSEMBLES doit indiquer la valeur maximale permise du courant de court-circuit présumé aux bornes d'arrivée de l'ENSEMBLE. Cette valeur ne doit pas être supérieure à la ou aux caractéristiques assignées (voir 5.3.4, 5.3.5 et 5.3.6). Le facteur de puissance et les valeurs de crête correspondants doivent être ceux qui sont indiqués en 9.3.3.

Si l'on utilise un disjoncteur à déclenchement temporisé comme dispositif de protection contre les courts-circuits, le fabricant d'ENSEMBLES doit spécifier la temporisation maximale et le réglage correspondant au courant de court-circuit présumé indiqué.

Pour les ENSEMBLES dont le dispositif de protection contre les courts-circuits n'est pas incorporé à l'unité d'arrivée, le fabricant d'ENSEMBLES doit indiquer la tenue aux courts-circuits d'une ou de plusieurs des manières suivantes:

- a) courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) ainsi que la durée correspondante, (voir 5.3.5) et courant assigné de crête admissible (I_{pk}) (voir 5.3.4);
- b) courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}) (voir 5.3.6).

Pour les durées n'excédant pas 3 s, la relation entre le courant assigné de courte durée et la durée est donnée par la formule $I^2t = \text{constante}$, à condition que la valeur de crête ne dépasse pas le courant assigné de crête admissible.

Le fabricant d'ENSEMBLES doit indiquer les caractéristiques des dispositifs de protection contre les courts-circuits nécessaires à la protection de l'ENSEMBLE.

Pour un ENSEMBLE ayant plusieurs unités d'arrivée non susceptibles de fonctionner simultanément, la tenue aux courts-circuits peut être indiquée pour chacune des unités d'arrivée conformément à ce qui précède.

Pour un ENSEMBLE ayant plusieurs unités d'arrivée susceptibles de fonctionner simultanément, et pour un ENSEMBLE ayant une unité d'arrivée et une ou plusieurs unités de sortie pour unités de grande puissance, de nature à alimenter le court-circuit, il est nécessaire de déterminer les valeurs du courant de court-circuit présumé dans chaque unité d'arrivée, dans chaque unité de départ et dans les jeux de barres sur la base des données fournies par l'utilisateur.

9.3.3 Relation entre le courant de crête et le courant de courte durée

Pour déterminer les contraintes électrodynamiques, la valeur du courant de crête doit être obtenue en multipliant la valeur efficace du courant assigné de court-circuit par le facteur n . Les valeurs du facteur n et le facteur de puissance correspondant sont donnés au Tableau 7.

9.3.4 Coordination des appareils de protection

La coordination des appareils de protection à l'intérieur de l'ENSEMBLE avec ceux utilisés à l'extérieur de l'ENSEMBLE doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant d'ENSEMBLES et l'utilisateur. Les indications données dans le catalogue du fabricant d'ENSEMBLES peuvent tenir lieu d'un tel accord.

Si les conditions de service exigent une continuité maximale d'alimentation, il convient que les réglages ou le choix des dispositifs de protection contre les courts-circuits à l'intérieur de l'ENSEMBLE soient, si possible, fixés de telle sorte qu'un court-circuit se produisant dans tout circuit de départ soit éliminé par l'appareil de connexion installé dans le circuit de départ défectueux sans affecter les autres départs, assurant ainsi la sélectivité du système de protection.

Lorsque les dispositifs de protection contre les courts-circuits sont raccordés en série et sont prévus pour fonctionner simultanément pour atteindre le pouvoir de coupure en court-circuit exigé (c'est-à-dire la protection de secours), le fabricant d'ENSEMBLES doit informer l'utilisateur (par exemple par une étiquette d'avertissement dans l'ensemble ou dans les instructions de fonctionnement, voir 6.2) qu'aucun des appareils de protection ne peut être remplacé par un autre appareil qui ne soit pas de type et de caractéristiques assignées identiques, dès lors que le pouvoir de coupure de la combinaison d'appareils pourrait être compromis s'il en était autrement.

9.4 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Pour les exigences de performance liées à la CEM, voir J.9.4 de l'Annexe J.

10 Vérification de conception

10.1 Généralités

La vérification de conception est destinée à vérifier la conformité de la conception d'un ENSEMBLE ou d'un système d'ENSEMBLE avec les exigences de la présente série de normes. Les essais doivent être réalisés sur un échantillon représentatif d'un ensemble, dans un état propre et neuf.

Lorsque des essais sur l'ENSEMBLE ont été réalisés selon la série CEI 60439, préalablement à la publication de la norme de produit appropriée de la série CEI 61439, et que les résultats d'essai satisfont aux exigences de la partie appropriée de la CEI 61439, il n'est pas nécessaire de répéter la vérification de ces exigences.

La répétition des vérifications selon les normes de produits des appareils de connexion ou des composants incorporés à l'intérieur de l'ENSEMBLE qui ont été choisis selon 8.5.3 et installés selon les instructions du fabricant n'est pas exigée. Les essais sur des appareils individuels selon leur normes de produit respectives ne constituent pas une alternative aux vérifications de conception de cette norme pour les ENSEMBLES.

La vérification de la conception doit être obtenue par l'application d'une ou de plusieurs des méthodes équivalentes et alternatives suivantes selon ce qui est approprié: essais, calculs, mesures physiques ou validation des règles de conception. Voir Annexe D.

Les performances de l'ENSEMBLE peuvent être affectées par les essais de vérification (par exemple essai de court-circuit). Il convient que ces essais ne soient pas réalisés sur un ENSEMBLE qui est destiné à être mis en service.

Un ENSEMBLE qui est vérifié conformément à la présente norme par un fabricant d'origine (voir 3.10.1) et qui est fabriqué ou assemblé par un autre ne doit pas subir à nouveau les vérifications de conception d'origine si toutes les exigences et instructions spécifiées et fournies par le fabricant d'origine sont satisfaites. Lorsque le fabricant d'ENSEMBLES incorpore ses propres dispositions non comprises dans la vérification du fabricant d'origine, le fabricant d'ENSEMBLES est réputé être le fabricant d'origine conformément à ces dispositions.

La vérification individuelle de série doit être réalisée sur l'ENSEMBLE final conformément à l'Article 11.

La vérification de conception doit comprendre ce qui suit:

1) Construction:

- 10.2 Résistance des matériaux et des parties;
- 10.3 Degré de protection procuré par les enveloppes;
- 10.4 Distances d'isolement et lignes de fuite;
- 10.5 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection;
- 10.6 Intégration des appareils de connexion et des composants;
- 10.7 Circuits électriques internes et connexions;
- 10.8 Bornes pour conducteurs externes.

2) Performances:

- 10.9 Propriétés diélectriques;
- 10.10 Echauffement;
- 10.11 Tenue aux courts-circuits;
- 10.12 Compatibilité électromagnétique;
- 10.13 Fonctionnement mécanique.

Le nombre d'ENSEMBLES ou de pièces d'ENSEMBLES utilisés pour la vérification et l'ordre dans lequel la vérification est réalisée doivent être laissés à l'initiative du fabricant d'origine.

Les données utilisées, les calculs effectués et les comparaisons réalisées dans le cadre de la vérification des ENSEMBLES doivent être consignés dans un rapport d'essai.

10.2 Résistance des matériaux et des parties

10.2.1 Généralités

Les capacités mécaniques, électriques et thermiques des matériaux de construction et des pièces de L'ENSEMBLE doivent être réputées prouvées par la vérification des caractéristiques de construction et de performances.

Lorsqu'une enveloppe vide conforme à la CEI 62208 est utilisée et qu'elle n'a pas été modifiée d'une manière pouvant dégrader ses performances, aucun essai supplémentaire selon 10.2 n'est exigé.

10.2.2 Résistance à la corrosion

10.2.2.1 Procédure d'essai

La résistance à la corrosion des échantillons représentatifs d'enveloppes en métal ferreux et des pièces internes et externes en métal ferreux de l'ENSEMBLE doit être vérifiée.

L'essai doit être réalisé sur une enveloppe ou sur un échantillon représentatif présentant les mêmes détails de construction que l'enveloppe elle-même. Dans tous les cas, les charnières, les dispositifs de blocage et les moyens de fixation doivent également être soumis aux essais à moins d'avoir subi au préalable un essai équivalent et que leur résistance à la corrosion n'ait pas été affectée par leur application.

Lorsque l'enveloppe est soumise à l'essai, elle doit être montée comme en usage normal conformément aux instructions du fabricant d'origine.

Les échantillons d'essai doivent être neufs et propres et ils doivent être soumis à l'essai de sévérité A ou B, comme indiqué en 10.2.2.2 et 10.2.2.3.

NOTE L'essai de brouillard salin fournit une atmosphère qui accélère la corrosion et ceci n'implique pas que l'ENSEMBLE soit adapté à une atmosphère chargée en sel.

10.2.2.2 Essai de sévérité A

Cet essai s'applique:

- aux enveloppes métalliques pour installation à l'intérieur;
- aux parties externes métalliques des ENSEMBLES pour installation à l'intérieur;
- aux parties internes métalliques des ENSEMBLES pour installation à l'intérieur et à l'extérieur dont le fonctionnement mécanique normal peut dépendre.

L'essai se compose de:

6 cycles de 24 h chacun pour l'essai cyclique de chaleur humide selon la CEI 60068-2-30 (Essai Db) à $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ et avec une humidité relative de 95 %

et

2 cycles de 24 h chacun pour l'essai au brouillard salin selon la CEI 60068-2-11, Essai Ka: Brouillard salin, température de $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

10.2.2.3 Essai de sévérité B

Cet essai s'applique:

- aux enveloppes métalliques pour installation à l'extérieur;
- aux parties externes métalliques des ENSEMBLES pour installation à l'extérieur.

L'essai comprend deux périodes identiques de 12 jours.

Chaque période de 12 jours comprend:

5 cycles de 24 h chacun pour l'essai cyclique de chaleur humide selon la CEI 60068-2-30 (Essai Db) à $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ et avec une humidité relative de 95 %

et

7 cycles de 24 h chacun pour l'essai au brouillard salin selon la CEI 60068-2-11, Essai Ka: Brouillard salin, température de $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

10.2.2.4 Résultats à obtenir

A l'issue de l'essai, l'enveloppe ou les échantillons doivent être lavés à l'eau courante sous le robinet pendant 5 min, rincés dans de l'eau distillée ou déminéralisée puis secoués ou soumis à un courant d'air pour éliminer les gouttes d'eau. L'échantillon en essai doit ensuite être stocké dans les conditions normales d'emploi pendant 2 h.

La conformité est vérifiée par un examen visuel montrant:

- qu'il n'y a pas de trace d'oxyde de fer, de fissure ou d'autre détérioration supérieure aux valeurs admises dans l'ISO 4628-3 pour un degré de corrosion par la rouille Ri1. Toutefois, la détérioration de la surface du revêtement de protection est admise. En cas de doute concernant les peintures et les vernis, on doit se référer à l'ISO 4628-3 pour vérifier que les échantillons sont conformes au spécimen Ri1;
- que l'intégrité mécanique n'est pas affectée;
- que les joints ne sont pas endommagés;
- que les portes, charnières, dispositifs de blocage et de fixation fonctionnent sans effort anormal.

10.2.3 Propriétés des matériaux isolants

10.2.3.1 Vérification de la stabilité thermique des enveloppes

La stabilité thermique des enveloppes fabriquées en matériau isolant doit être vérifiée par l'essai de chaleur sèche. L'essai doit être réalisé selon la CEI 60068-2-2 Essai Bb, à la température de $70 ^\circ\text{C}$, en circulation d'air naturelle pendant une durée de 168 h et avec une durée de rétablissement de 96 h.

Les parties à usage décoratif qui n'ont pas de rôle technique ne doivent pas être prises en compte pour cet essai.

L'enveloppe, montée comme en usage normal, est soumise à un essai dans une étuve avec une atmosphère ayant la composition et la pression de l'air ambiant et ventilée par circulation naturelle. Si les dimensions de l'enveloppe ne sont pas compatibles avec celles de l'étuve, l'essai doit être effectué sur un échantillon représentatif de l'enveloppe.

Il est recommandé d'utiliser une étuve électrique.

La circulation naturelle peut être assurée par des trous dans les parois de l'étuve.

L'enveloppe ou l'échantillon ne doit pas présenter de craquelure visible avec une vision normale ou corrigée sans grossissement complémentaire et le matériau ne doit pas être devenu collant ou gras, cet aspect étant jugé comme suit:

L'index étant enroulé dans une pièce sèche de tissu brut, on appuie sur l'échantillon avec une force de 5 N.

NOTE La force de 5 N peut être obtenue de la manière suivante: l'enveloppe ou l'échantillon est placé sur un des plateaux d'une balance tandis que l'autre plateau est chargé avec une masse égale à la masse de l'échantillon plus 500 g. On restaure ensuite l'équilibre de la balance en exerçant une pression verticale sur l'échantillon avec l'index entouré d'une pièce sèche de tissu brut.

Le tissu ne doit laisser aucune trace sur l'échantillon et le matériau de l'enveloppe ou de l'échantillon ne doit pas coller au tissu.

10.2.3.2 Vérification de la tenue des matériaux isolants à la chaleur normale

La tenue des matériaux isolants à la chaleur normale doit être vérifiée selon la CEI 60695-2-10. L'essai doit être réalisé sur un échantillon représentatif de chacun des matériaux isolants prélevés sur les enveloppes, les barrières et les autres parties isolantes.

L'essai doit être effectué dans une étuve aux températures indiquées ci-après.

- Parties nécessaires pour maintenir en place des parties où circule le courant: $(125 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- Autres parties: $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

10.2.3.3 Vérification de la tenue des matériaux isolants à la chaleur anormale et au feu dû aux effets électriques internes

Les principes de l'essai au fil incandescent de la CEI 60695-2-10 et les détails donnés dans la CEI 60695-2-11 doivent être utilisés pour vérifier la bonne adaptation des matériaux utilisés:

- a) sur les parties des ENSEMBLES, ou
- b) sur les parties prélevées sur ces parties.

L'essai doit être effectué sur un matériau ayant l'épaisseur minimale utilisée pour les parties en a) ou b).

Une variante consiste, pour le fabricant d'origine, à fournir des données sur la bonne adaptation des matériaux provenant du fournisseur du matériau isolant pour démontrer la conformité aux exigences de 8.1.5.3.

Pour une description de l'essai, voir l'Article 4 de la CEI 60695-2-11. Le dispositif à utiliser doit être tel que décrit à l'Article 5 de la CEI 60695-2-11.

La température de l'extrémité du fil incandescent doit être comme suit:

- $960 ^\circ\text{C}$ pour les parties nécessaires pour maintenir en place les pièces où circule le courant;
- $850 ^\circ\text{C}$ pour les enveloppes destinées au montage dans les parois creuses;
- $650 ^\circ\text{C}$ pour toutes les autres parties y compris les pièces nécessaires pour maintenir en place le conducteur de protection.

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

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée, ou
- si les flammes et l'incandescence de l'échantillon s'éteignent dans les 30 s après l'éloignement du fil incandescent.

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

10.2.4 Tenue aux rayonnements ultraviolets (UV)

Cet essai s'applique uniquement aux enveloppes et aux parties externes des ENSEMBLES destinés à être installés à l'extérieur et qui sont construites en matériaux synthétiques ou avec des métaux entièrement recouverts de matériau synthétique. Des échantillons représentatifs de telles parties doivent être soumis à l'essai suivant:

Essai aux UV selon l'ISO 4892-2 méthode A; 1 000 cycles de 5 min d'arrosage et de 25 min de période sèche avec lampe au xénon pendant un temps total d'essai de 500 h.

Les valeurs de température et d'humidité utilisées pour cet essai sont $(65 \pm 3) ^\circ\text{C}$ et $(65 \pm 5) \%$ respectivement sauf déclaration contraire du fabricant d'origine.

Pour les enveloppes en matériaux synthétiques, la conformité est vérifiée en s'assurant que la résistance à la flexion (selon l'ISO 178) et aux chocs Charpy (selon l'ISO 179) des matériaux synthétiques présente une rétention minimale de 70 %. Pour l'essai réalisé conformément à l'ISO 178, la surface de l'échantillon exposé aux UV doit être tournée face vers le bas et la pression doit être appliquée sur la surface non exposée. Pour les essais réalisés conformément à l'ISO 179, aucune rainure ne doit être coupée dans l'échantillon et l'impact doit être appliqué sur la surface exposée. Après l'essai, les échantillons doivent être soumis à l'essai au fil incandescent de 10.2.3.3.

Pour être conformes, les enveloppes construites avec des métaux entièrement recouverts de matériaux synthétiques doivent présenter une adhérence du matériau synthétique (selon l'ISO 2409) avec une rétention minimale de 50 %.

Les échantillons ne doivent pas présenter de craquelures ou de détérioration visibles avec une vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

Cet essai ne doit pas être réalisé si le fabricant d'origine peut fournir des données provenant du fournisseur du matériau synthétique pour démontrer que les matériaux de la même épaisseur ou moins épais sont conformes à cette exigence.

10.2.5 Levage

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

Le nombre maximal de colonnes que le fabricant d'origine permet de lever ensemble doit être complété avec des composants et/ou des lests pour obtenir une masse égale à 1,25 fois sa masse maximale pour le transport. Les portes étant fermées, il doit être levé avec les dispositifs de levage spécifiés et de la manière définie par le fabricant d'origine.

L'ENSEMBLE doit être levé de manière régulière en partant d'une position immobile, sans secousses, dans un plan vertical jusqu'à une hauteur de $(1 \pm 0,1)$ m puis redescendu de la même manière à une position immobile. Cet essai est répété encore deux fois puis l'ENSEMBLE est levé et suspendu pendant 30 min à une hauteur de $(1 \pm 0,1)$ m sans aucun mouvement.

A l'issue de cet essai, l'ENSEMBLE doit être levé de manière régulière et sans secousses en partant d'une position immobile jusqu'à une hauteur de $(1 \pm 0,1)$ m puis il est déplacé de $(10 \pm 0,5)$ m horizontalement et redescendu jusqu'à une position immobile. Cette séquence doit être réalisée trois fois à une vitesse uniforme, chaque séquence étant effectuée en 1 min au maximum.

Pendant l'essai, les masses d'essai étant en place, L'ENSEMBLE ne doit pas présenter de déviations et à l'issue de l'essai, il ne doit pas présenter de fissures ou de déformations permanentes, visibles avec une vision normale ou corrigée sans agrandissement supplémentaire, qui pourraient affecter une de ses caractéristiques.

10.2.6 Impact mécanique

Les essais d'impacts mécaniques, lorsqu'ils sont exigés par la norme particulière d'ENSEMBLES, doivent être réalisés conformément à la CEI 62262.

10.2.7 Marquages

Les marquages par moulage, impression, gravage ou procédé analogue ne doivent pas être soumis à l'essai suivant.

L'essai est réalisé en frottant manuellement le marquage pendant 15 s à l'aide d'une pièce de tissu préalablement trempée dans l'eau puis pendant 15 s avec une pièce de tissu trempée dans de l'essence minérale.

NOTE L'essence minérale est définie comme un hexane solvant avec un contenu aromatique de 0,1 % maximum en volume, un indice de kauri-butanol de 29, un point initial d'ébullition de 65 °C, un point final d'ébullition de 69 °C et une densité d'environ 0,68 g/cm³.

A l'issue de l'essai, les marquages doivent être lisibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

10.3 Degré de protection procuré par les ENSEMBLES

Le degré de protection procuré selon 8.2.2 doit être vérifié conformément à la CEI 60529; l'essai peut être réalisé sur un ENSEMBLE équipé représentatif. Dans les cas où une enveloppe vide conforme à la CEI 62208 est utilisée et qu'aucune modification extérieure pouvant donner lieu à une détérioration du degré de protection n'a été effectuée, aucun essai supplémentaire n'est requis.

Les ENSEMBLES qui présentent un degré de protection de IP 5X doivent être soumis aux essais conformément à la catégorie 2 de 13.4 de la CEI 60529.

Les ENSEMBLES qui présentent un degré de protection de IP 6X doivent être soumis aux essais conformément à la catégorie 1 de 13.4 de la CEI 60529.

Le dispositif d'essai pour IP X3 et IP X4 ainsi que le type de support pour l'enveloppe au cours de l'essai IP X4 doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

Les essais IP X1 à IP X6 sur un ENSEMBLE sont réputés défaillants si de l'eau entre en contact avec l'équipement électrique contenu dans l'enveloppe. La pénétration d'eau est admissible uniquement dans le cas où le point d'entrée est évident et que l'eau n'est en contact qu'avec la structure de l'enveloppe à un endroit où elle n'affectera pas la sécurité.

10.4 Distances d'isolement et lignes de fuite

Il doit être vérifié que les distances d'isolement et les lignes de fuite sont conformes aux exigences de 8.3.

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être mesurées conformément à l'Annexe F.

10.5 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection

10.5.1 Efficacité du circuit de protection

L'efficacité du circuit de protection est vérifiée pour les fonctions suivantes:

- a) protection contre les conséquences d'un défaut à l'intérieur d'un ENSEMBLE (défauts internes) selon 10.5.2, et
- b) protection contre les conséquences de défauts dans les circuits externes alimentés par l'intermédiaire de l'ENSEMBLE (défauts externes) selon 10.5.3.

10.5.2 Continuité du circuit de terre entre les masses de l'ENSEMBLE et le circuit de protection

Il doit être vérifié que les différentes masses de l'ENSEMBLE sont effectivement raccordées à la borne du conducteur de protection externe d'arrivée et que la résistance du circuit ne dépasse pas 0,1 Ω.

La vérification doit être effectuée en utilisant un instrument de mesure de la résistance qui soit capable de conduire un courant d'au moins 10 A (en alternatif ou en continu). On fait passer le courant entre chaque masse et la borne pour le conducteur de protection externe. La résistance ne doit pas dépasser 0,1 Ω .

NOTE Il est admis de limiter la durée de l'essai lorsque des équipements de faible puissance peuvent être affectés par l'essai.

10.5.3 Tenue aux courts-circuits du circuit de protection

10.5.3.1 Généralités

La tenue aux courts-circuits spécifiée par le fabricant doit être vérifiée. La vérification peut être effectuée en appliquant les règles de conception, les calculs ou les essais indiqués de 10.5.3.3 à 10.5.3.5 (voir aussi l'Annexe D).

Le fabricant doit déterminer la ou les conception(s) de référence qui sera/seront utilisée(s) en 10.5.3.3 et en 10.5.3.4.

10.5.3.2 Circuits de protection exemptés de la vérification de tenue aux courts-circuits

Lorsqu'un conducteur de protection séparé est prévu conformément à 8.4.3.2.3, les essais de court-circuit ne sont pas exigés si l'une des conditions de 10.11.2 est satisfaite.

10.5.3.3 Vérification par l'application des règles de conception

La vérification par l'application des règles de conception lors de la comparaison de l'ENSEMBLE à vérifier avec une conception ayant déjà été soumise aux essais en utilisant les points 1 à 6 et 8 à 10 de la liste de contrôle du Tableau 13 ne montre aucune divergence.

10.5.3.4 Vérification par comparaison avec une conception de référence

La vérification par comparaison avec une conception de référence basée sur le calcul doit être conforme à 10.11.4.

10.5.3.5 Vérification par essai

Le Paragraphe 10.11.5.6 s'applique.

10.6 Intégration des appareils de connexion et des composants

10.6.1 Généralités

La conformité avec les exigences de conception de 8.5 pour l'intégration des appareils de connexion et des composants doit être confirmée par examen et vérifiée par rapport aux exigences de la présente norme.

10.6.2 Compatibilité électromagnétique

Les exigences de performances de J.9.4 en matière de compatibilité électromagnétique doivent être confirmées par examen ou, si nécessaire, par des essais (voir J.10.12).

10.7 Circuits électriques internes et connexions

La conformité aux exigences de conception de 8.6 pour les circuits électriques internes et les connexions doit être confirmée par examen et vérifiée selon la présente norme.

10.8 Bornes pour conducteurs externes

La conformité aux exigences de conception de 8.8 pour les bornes des conducteurs externes doit être confirmée par examen.

10.9 Propriétés diélectriques

10.9.1 Généralités

Pour cet essai, tous les équipements électriques de l'ENSEMBLE doivent être raccordés à l'exception des appareils qui, selon les spécifications applicables, sont conçus pour une tension d'essai inférieure; les appareils qui absorbent du courant (par exemple enroulements, instruments de mesure, dispositifs pour la suppression des tensions de choc) dans lesquels l'application de la tension d'essai causerait un flux de courant, doivent être déconnectés. Ces appareils doivent être déconnectés à l'une de leurs bornes à moins qu'ils ne soient pas conçus pour résister à la pleine tension d'essai auquel cas toutes les bornes peuvent être déconnectées.

Pour les tolérances des tensions d'essai et le choix des matériels d'essai voir la CEI 61180.

10.9.2 Tension de tenue à fréquence industrielle

10.9.2.1 Circuits principaux, auxiliaires et de commande

Les circuits principaux, auxiliaires et de commande connectés au circuit principal doivent être soumis à la tension d'essai selon le Tableau 8.

Les circuits auxiliaires et de commande, qu'ils soient en courant continu ou en courant alternatif, et qui sont connectés au circuit principal doivent être soumis à la tension d'essai selon le Tableau 9.

10.9.2.2 Tension d'essai

La tension d'essai doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

Le transformateur à haute tension utilisé pour l'essai doit être conçu de telle sorte que, lorsque les bornes de sortie sont en court-circuit après l'ajustement de la tension de sortie à la tension d'essai appropriée, le courant de sortie soit au moins égal à 200 mA.

Le relais à maximum de courant ne doit pas se déclencher lorsque le courant de sortie est inférieur à 100 mA.

La valeur de la tension d'essai doit être celle spécifiée dans les Tableaux 8 ou 9 selon ce qui est approprié avec la tolérance autorisée de $\pm 3 \%$.

10.9.2.3 Application de la tension d'essai

La tension à fréquence industrielle au moment de l'application ne doit pas dépasser 50 % de la valeur d'essai pleine. Elle doit ensuite être augmentée de manière régulière jusqu'à sa pleine valeur et y être maintenue pendant $5 \left(\begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ s comme suit:

- a) entre tous les pôles du circuit principal raccordés entre eux (y compris les circuits de commande et auxiliaires raccordés au circuit principal) et l'enveloppe reliée à la terre, avec les contacts principaux de tous les appareils de connexion en position fermée ou pontés par une barrette adaptée à résistance faible;

- b) entre chaque pôle du circuit principal et, les autres pôles et l'enveloppe reliée à la terre raccordés ensemble, avec les contacts principaux de tous les appareils de connexion en position fermée ou pontés par une barrette adaptée à résistance faible;
- c) entre chaque circuit de commande et auxiliaire qui n'est normalement pas raccordé au circuit principal et
 - le circuit principal;
 - les autres circuits;
 - les masses y compris l'enveloppe reliée à la terre.

10.9.2.4 Critères d'acceptation

Le relais à maximum de courant ne doit pas fonctionner et il ne doit pas se produire de décharge disruptive (voir 3.6.18) au cours des essais.

10.9.3 Tension de tenue aux chocs

10.9.3.1 Généralités

La vérification doit être effectuée par un essai ou par la validation des règles de conception.

En remplacement de l'essai de tenue aux chocs de tension, le fabricant d'origine peut réaliser à sa discrétion un essai sous tension équivalent en courant continu ou en courant alternatif, selon 10.9.3.3 ou 10.9.3.4, mais il convient de porter attention au fait qu'un tel essai exerce des contraintes plus élevées.

10.9.3.2 Essai de tenue aux tensions de choc

Le générateur de tensions de choc doit être réglé pour la tension de choc prescrite avec l'ENSEMBLE raccordé. La valeur de la tension d'essai doit être telle que spécifiée en 9.1.3. La précision de la tension de crête appliquée doit être de $\pm 3\%$.

Les circuits auxiliaires qui ne sont pas raccordés aux circuits principaux doivent être raccordés à la terre. La tension de choc de 1,2/50 doit être appliquée à l'ENSEMBLE cinq fois pour chaque polarité à des intervalles de 1 s au minimum comme suit:

- a) entre tous les pôles du circuit principal raccordés entre eux (y compris les circuits de commande et auxiliaires raccordés au circuit principal) et l'enveloppe reliée à la terre, avec les contacts principaux de tous les appareils de connexion en position fermée ou pontés par une barrette adaptée à résistance faible;
- b) entre chaque pôle du circuit principal et, les autres pôles et l'enveloppe reliée à la terre raccordés ensemble, avec les contacts principaux de tous les appareils de connexion en position fermée ou pontés par une barrette adaptée à résistance faible.

Pour que le résultat soit acceptable, il ne doit pas se produire de décharge disruptive involontaire au cours des essais.

10.9.3.3 Essai alternatif sous tension à fréquence industrielle

La tension d'essai doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

Le transformateur à haute tension utilisé pour l'essai doit être conçu de telle sorte que, lorsque les bornes de sortie sont en court-circuit après l'ajustement de la tension de sortie à la tension d'essai appropriée, le courant de sortie soit au moins égal à 200 mA.

Le relais à maximum de courant ne doit pas se déclencher lorsque le courant de sortie est inférieur à 100 mA.

La valeur de la tension d'essai doit être celle spécifiée en 9.1.3 et au Tableau 10 selon ce qui est approprié avec la tolérance autorisée de $\pm 3 \%$.

La tension à fréquence industrielle doit être appliquée une fois, à sa pleine valeur, pendant une durée suffisante pour évaluer l'amplitude mais on doit se situer entre 15 ms et 100 ms.

Elle doit être appliquée à l'ENSEMBLE comme indiqué en 10.9.2.3 a), b) et c) ci-dessus.

Pour obtenir un résultat acceptable, le relais à maximum de courant ne doit pas fonctionner et il ne doit pas se produire de décharge disruptive au cours des essais.

10.9.3.4 Essai alternatif sous tension continue

La tension d'essai doit avoir une ondulation négligeable.

La source à haute tension utilisée pour l'essai doit être conçue de telle sorte que, lorsque les bornes de sortie sont en court-circuit après l'ajustement de la tension de sortie à la tension d'essai appropriée, le courant de sortie soit au moins égal à 200 mA.

Le relais à maximum de courant ne doit pas se déclencher lorsque le courant de sortie est inférieur à 100 mA.

La valeur de la tension d'essai doit être celle spécifiée en 9.1.3 et au Tableau 10 selon ce qui est approprié avec la tolérance autorisée de $\pm 3 \%$.

La tension continue doit être appliquée une seule fois pour chaque polarité pendant une durée suffisante pour évaluer l'amplitude mais on doit se situer entre 15 ms et 100 ms.

Elle doit être appliquée à l'ENSEMBLE comme indiqué en 10.9.2.3 a), b) et c) ci-dessus.

Pour obtenir un résultat acceptable, le relais à maximum de courant ne doit pas fonctionner et il ne doit pas se produire de décharge disruptive au cours des essais.

10.9.3.5 Règle de conception

Les distances d'isolement doivent être au moins 1,5 fois les valeurs spécifiées au Tableau 1.

NOTE Le facteur 1,5 concernant les valeurs du Tableau 1 est appliqué pour éviter les essais de tenue aux tensions de choc pour la vérification de conception. C'est un facteur de sécurité qui prend en compte les tolérances de fabrication.

Les distances d'isolement doivent être vérifiées par des mesures ou par la vérification des mesures sur les dessins de conception en utilisant les méthodes de mesure indiquées à l'Annexe F.

Il doit être vérifié par évaluation des données du fabricant du dispositif que tous les dispositifs incorporés sont adaptés à la tension assignée de tenue aux chocs spécifiée (U_{imp}).

10.9.4 Essais des enveloppes en matériau isolant

Pour les ENSEMBLES avec enveloppes en matériau isolant, un essai diélectrique complémentaire doit être effectué en appliquant une tension d'essai alternative entre une feuille métallique placée sur l'extérieur de l'enveloppe sur les ouvertures et les jonctions et les parties actives interconnectées et les masses à l'intérieur de l'ENSEMBLE situées près des ouvertures et des jonctions. Pour cet essai complémentaire, la tension d'essai doit être égale à 1,5 fois les valeurs indiquées au Tableau 8.

10.10 Vérification de l'échauffement

10.10.1 Généralités

On doit vérifier que les limites d'échauffement spécifiées en 9.2 pour les différentes parties de l'ENSEMBLE ou d'un système ENSEMBLE ne seront pas dépassées.

La vérification doit être réalisée par une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- a) des essais avec courant (10.10.2);
- b) déduction (à partir d'une conception testée) des caractéristiques pour des variantes similaires (10.10.3); ou
- c) par calcul (10.10.4).

Le choix des méthodes de vérification appropriées est de la responsabilité du fabricant d'origine.

Dans les ENSEMBLES prévus pour des fréquences supérieures à 60 Hz, la vérification de l'échauffement par un essai (10.10.2) ou par déduction à partir d'une conception similaire déjà testée à la même fréquence prévue (10.10.3) est toujours exigée.

Si des modifications sont apportées à l'ENSEMBLE, les règles données en 10.10 doivent être utilisées par le fabricant d'origine pour vérifier si ces modifications sont de nature à affecter l'échauffement de manière défavorable. Une nouvelle vérification doit être effectuée si un effet défavorable est probable.

NOTE Pour la déduction future des caractéristiques assignées, les fabricants d'origine peuvent juger utile de déterminer les pertes thermiques d'un ENSEMBLE.

10.10.2 Vérification par des essais électriques

10.10.2.1 Généralités

La vérification par un essai comprend les étapes suivantes:

- 1) Si l'ENSEMBLE à vérifier comprend des variantes, le ou les montage(s) le ou les plus défavorable(s) de l'ENSEMBLE doit/doivent être choisi(s) selon 10.10.2.2.
- 2) L'ENSEMBLE doit être vérifié par une des méthodes suivantes déterminée par le fabricant d'origine:
 - a) en tenant compte des unités fonctionnelles individuelles, des jeux de barres principal et de distribution et de l'ENSEMBLE collectivement conformément à 10.10.2.3.5;
 - b) en tenant compte des unités fonctionnelles individuelles séparément et de l'ENSEMBLE complet y compris les jeux de barres principales et de distribution conformément à 10.10.2.3.6;
 - c) en tenant compte des unités fonctionnelles individuelles et des jeux de barres principales et de distribution séparément ainsi que de l'ENSEMBLE complet conformément à 10.10.2.3.7.
- 3) Lorsque les ENSEMBLES soumis à l'essai sont les variantes les plus défavorables d'une gamme de produits plus large, les résultats de l'essai peuvent être utilisés pour établir les caractéristiques de variantes analogues sans procéder à d'autres essais. Les règles concernant ces déductions sont données en 10.10.3

10.10.2.2 Choix du montage représentatif

10.10.2.2.1 Généralités

L'essai doit être effectué sur un ou plusieurs montage(s) représentatif(s) chargés d'une ou plusieurs combinaisons de charges représentative (s) choisie(s) afin d'obtenir avec une précision raisonnable l'échauffement le plus élevé possible.

Le choix des montages représentatifs à soumettre aux essais est donné en 10.10.2.2.2 et 10.10.2.2.3 et il est de la responsabilité du fabricant d'origine. Le fabricant d'origine doit prendre en considération dans son choix de l'essai les configurations devant faire l'objet de déductions à partir des conceptions déjà essayées selon 10.10.3.

10.10.2.2.2 Jeux de barres

Pour les systèmes de jeux de barres constitués de sections rectangulaires uniques ou multiples de conducteurs, les variantes qui ne diffèrent que par la réduction de la hauteur, la réduction de l'épaisseur ou le nombre de barres par conducteur, mais qui ont la même configuration de barres, le même espacement entre conducteurs, la même enveloppe et le même compartiment de jeu de barres (le cas échéant), au moins pour l'essai, les jeux de barres dont la section est la plus élevée doivent être choisis comme montages représentatifs. Pour les caractéristiques des variantes de jeux de barres plus petites, voir 10.10.3.3.

10.10.2.2.3 Unités fonctionnelles

a) Choix de groupes d'unités fonctionnelles comparables

Les unités fonctionnelles destinées à être utilisées à différents courants assignés, mais qui remplissent les conditions suivantes peuvent être considérées comme ayant un comportement thermique similaire et comme formant une gamme comparable d'unités:

- i) la fonction et le schéma de câblage de base du circuit principal sont les mêmes (par exemple unité d'arrivée, démarreur inverseur, câble d'alimentation);
- ii) les appareils ont la même dimension de cadre et appartiennent à la même série;
- iii) la structure de montage est du même type;
- iv) la configuration mutuelle des appareils est la même;
- v) le type et la disposition des conducteurs sont les mêmes;
- vi) la section des conducteurs du circuit principal à l'intérieur de l'unité fonctionnelle doit avoir une caractéristique au moins égale à celle de l'appareil du circuit qui présente les caractéristiques les plus faibles. Le choix des conducteurs doit être tel que donné par les essais ou selon la CEI 60364-5-52. Des exemples sur la façon d'adapter la présente norme aux conditions à l'intérieur d'un ENSEMBLE sont donnés dans les tableaux de l'Annexe H.

b) Choix des variantes critiques comme échantillon en dehors des groupes comparables pour l'essai

Pour la variante critique, les conditions du compartiment (si applicable) et de l'enveloppe les plus sévères (en relation avec la forme, la taille, la conception des cloisons et de la ventilation de l'enveloppe) doivent être soumises à essai.

La caractéristique de courant maximale possible est établie pour chaque variante d'unité fonctionnelle. Pour les unités fonctionnelles contenant seulement un appareil, il s'agit du courant assigné de l'appareil. Pour les unités fonctionnelles qui contiennent plusieurs appareils, il s'agit du courant assigné le plus faible de tous. Si une combinaison de dispositifs connectés en série est destinée à être utilisée à un courant plus faible (par exemple combinaison de démarreurs de moteurs), c'est ce courant plus faible qui doit être utilisé.

Pour chaque unité fonctionnelle, la puissance dissipée est calculée à la valeur maximale possible du courant en utilisant les données fournies par le fabricant de l'appareil pour chaque appareil avec les puissances dissipées des conducteurs associés.

Pour les unités fonctionnelles dont les courants vont jusqu'à 630 A inclus, l'unité critique de chaque gamme est l'unité fonctionnelle qui présente la puissance dissipée totale la plus élevée.

Pour les unités fonctionnelles dont les courants sont supérieurs à 630 A, l'unité critique dans chaque gamme est celle qui présente le courant assigné le plus élevé. Ceci assure que les effets thermiques complémentaires concernant les courants de Foucault et le déplacement de courant sont pris en compte.

L'unité fonctionnelle critique doit au moins être essayée à l'intérieur du plus petit compartiment (le cas échéant) prévu pour cette unité fonctionnelle; et avec la variante la plus défavorable de séparation interne (le cas échéant) au regard de la taille des ouvertures de ventilation; et l'enveloppe ayant la puissance dissipée par unité de volume installée la plus élevée; et la variante de ventilation d'enveloppe la plus défavorable au regard du type de ventilation (naturelle ou à convection forcée) et de la taille des ouvertures de ventilation.

Si l'unité fonctionnelle peut être configurée dans différentes orientations (horizontale, verticale), on doit alors essayer la configuration la plus sévère.

NOTE Un essai supplémentaire peut être réalisé à la discrétion du fabricant d'origine sur des configurations et des variantes d'unités fonctionnelles moins critiques.

10.10.2.3 Méthodes d'essai

10.10.2.3.1 Généralités

L'essai d'échauffement sur les circuits individuels doit être effectué avec le type de courant pour lequel ils sont prévus et à la fréquence de conception. Toute valeur pratique de la tension d'essai peut être utilisée pour produire le courant désiré. Les bobines de relais, les contacteurs, les déclencheurs, etc. doivent être alimentés sous la tension assignée d'emploi.

L'ENSEMBLE doit être disposé comme pour l'usage normal avec l'ensemble des panneaux, y compris les plaques inférieures, etc., en place.

Si l'ensemble comprend des coupe-circuits à fusibles, ceux-ci doivent être équipés pour l'essai d'éléments de remplacement du type spécifié par le fabricant. Les puissances dissipées dans les éléments de remplacement utilisés pour l'essai doivent être indiquées dans le rapport d'essai. La puissance dissipée des éléments de remplacement peut être déterminée par une mesure ou sinon selon les indications du fabricant des coupe-circuits à fusibles.

Les dimensions et la disposition des conducteurs externes utilisés pour l'essai doivent figurer dans le rapport d'essai.

L'essai doit avoir une durée suffisante pour que l'échauffement atteigne une valeur constante. Dans la pratique, cette condition est remplie lorsque la variation de tous les points mesurés (y compris la température de l'air ambiant) ne dépasse pas 1 K/h.

Pour abréger l'essai, si les dispositifs le permettent, le courant peut être augmenté au cours de la première partie de l'essai puis réduit au courant d'essai spécifié.

Lorsqu'un électro-aimant de commande est alimenté au cours de l'essai, la température est mesurée lorsque l'équilibre thermique est atteint à la fois dans le circuit principal et dans l'électro-aimant de commande.

Les essais d'échauffement sur le ou les circuit(s) réalisés à 50 Hz sont applicables aux courants jusqu'à 800 A inclus. Pour les courants supérieurs à 800 A, le courant assigné à 60 Hz doit être réduit à 95 % de celui à 50 Hz. Sinon, si l'échauffement maximal à 50 Hz ne dépasse pas 90 % de la valeur admissible, la réduction pour 60 Hz n'est alors pas nécessaire.

Les essais sur une colonne particulière de l'ENSEMBLE sont admissibles sous réserve que les conditions de 10.10.2.2 soient satisfaites. Pour que l'essai soit représentatif, les surfaces

externes auxquelles les colonnes supplémentaires peuvent être raccordées doivent être isolées thermiquement avec un panneau pour empêcher tout refroidissement indu.

Lors de l'essai d'unités fonctionnelles séparées à l'intérieur d'une colonne, les unités fonctionnelles adjacentes peuvent être remplacées par des résistances chauffantes si la caractéristique de chacune d'entre elles ne dépasse pas 630 A et que leur température ne fait pas l'objet d'une mesure.

Si il existe des ENSEMBLES dans lesquels il est possible que des circuits de commande ou des appareils supplémentaires puissent être incorporés, les résistances chauffantes doivent simuler la puissance dissipée de ces éléments supplémentaires.

10.10.2.3.2 Conducteurs d'essai

En l'absence de renseignements détaillés concernant les conducteurs externes et les conditions d'emploi, la section des conducteurs d'essai externes doit être conforme à ce qui suit.

1) Pour les valeurs de courant assigné jusqu'à 400 A inclus:

- a) les conducteurs doivent être des câbles en cuivre ou des fils isolés unipolaires de section comme indiqué au Tableau 11;
- b) autant que possible en pratique, les conducteurs doivent être à l'air libre;
- c) la longueur minimale de chaque connexion temporaire entre bornes doit être de:
 - 1 m pour les sections inférieures ou égales à 35 mm²;
 - 2 m pour les sections supérieures à 35 mm².

2) Pour les valeurs de courant assigné supérieures à 400 A mais inférieures à 800 A:

- a) Les conducteurs doivent être des câbles de cuivre unipolaires de section comme indiqué au Tableau 12 ou des barres de cuivre équivalentes comme indiqué au Tableau 12 et comme spécifié par le fabricant d'origine.
- b) Les câbles ou les barres en cuivre doivent être espacés d'environ la distance existant entre les bornes. Les câbles multiples en parallèle sur une borne doivent être assemblés et disposés avec un espace d'environ 10 mm entre eux. Les barres multiples en cuivre relatives à une même borne doivent être séparées les unes des autres par une distance correspondant approximativement à leur épaisseur. Si les dimensions indiquées pour les barres ne conviennent pas aux bornes ou ne sont pas disponibles, il est admis d'utiliser d'autres barres ayant les mêmes sections $\pm 10\%$ et des surfaces de refroidissement de même dimension ou plus petites. Les câbles ou les barres en cuivre ne doivent pas cheminer ensemble.
- c) Pour des essais monophasés ou polyphasés, la longueur minimale de toute connexion temporaire à l'alimentation d'essai doit être de 2 m. La longueur minimale jusqu'au point commun peut être réduite à 1,2 m, si accord avec le fabricant d'origine.

3) Pour les valeurs de courant assigné supérieures à 800 A mais inférieures à 4 000 A:

- a) Les conducteurs doivent être des barres de cuivre aux dimensions indiquées au Tableau 12 sauf si l'ENSEMBLE est conçu seulement pour un raccordement de câbles. Dans ce cas, la dimension et la disposition des câbles doivent être telles que spécifiées par le fabricant d'origine.
- b) Les barres de cuivre doivent être espacées d'environ la distance existant entre les bornes. Les barres multiples en cuivre relatives à une même borne doivent être séparées les unes des autres par une distance correspondant approximativement à leur épaisseur. Si les dimensions indiquées pour les barres ne conviennent pas aux bornes ou ne sont pas disponibles, il est admis d'utiliser d'autres barres ayant les mêmes sections $\pm 10\%$ et des surfaces de refroidissement de même dimension ou plus petites. Les barres de cuivre ne doivent pas cheminer ensemble.
- c) Pour les essais monophasés ou polyphasés, la longueur minimale de toute connexion temporaire à l'alimentation d'essai doit être de 3 m, mais elle peut être réduite à 2 m à

condition que l'échauffement à l'extrémité de la connexion ne soit pas inférieur de plus de 5 K à celui du milieu de la connexion. La longueur minimale jusqu'au point de neutre doit être de 2 m.

4) Pour les valeurs de courant assigné supérieures à 4000 A:

Le fabricant d'origine doit déterminer tous les éléments appropriés de l'essai tels que le type d'alimentation, le nombre de phases et la fréquence (s'il y a lieu), les sections des conducteurs d'essai, etc. Ces informations doivent être disponibles dans le rapport d'essai.

10.10.2.3.3 Mesure des températures

Des thermocouples ou des thermomètres doivent être utilisés pour les mesures de température. Pour les enroulements, la méthode de mesure de la température par variation de la résistance doit généralement être utilisée.

Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

La température doit être mesurée à tous les endroits où une limite d'échauffement (voir 9.2) doit être observée. Une attention particulière doit être accordée aux jonctions des conducteurs et des bornes dans les circuits principaux. Pour la mesure de la température de l'air à l'intérieur d'un ensemble, plusieurs appareils de mesure doivent être disposés aux endroits appropriés.

10.10.2.3.4 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée au moyen d'au moins deux thermomètres ou thermocouples également répartis autour de l'ENSEMBLE environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m de l'ENSEMBLE. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

La température ambiante pendant l'essai doit être comprise entre +10 °C et +40 °C.

10.10.2.3.5 Vérification de l'ENSEMBLE complet

Les circuits d'arrivée et les circuits de départ de l'ENSEMBLE doivent être chargés avec leurs courants assignés (voir 5.3.2) qui donnent le facteur de diversité assigné égal à 1 (voir 5.3.3).

Si plusieurs circuits ou l'ensemble des circuits d'un ENSEMBLE sont chargés simultanément alors le même circuit est uniquement capable de transporter son courant assigné multiplié par le facteur de diversité assigné (voir 5.3.3), en raison de l'influence thermique des autres circuits. C'est pourquoi, pour vérifier les courants assignés de tous les circuits, un essai séparé est nécessaire pour chaque type de circuit. Pour vérifier le facteur de diversité assigné, un essai complémentaire avec une charge simultanée sur tous les circuits doit être réalisé.

Pour éviter le grand nombre d'essais qui peut être nécessaire, ce paragraphe décrit une méthode de vérification dans laquelle seule un essai est réalisé avec une charge simultanée sur tous les circuits. Comme avec un seul essai les courants assignés et le facteur de diversité assigné des circuits ne peuvent pas être vérifiés séparément, on suppose que le facteur de diversité est égal à un. Dans ce cas, les courants de charge ont la même valeur que les courants assignés.

Si le courant assigné du circuit d'arrivée ou du système de jeux de barres de distribution (distribution busbar system - DBS) est inférieur à la somme des courants assignés de tous les circuits de départ, alors les circuits de départ doivent être divisés en groupes correspondant au courant assigné du circuit d'arrivée ou du DBS. Les groupes tels qu'ils sont définis par le fabricant d'origine doivent être formés de manière à atteindre l'échauffement le plus élevé

possible. Des groupes suffisants doivent être formés et des essais doivent être entrepris pour inclure toutes les variantes d'unités fonctionnelles dans au moins un groupe.

Lorsque les circuits entièrement chargés ne distribuent pas exactement le courant total d'arrivée, le courant restant doit être distribué via tout autre circuit approprié. Cet essai doit être répété jusqu'à ce que tous les types de circuit de départ aient été vérifiés à leur valeur de courant assigné.

Une modification de la disposition des unités fonctionnelles à l'intérieur d'un ENSEMBLE ou d'une colonne vérifiée peut nécessiter des essais complémentaires dans la mesure où l'influence thermique des unités adjacentes peut différer de manière significative.

NOTE 10.10.2.3.6 fournit un moyen d'essai d'un ENSEMBLE avec un facteur de diversité inférieur à 1 et moins d'essais que spécifié en 10.10.2.3.7.

10.10.2.3.6 Vérification tenant compte des unités fonctionnelles individuelles séparément et de l'ENSEMBLE complet

Les courants assignés des circuits selon 5.3.2 et le facteur de diversité assigné selon 5.3.3 doivent être vérifiés en deux étapes.

Les unités fonctionnelles individuelles doivent être vérifiées séparément conformément à 10.10.2.3.7 c).

L'ENSEMBLE est vérifié en chargeant le circuit d'arrivée à son courant assigné et toutes les unités fonctionnelles de départ collectivement selon leur son courant assigné multiplié par le facteur de diversité.

Si le courant assigné du circuit d'arrivée ou du système de jeux de barres de distribution (DBS) est inférieur à la somme des courants assignés de tous les circuits de départ, alors les circuits de départ doivent être divisés en groupes correspondant au courant assigné du circuit d'arrivée ou du DBS. Les groupes tels qu'ils sont définis par le fabricant d'origine doivent être formés de manière à atteindre l'échauffement le plus élevé possible. Des groupes suffisants doivent être formés et des essais doivent être entrepris pour inclure toutes les variantes d'unités fonctionnelles dans au moins un groupe.

Lorsque les circuits entièrement chargés ne distribuent pas exactement le courant total d'arrivée, le courant restant doit être distribué via tout autre circuit approprié. Cet essai doit être répété jusqu'à ce que tous les types de circuit de départ aient été vérifiés à leur valeur de courant assigné.

Une modification de la disposition des unités fonctionnelles à l'intérieur d'un ENSEMBLE ou d'une colonne vérifiée peut nécessiter des essais complémentaires dans la mesure où l'influence thermique des unités adjacentes peut différer de manière significative.

10.10.2.3.7 Vérification tenant compte des unités fonctionnelles individuelles et des jeux de barres principales et de distribution séparément ainsi que de l'ENSEMBLE complet

Les ENSEMBLES doivent être vérifiés par une vérification séparée des modules standards (a) à c)) choisis conformément à 10.10.2.2.2 et à 10.10.2.2.3, et une vérification d'un ENSEMBLE complet (d)) dans les conditions les plus défavorables détaillées ci-dessous:

- a) Les jeux de barres principales doivent être essayés séparément. Ils doivent être montés dans l'enveloppe de l'ENSEMBLE comme en usage normal avec tous les panneaux et toutes les cloisons qui séparent le jeu de barres principales des autres compartiments, en place. Si le jeu de barres principales a des jonctions, celles-ci doivent être incluses dans l'essai. Cet essai doit être réalisé avec le courant assigné. Le courant d'essai doit passer sur toute la longueur des jeux de barres. Lorsque la conception de l'ENSEMBLE le permet, et pour réduire l'influence des conducteurs d'essai externes sur l'échauffement, la longueur

du jeu de barres principales à l'intérieur de l'enveloppe pour l'essai doit être au minimum de 2 m et inclure au moins une jonction lorsque les jeux de barres sont extensibles.

- b) Les jeux de barres de distribution doivent être soumis aux essais séparément des unités de départ. Ils doivent être montés dans l'enveloppe comme en usage normal avec tous les panneaux et toutes les cloisons qui séparent le jeu de barres des autres compartiments, en place. Les jeux de barre de distribution doivent être raccordés au jeu de barres principales. Aucun autre conducteur, par exemple connexions d'unités fonctionnelles, ne doit être raccordé au jeu de barres de distribution. Pour prendre en compte la situation la plus défavorable, l'essai doit être effectué avec le courant assigné et le courant d'essai doit passer sur toute la longueur du jeu de barres de distribution. Si le jeu de barres principales est déclaré pour un courant plus élevé, il doit être alimenté par un courant supplémentaire de manière à transporter son courant assigné à sa jonction avec le jeu de barres de distribution.
- c) Les unités fonctionnelles doivent être soumises aux essais individuellement. L'unité fonctionnelle doit être montée dans l'enveloppe comme en usage normal avec tous les panneaux et toutes les cloisons intérieures en place. Si elle peut être montée à différents emplacements, c'est le plus défavorable qui doit être utilisé. Elle doit être raccordée au jeu de barres principales ou au jeu de barres de distribution comme en usage normal. Si le jeu de barres principales et/ou le jeu de barres de distribution (le cas échéant) sont déclarés pour un courant plus élevé, ils doivent être alimentés par des courants supplémentaires de manière à transporter leurs courants assignés individuels aux points de jonction respectifs. Cet essai doit être effectué au courant assigné de l'unité fonctionnelle.
- d) L'ENSEMBLE complet doit être vérifié en effectuant l'essai d'échauffement de la (des) disposition(s) la/les plus défavorable(s) possible(s) en service et comme défini par le fabricant d'origine. Pour cet essai, le circuit d'arrivée est chargé à son courant assigné et chaque unité fonctionnelle de départ à son courant assigné multiplié par le facteur de diversité assigné. Si le courant d'arrivée est insuffisant pour charger une sélection représentative des unités de départ, d'autres configurations peuvent être soumises aux essais.

10.10.2.3.8 Résultats à obtenir

A la fin de l'essai, l'échauffement ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 6. Les appareils doivent fonctionner de manière satisfaisante dans les limites de tension spécifiées à la température régnant à l'intérieur de l'ENSEMBLE.

10.10.3 Déduction des caractéristiques pour des variantes analogues

10.10.3.1 Généralités

Les paragraphes suivants définissent comment des variantes qui n'ont pas été soumises aux essais peuvent être vérifiées par déduction à partir de montages similaires vérifiés par des essais.

10.10.3.2 ENSEMBLES

L'ENSEMBLE qui incorpore des variantes non soumises à essai doit être vérifié par déduction à partir de configurations similaires ayant subi les essais.

Les ENSEMBLES vérifiés ainsi doivent être conformes à ce qui suit:

- a) les unités fonctionnelles doivent appartenir au même groupe que l'unité fonctionnelle choisie pour l'essai (voir 10.10.2.2.3);
- b) le même type de construction que celui utilisé pour l'essai;
- c) les mêmes dimensions hors-tout ou des dimensions supérieures à celles de l'essai;
- d) les mêmes conditions de refroidissement ou des conditions plus fortes que celles de l'essai (convection forcée ou naturelle, ouvertures de ventilation identiques ou plus larges);
- e) la même séparation interne que pour l'essai ou une séparation réduite (le cas échéant);

- f) la même puissance dissipée que pour l'essai ou une valeur réduite dans la même colonne;
- g) le même nombre de circuits de départ ou un nombre réduit pour chaque colonne.

L'ENSEMBLE qui est vérifié peut comprendre tous les circuits électriques de l'ENSEMBLE vérifié précédemment ou seulement une partie d'entre eux. Un ou des montage(s) alternatif(s) d'unités fonctionnelles dans l'ENSEMBLE ou la colonne comparé(s) à la variante soumise aux essais est/sont autorisé(s) tant que les influences thermiques des unités adjacentes ne sont pas plus sévères.

Les essais thermiques réalisés sur les ENSEMBLES triphasés à 3 fils sont considérés comme représentant les ENSEMBLES triphasés, 4 fils et monophasés, 2 fils ou 3 fils sous réserve que le conducteur de neutre soit d'une taille supérieure ou égale aux conducteurs de phase disposés de la même façon.

10.10.3.3 Jeux de barres

Les caractéristiques établies pour les jeux de barres en aluminium sont valables pour les jeux de barres en cuivre avec les mêmes dimensions de section et la même configuration. Toutefois, les caractéristiques établies pour les jeux de barres en cuivre ne doivent pas être utilisées pour établir les caractéristiques des jeux de barres en aluminium.

Les caractéristiques des variantes qui ne sont pas choisies pour les essais selon 10.10.2.2.2 doivent être déterminées en multipliant leur section avec la densité de courant d'un jeu de barres de section plus importante que celui vérifié en essai.

10.10.3.4 Unités fonctionnelles

Après avoir soumis les variantes critiques d'un groupe d'unités fonctionnelles comparables (voir 10.10.2.2.3 a)) à l'essai de vérification des limites d'échauffement, les courants assignés réels de toutes les autres unités fonctionnelles du groupe doivent être calculés en utilisant les résultats de ces essais.

Pour chaque unité fonctionnelle soumise à l'essai, un facteur de réduction (courant assigné résultant de l'essai divisé par le courant maximal possible de l'unité fonctionnelle, voir 10.10.2.2.3 b)) doit être calculé.

Le courant assigné de toutes les autres unités fonctionnelles non essayées dans la plage doit être le courant maximal possible de l'unité fonctionnelle multiplié par le facteur de réduction le plus faible établi pour les variantes soumises à l'essai dans la plage.

10.10.3.5 Unités fonctionnelles – substitution d'un appareil

Un appareil peut être substitué à un autre appareil similaire issu d'une autre série que celle utilisée lors de la vérification d'origine, sous réserve que la puissance dissipée et l'échauffement final de l'appareil, lorsqu'il est essayé selon sa norme de produit, soient identiques ou plus faibles. En complément, la configuration physique à l'intérieur de l'unité fonctionnelle et la caractéristique de l'unité fonctionnelle doivent être maintenues.

10.10.4 Vérification par calcul

10.10.4.1 Généralités

Deux méthodes de calcul sont fournies. Les deux déterminent l'échauffement approximatif de l'air à l'intérieur de l'enveloppe qui est causé par les puissances dissipées de tous les circuits et elles comparent cette température avec les limites pour l'équipement installé. Ces méthodes ne diffèrent que par la façon dont la relation entre la puissance dissipée délivrée et l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe est déterminée.

Comme les températures locales réelles des parties sous tension ne peuvent pas être calculées par ces méthodes, certaines limites et marges de sécurité sont nécessaires et sont incluses.

10.10.4.2 Ensemble à un seul compartiment avec courant assigné inférieur à 630 A

10.10.4.2.1 Méthode de vérification

Une vérification de l'échauffement d'un ENSEMBLE à un seul compartiment avec le courant total d'alimentation ne dépassant pas 630 A et pour les fréquences assignées jusqu'à 60 Hz inclus peut être effectuée par calcul si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) les données de puissance dissipée pour l'ensemble des composants incorporés sont disponibles auprès des fabricants de ces composants;
- b) il existe une distribution approximativement régulière des puissances dissipées à l'intérieur de l'enveloppe;
- c) le courant assigné des circuits de l'ensemble ne doit pas dépasser 80 % du courant thermique d'air frais conventionnel assigné (I_{th}) des appareils de connexion et des composants électriques inclus dans le circuit. Les dispositifs de protection des circuits doivent être choisis pour assurer une protection adéquate vers les circuits de départ, par exemple les dispositifs de protection thermiques des moteurs à la température calculée dans l'ENSEMBLE;
- d) les parties mécaniques et l'équipement installé sont disposés de telle manière que la circulation de l'air ne soit pas gênée de manière significative;
- e) les conducteurs transportant des courants supérieurs à 200 A et les éléments de construction adjacents sont disposés de telle manière que les pertes de courant de Foucault et d'hystérésis soient minimisées;
- f) tous les conducteurs doivent avoir une section minimale basée sur la caractéristique de courant de l'unité fonctionnelle selon la CEI 60364-5-52. Des exemples sur la façon d'adapter la présente norme pour les conditions à l'intérieur d'un ENSEMBLE sont donnés dans les tableaux de l'Annexe H. Lorsque le fabricant d'appareils spécifie un conducteur de section plus importante, c'est ce conducteur qui doit être utilisé;
- g) l'échauffement dépendant de la puissance dissipée installée dans l'enveloppe, avec ou sans refroidissement forcé, et pour les différentes méthodes d'installation autorisées (par exemple montage encastré, montage en surface), est disponible auprès du fabricant de l'enveloppe ou déterminé conformément à 10.10.4.2.2.

Les puissances dissipées efficaces de tous les circuits y compris les conducteurs d'interconnexion doivent être calculées sur la base des courants de charge maximaux des circuits. La puissance dissipée totale de l'ENSEMBLE est calculée en ajoutant les puissances dissipées des circuits en prenant de plus en compte le fait que le courant de charge total est limité au courant assigné de l'ENSEMBLE. Les puissances dissipées des conducteurs sont déterminées par calcul (voir Annexe H).

NOTE 1 Il existe des appareils pour lesquels la puissance dissipée est pratiquement proportionnelle à I^2 et d'autres qui ont des puissances dissipées pratiquement constantes.

NOTE 2 Les courants de charge maximaux sont utilisés pour le calcul au lieu des courants assignés des circuits et du facteur de diversité assigné car ces deux valeurs assignées nécessitent un examen plus détaillé des différentes conditions de charge. Pour davantage d'explications, se reporter en 10.10.2.3.5.

NOTE 3 Exemple: Un ENSEMBLE à un seul compartiment avec un courant assigné de 100 A (limité par les barres de distribution) est équipé de 20 circuits de départ. Le courant de charge supposé pour chaque circuit est de 8 A. Il convient que la puissance dissipée efficace totale soit calculée pour 12 circuits de départ chargés chacun avec 8 A.

L'échauffement d'un ENSEMBLE est ensuite déterminé à partir de la puissance dissipée totale en utilisant les données mentionnées en g).

10.10.4.2.2 Détermination de la capacité de puissance dissipée d'une enveloppe par essai

La puissance à dissiper doit être simulée au moyen de résistances chauffantes qui produisent une chaleur équivalente à la capacité de puissance dissipée prévue de l'enveloppe. Les résistances chauffantes doivent être réparties de manière régulière sur la hauteur de l'enveloppe et installées à des emplacements adaptés à l'intérieur de cette enveloppe.

La section des conducteurs raccordés à ces résistances doit être telle qu'une quantité appréciable de chaleur ne s'échappe pas de l'enveloppe.

L'essai doit être effectué conformément à 10.10.2.3.1 – 10.10.2.3.4 et l'échauffement de l'air doit être mesuré au sommet de l'enveloppe. Les températures de l'enveloppe ne doivent pas excéder les valeurs indiquées au Tableau 6.

10.10.4.2.3 Résultats à obtenir

L'ENSEMBLE est vérifié si la température de l'air déterminée à partir du calcul de la puissance dissipée ne dépasse pas la température d'air de fonctionnement admissible déclarée par le fabricant d'appareils. Cela signifie pour les appareils de connexion ou les composants électriques des circuits principaux que la charge continue ne dépasse pas sa charge admissible à la température de l'air calculée et plus de 80 % de son courant assigné (voir 10.10.4.2.1 c).

10.10.4.3 ENSEMBLE à compartiments multiples avec courant assigné ne dépassant pas 1 600 A

10.10.4.3.1 Méthode de vérification

La vérification de l'échauffement d'un ENSEMBLE à compartiments multiples avec le courant total d'alimentation ne dépassant pas 1 600 A et pour les fréquences assignées jusqu'à 60 Hz inclus peut être effectuée par calcul conformément à la CEI 60890 si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) les données de puissance dissipée pour l'ensemble des éléments constitutants incorporés sont disponibles auprès des fabricants de ces éléments;
- b) il existe une distribution approximativement régulière des puissances dissipées à l'intérieur de l'enveloppe;
- c) le courant assigné des circuits de l'ENSEMBLE ne dépasse pas dépasser 80 % du courant thermique d'air frais conventionnel assigné des appareils de connexion et des composants électriques inclus dans le circuit. Les dispositifs de protection des circuits doivent être choisis pour assurer une protection adéquate vers les circuits de départ, par exemple les dispositifs de protection thermiques des moteurs à la température calculée dans l'ENSEMBLE;
- d) les parties mécaniques et l'équipement installé sont disposés de telle manière que la circulation de l'air n'est pas gênée de manière significative;
- e) les conducteurs transportant des courants supérieurs à 200 A et les éléments de construction adjacents sont disposés de telle manière que les pertes de courant de Foucault et d'hystérésis soient minimisées;
- f) tous les conducteurs doivent avoir une section minimale basée sur la caractéristique de courant de l'unité fonctionnelle selon la CEI 60364-5-52. Des exemples sur la façon d'adapter la présente norme pour les conditions à l'intérieur d'un ENSEMBLE sont donnés dans les tableaux de l'Annexe H. Lorsque le fabricant d'appareils spécifie un conducteur de section plus importante, c'est ce conducteur qui doit être utilisé;
- g) pour les enveloppes ayant une ventilation naturelle, la section des ouvertures de sortie d'air est au moins 1,1 fois la section des ouvertures d'entrée d'air;
- h) il n'y a pas plus de trois cloisons horizontales dans l'ensemble ou dans une colonne d'un ENSEMBLE;

- i) pour les enveloppes avec des compartiments ayant une ventilation naturelle, la section des ouvertures de ventilation dans chaque cloison horizontale est au moins 50 % de la section horizontale du compartiment.

Les puissances dissipées efficaces de tous les circuits y compris les conducteurs d'interconnexion doivent être calculées sur la base des courants de charge maximaux des circuits. La puissance dissipée totale de l'ENSEMBLE est calculée en ajoutant les puissances dissipées des circuits en prenant de plus en compte le fait que le courant de charge total est limité au courant assigné de l'ENSEMBLE. Les puissances dissipées des conducteurs sont déterminées par calcul (voir Annexe H).

NOTE 1 Il existe des appareils pour lesquels la puissance dissipée est pratiquement proportionnelle à I^2 et d'autres qui ont des puissances dissipées pratiquement constantes.

NOTE 2 Les courants de charge maximaux sont utilisés pour le calcul au lieu des courants assignés des circuits et du facteur de diversité assigné car ces deux valeurs assignées nécessitent un examen plus détaillé des différentes conditions de charge. Pour davantage d'explications, se reporter à 10.10.2.3.5.

NOTE 3 Exemple: Un ENSEMBLE à un seul compartiment avec un courant assigné de 100 A (limité par les barres de distribution) est équipé de 20 circuits de départ. Le courant de charge supposé pour chaque circuit est de 8 A. Il convient que la puissance dissipée efficace totale soit calculée pour 12 circuits de départ chargés chacun avec 8 A.

L'échauffement d'un ENSEMBLE est ensuite déterminé à partir de la puissance dissipée totale en utilisant la méthode de la CEI 60890.

10.10.4.3.2 Résultats à obtenir

L'ENSEMBLE est vérifié si la température calculée de l'air à la hauteur de montage de tout appareil ne dépasse pas la température ambiante de l'air admissible déclarée par le fabricant de l'appareil.

Cela signifie pour les appareils de connexion ou les composants électriques des circuits principaux que la charge en régime permanent ne dépasse pas sa charge admissible à la température de l'air local calculée et plus de 80 % de son courant assigné (voir 10.10.4.3.1 c).

10.11 Tenue aux courts-circuits

10.11.1 Généralités

La tenue aux courts-circuits déclarée par le fabricant d'origine doit être vérifiée. La vérification peut être effectuée par l'application des règles de conception, par des calculs ou par des essais selon ce qui est spécifié.

Le fabricant d'origine doit déterminer la ou les conception(s) de référence qui sera/seront utilisée(s) en 10.11.3 et en 10.11.4.

10.11.2 Circuits des ENSEMBLES qui sont exemptés de la vérification de la tenue aux courts-circuits

Une vérification de la tenue aux courts-circuits n'est pas exigée dans les cas suivants:

- 1) Pour les ENSEMBLES dont le courant assigné de courte durée admissible (voir 5.3.5) ou le courant assigné de court-circuit conditionnel (voir 5.3.6) ne dépasse pas 10 kA en valeur efficace.
- 2) Pour les ENSEMBLES protégés par des dispositifs limiteurs de courant ayant un courant coupé limité ne dépassant pas 17 kA au courant de court-circuit présumé maximal admissible aux bornes du circuit d'arrivée de l'ENSEMBLE.
- 3) Pour les circuits auxiliaires des ENSEMBLES destinés à être reliés à des transformateurs dont la puissance assignée ne dépasse pas 10 kVA pour une tension secondaire assignée

qui n'est pas inférieure à 110 V ou 1,6 kVA pour une tension secondaire assignée inférieure à 110 V et dont l'impédance de court-circuit n'est pas inférieure à 4 %.

Tous les autres circuits doivent être vérifiés.

10.11.3 Vérification par l'application des règles de conception

La vérification par l'application des règles de conception est effectuée par une comparaison de l'ensemble à vérifier avec une conception déjà soumise aux essais en utilisant la liste de vérification donnée au Tableau 13.

Si un élément identifié dans la liste de vérification s'avère non conforme aux exigences de la liste de vérification et à être noté « NON », un des moyens de vérification suivants doit être utilisé. (Voir 10.11.4 et 10.11.5)

10.11.4 Vérification par comparaison avec une conception de référence

L'évaluation du courant assigné de courte durée admissible d'un ENSEMBLE et de ses circuits par calcul et par l'application des règles de conception doit être entreprise par une comparaison d'un ENSEMBLE à évaluer avec un ENSEMBLE ou un module d'ENSEMBLE déjà vérifié par essai. L'évaluation doit être conforme à la CEI/TR 61117. En complément, chacun des circuits de l'ENSEMBLE à évaluer doit satisfaire aux exigences des points 6, 8, 9 et 10 du Tableau 13.

Les données utilisées, les calculs effectués et les comparaisons effectuées doivent être consignés.

Si un ou plusieurs des points indiqué(s) plus haut n'est pas/ne sont pas satisfait(s) alors l'ENSEMBLE et ses circuits doivent être vérifiés par un essai conformément à 10.11.5.

10.11.5 Vérification par essai

10.11.5.1 Montages d'essai

L'ENSEMBLE ou ses parties selon ce qui est nécessaire pour réaliser l'essai doivent être montés comme pour l'usage normal. Il est suffisant de soumettre aux essais une seule unité fonctionnelle si les autres unités fonctionnelles sont construites de la même façon. De même, il est suffisant de soumettre aux essais une seule configuration de jeux de barres si les autres configurations de jeux de barres sont construites de la même façon. Le Tableau 13 donne des précisions concernant les éléments qui ne nécessitent pas d'essais complémentaires.

10.11.5.2 Exécution de l'essai – Généralités

Si le circuit d'essai comporte des coupe-circuit à fusibles, on doit utiliser des éléments de remplacement dont le courant traversant assigné et, si cela est nécessaire, du type indiqué par le fabricant d'origine comme étant acceptable.

Les conducteurs d'alimentation et les connexions de court-circuit prescrites pour essayer l'ENSEMBLE doivent avoir une robustesse suffisante pour supporter les courts-circuits et être disposés de manière à ne pas introduire de contraintes supplémentaires sur l'ENSEMBLE.

Sauf accord contraire, le circuit d'essai doit être raccordé aux bornes d'arrivée de l'ENSEMBLE. Les ENSEMBLES triphasés doivent être raccordés en triphasé.

Toutes les parties de l'équipement destinées à être reliées au conducteur de protection en service, y compris son enveloppe, doivent être raccordées comme suit:

- 1) pour des ENSEMBLES pouvant être utilisés sur les systèmes triphasés à quatre conducteurs (voir aussi la CEI 60038) avec neutre à la terre en étoile et marqués en conséquence, au

point neutre de l'alimentation ou à un neutre artificiel essentiellement inductif permettant un courant de défaut présumé d'au moins 1 500 A;

- 2) pour les ENSEMBLES pouvant également être utilisés sur les systèmes triphasés aussi bien à trois conducteurs qu'à quatre conducteurs et marqués en conséquence, au conducteur de phase présentant le moins de probabilité d'amorce d'arcs à la terre.

A l'exception des ENSEMBLES selon 8.4.3.4, le raccordement mentionné en 1) et en 2) doit comprendre un élément fusible constitué d'un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre et d'au moins 50 mm de longueur, ou un élément fusible équivalent pour la détection du courant de défaut. Le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible doit être de 1 500 A $\pm$ 10 %, à l'exception de ce qui est indiqué dans les Notes 2 et 3. Si nécessaire, une résistance limitant le courant à cette valeur doit être utilisée.

NOTE 1 Un fil de cuivre de 0,8 mm de diamètre fondra à 1 500 A, en une demi-période environ, à une fréquence comprise entre 45 Hz et 67 Hz (ou 0,01 s en courant continu).

NOTE 2 Le courant de défaut présumé peut être inférieur à 1 500 A dans le cas de petits matériels, suivant les exigences de la norme de matériel correspondante, avec un fil de cuivre de diamètre plus petit (voir Note 4) correspondant à la même durée de fusion que dans la Note 1.

NOTE 3 Dans le cas d'une alimentation à neutre artificiel, un courant de défaut présumé de plus faible valeur peut être admis, sous réserve de l'accord du fabricant d'ENSEMBLES, avec un fil de cuivre de diamètre plus petit (voir Note 4) correspondant à la même durée de fusion que dans la Note 1.

NOTE 4 Il est recommandé que la relation entre le courant de défaut présumé dans le circuit de l'élément fusible et le diamètre du fil de cuivre soit conforme au Tableau 14.

10.11.5.3 Essai des circuits principaux

10.11.5.3.1 Généralités

Les circuits doivent être soumis aux essais avec les contraintes thermiques et dynamiques les plus élevées qui peuvent résulter de courants de court-circuit jusqu'aux valeurs assignées pour une ou plusieurs des conditions suivantes selon les indications du fabricant d'origine.

Indépendamment d'un DPCC, L'ENSEMBLE doit être soumis aux essais avec le courant admissible de crête assigné et le courant de courte durée admissible assigné pour la durée spécifiée (voir 5.3 et 9.3.2 a)).

En fonction d'un DPCC d'arrivée inclus dans l'ENSEMBLE. L'ensemble doit être soumis aux essais avec un courant de court-circuit présumé d'arrivée pour une durée qui est limitée par le DPCC d'arrivée.

En fonction d'un DPCC en amont. L'ENSEMBLE doit être soumis aux essais aux valeurs admises par le DPCC amont comme défini par le fabricant d'origine.

Lorsqu'un circuit d'arrivée ou un circuit de départ comporte un DPCC qui réduit la crête et/ou la durée d'un courant de défaut, le circuit doit alors être soumis aux essais en permettant au DPCC de fonctionner et d'interrompre le courant de défaut (voir 5.3.6 courant assigné de court-circuit conditionnel I_{cc}). Si le DPCC contient un déclencheur de court-circuit réglable, celui-ci doit être réglé sur la valeur maximale autorisée (voir 9.3.2, deuxième alinéa).

Un circuit de chaque type doit être soumis à l'essai de court-circuit tel que décrit de 10.11.5.3.2 à 10.11.5.3.5.

10.11.5.3.2 Circuits de départ

Les bornes de sortie des circuits de départ doivent être pourvues d'une connexion de court-circuit boulonnée. Lorsque le dispositif de protection dans le circuit de départ est un disjoncteur, le circuit d'essai peut inclure une résistance shunt conformément à 8.3.4.1.2 b) de la CEI 60947-1 en parallèle avec la réactance utilisée pour régler le courant de court-circuit.

Pour les disjoncteurs qui ont un courant assigné inférieur ou égal à 630 A, un câble de 0,75 m de longueur ayant une section correspondant au courant thermique assigné (voir Tableaux 11 et 12) doit être inséré dans le circuit d'essai. Une connexion inférieure à 0,75 m peut être utilisée à l'initiative du fabricant d'origine.

L'appareil de connexion doit être fermé et maintenu fermé de la manière normalement utilisée en service. La tension d'essai doit alors être appliquée une fois et,

- a) pendant un temps suffisamment long pour permettre au dispositif de protection contre les courts-circuits dans l'unité de départ de fonctionner pour éliminer le défaut et, dans tous les cas, pendant une durée qui ne soit pas inférieure à 10 périodes (durée de la tension d'essai) ou
- b) dans les cas où le circuit de départ ne contient pas de DPCC, avec une amplitude et une durée comme spécifié pour les jeux de barres par le fabricant. Les essais des circuits de départ peuvent également donner lieu au fonctionnement du DPCC du circuit d'arrivée.

10.11.5.3.3 Circuit d'arrivée et jeux de barres principales

Les ENSEMBLES contenant des jeux de barres principales doivent être soumis à l'essai pour vérifier la tenue aux courts-circuits des jeux de barres principales et du circuit d'arrivée y compris au moins une jonction lorsque les jeux de barres sont destinés à être extensibles. Le court-circuit doit être placé de façon que la longueur de barre principale comprise dans l'essai soit $(2 \pm 0,4)$ m. Pour la vérification du courant de courte durée admissible assigné (voir 5.3.5) et du courant admissible de crête assigné (voir 5.3.4), cette distance peut être augmentée et l'essai réalisé à toute tension convenable sous réserve que le courant d'essai soit la valeur assignée (voir 10.11.5.4 b)). Lorsque la conception de l'ENSEMBLE est telle que la longueur des jeux de barres à essayer est inférieure à 1,6 m et que l'ENSEMBLE n'est pas destiné à recevoir une extension, alors la longueur totale du jeu de barres doit être essayée, le court-circuit étant réalisé à l'extrémité de ces jeux de barres. Si un ensemble de jeux de barres se compose de différentes colonnes (en ce qui concerne les sections, la distance entre les jeux de barres adjacents, le type et le nombre de supports par mètre), chaque colonne doit être essayée séparément ou conjointement, sous réserve que les conditions précisées ci-dessus soient satisfaites.

10.11.5.3.4 Connexions en amont des unités de départ

Lorsqu'un ENSEMBLE contient des conducteurs entre un jeu de barres principales et l'amont des unités fonctionnelles de départ qui ne satisfont pas aux exigences de 8.6.4, un circuit de chaque type doit être soumis à un essai supplémentaire.

Un court-circuit est obtenu par des connexions boulonnées sur les conducteurs reliant les jeux de barres à une seule unité de départ, le plus près possible des bornes de sortie de l'unité de départ, côté jeu de barres. La valeur du courant de court-circuit doit être la même que pour les jeux de barres principales.

10.11.5.3.5 Conducteur neutre

S'il existe un conducteur neutre dans un circuit, il doit être soumis à un seul essai de vérification de sa tenue aux courts-circuits par rapport au conducteur de phase le plus proche du circuit en essai y compris les jonctions éventuelles. On doit appliquer les exigences de 10.11.5.3.2 pour les connexions de court-circuit entre phase et neutre.

Sauf accord contraire entre le fabricant d'origine et l'utilisateur, la valeur du courant d'essai dans le neutre doit être au moins 60 % du courant de phase lors de l'essai en triphasé.

Il n'est pas nécessaire de réaliser l'essai si l'essai est prévu pour être réalisé avec un courant de 60 % du courant de phase et si le conducteur neutre est:

- de la même forme et de la même section que le conducteur de phase

- fixé de la même façon que les conducteurs de phase et avec des points de fixation sur la longueur du conducteur pas plus espacés que ceux des phases;
- si sa distance par rapport à la phase la plus proche (aux phases les plus proches) est au moins égale à celle qui existe entre les phases;
- si sa distance par rapport aux parties métalliques à la terre n'est pas inférieure à celle des conducteurs de phase.

10.11.5.4 Valeur et durée du courant de court-circuit

Pour toutes les caractéristiques assignées de tenue aux courts-circuits, les contraintes dynamiques et thermiques doivent être vérifiées avec, en amont du dispositif de protection spécifié, s'il y a lieu, un courant présumé égal à la valeur du courant assigné de courte durée admissible, du courant assigné de crête admissible, du courant assigné de court-circuit conditionnel assigné par le fabricant d'origine.

Pour la vérification de toutes les caractéristiques assignées de tenue aux courts-circuits (voir 5.3.4 à 5.3.6 inclus), la valeur du courant de court-circuit présumé sous une tension d'essai égale à 1,05 fois la tension assignée d'emploi doit être déterminée à partir d'un oscillogramme d'étalonnage établi en court-circuitant les conducteurs de court-circuit de l'ENSEMBLE par une connexion d'impédance négligeable placée aussi près que possible de l'alimentation d'arrivée de l'ENSEMBLE. L'oscillogramme doit montrer qu'il y a un débit de courant constant tel qu'il est mesurable à un instant correspondant à celui du fonctionnement du dispositif de protection incorporé à l'ENSEMBLE ou pendant la durée spécifiée (voir 9.3.2. a)).

La valeur du courant au cours de l'étalonnage est la moyenne des valeurs efficaces de la composante alternative dans toutes les phases. Lorsque les essais sont effectués à la tension maximale d'emploi, le courant d'étalonnage dans chaque phase doit être égal au courant assigné de court-circuit avec une tolérance de $\pm 5\%$ et le facteur de puissance doit avoir

une tolérance de $\begin{matrix} 0,00 \\ -0,05 \end{matrix}$.

Tous les essais doivent être faits à la fréquence assignée de l'ENSEMBLE avec une tolérance de $\pm 25\%$ et au facteur de puissance correspondant au courant de court-circuit suivant le Tableau 7.

- a) Pour un essai sous un courant assigné de court-circuit conditionnel I_{cc} , que les dispositifs de protection se trouvent dans le circuit d'arrivée de l'ensemble ou ailleurs, la tension d'essai doit être appliquée pendant un temps suffisamment long pour permettre aux dispositifs de protection contre les courts-circuits de fonctionner pour éliminer le défaut et, dans tous les cas, pendant une durée qui ne soit pas inférieure à 10 périodes. L'essai doit être réalisé sous 1,05 fois la tension assignée d'emploi avec des courants de court-circuit présumés, du côté amont du dispositif de protection spécifié, d'une valeur égale à celle du courant assigné de court-circuit conditionnel. Des essais sous des tensions inférieures ne sont pas autorisés.

NOTE En Afrique du Sud (ZA) le Code Electrique National SANS 10142-1, Paragraphe 6.8, exige que la tension d'alimentation soit égale à 1,1 fois la tension nominale lorsque la tension assignée d'emploi est inférieure ou égale à 500 V.

- b) Pour un essai au courant assigné de courte durée admissible et au courant assigné de crête admissible, les contraintes dynamiques et thermiques doivent être vérifiées avec un courant présumé égal à la valeur du courant assigné de courte durée admissible et du courant assigné de crête admissible assignés par le fabricant d'origine. Le courant doit être appliqué pendant une durée spécifiée pendant laquelle la valeur efficace de sa composante alternative doit rester constante.

En cas de difficulté pour un laboratoire d'essai à réaliser les essais de tenue au courant de courte durée ou au courant de crête sous la tension maximale d'emploi, il est admis d'effectuer les essais suivant 10.11.5.3.3, 10.11.5.3.4 et 10.11.5.3.5 sous toute tension convenable, avec l'accord du fabricant d'origine, le courant réel d'essai étant, dans ce cas,

égal au courant assigné de courte durée ou au courant assigné de crête. Cela doit être indiqué dans le rapport d'essai. Si cependant, durant l'essai, une séparation momentanée des contacts se produit dans le dispositif de protection éventuel, l'essai doit être répété à la tension maximale d'emploi.

Si nécessaire, en raison des limites des moyens d'essais, une durée d'essai différente est permise; dans ce cas, il convient de modifier le courant d'essai selon la formule $I^2t = \text{constante}$, sous réserve que la valeur de crête n'excède pas le courant assigné de crête admissible sans le consentement du fabricant et que la valeur efficace du courant de courte durée ne soit pas inférieure à la valeur assignée sur au moins une phase pendant une durée d'au moins 0,1 s après l'apparition du courant.

L'essai de tenue au courant de crête et l'essai de tenue au courant de courte durée peuvent être séparés. Dans ce cas, le temps pendant lequel le courant de court-circuit appliqué pour l'essai de tenue au courant de crête doit être tel que la valeur I^2t ne soit pas plus grande que la valeur équivalente pour l'essai de tenue au courant de courte durée, mais il doit être au moins de trois périodes.

Si le courant d'essai prescrit dans chaque phase ne peut être obtenu, il peut être admis de dépasser la tolérance d'essai positive avec l'accord du fabricant d'origine.

10.11.5.5 Résultats à obtenir

Une déformation des jeux de barres et des conducteurs est admise après l'essai pourvu que les distances d'isolement et les lignes de fuites spécifiées en 8.3 soient toujours respectées. En cas de doute, les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être mesurées, (voir 10.4).

Les caractéristiques d'isolement doivent rester telles que les propriétés mécaniques et diélectriques de l'équipement satisfassent aux exigences de la norme d'ENSEMBLES applicable. Aucun isolateur ou support de jeu de barres ou passage de câble ne s'est cassé en plusieurs morceaux. Il ne doit pas y avoir non plus de fissures sur les côtés opposés d'un support ni fissures, y compris de surface, sur toute la longueur ou la largeur du support. S'il existe un doute concernant le maintien des propriétés d'isolation de l'ENSEMBLE, un essai supplémentaire sous fréquence industrielle à deux fois U_e avec un minimum de 1 000 V doit être réalisé conformément à 10.9.2.

Il ne doit pas y avoir de desserrage des parties utilisées pour le raccordement des conducteurs et les conducteurs ne doivent pas être déconnectés des bornes de sortie.

Une déformation des jeux de barres ou du châssis de l'ENSEMBLE qui compromet son usage normal doit être considérée comme un défaut.

Toute déformation des jeux de barres ou de la structure de L'ENSEMBLE qui compromet l'insertion ou le retrait normal des unités démontables doit être réputée comme étant un défaut.

La déformation de l'enveloppe ou des cloisons internes, des barrières et des obstacles dus au court-circuit est admissible tant que le degré de protection n'est pas affecté et que les distances d'isolement et les lignes de fuite ne sont pas réduites à des valeurs qui sont inférieures à celles spécifiées en 8.3.

De plus à l'issue des essais de 10.11.5.3 incorporant des dispositifs de protection contre les courts-circuits, le matériel contrôlé doit être capable de supporter l'essai diélectrique de 10.9.2 à une valeur de tension pour la condition après essai prescrite dans la norme sur les dispositifs de protection contre les courts-circuits applicable pour l'essai de court-circuit approprié, comme suit:

a) entre toutes les parties actives et les masses de l'ENSEMBLE, et

b) entre chaque pôle et tous les autres pôles raccordés aux masses de l'ENSEMBLE.

Si les essais a) et b) ci-dessus sont réalisés, ils doivent être effectués avec, le cas échéant, les fusibles remplacés et les organes de coupure fermés.

L'élément fusible (voir 10.11.5.2), le cas échéant, ne doit pas indiquer un courant de défaut.

En cas de doute, il doit être vérifié que les appareils incorporés dans l'ENSEMBLE sont dans une condition identique à celle qui est prescrite dans les spécifications qui les concernent.

10.11.5.6 Essais du circuit de protection

10.11.5.6.1 Généralités

Cet essai ne s'applique pas aux circuits conformes à 10.11.2.

Une source d'essai monophasée doit être raccordée à la borne d'arrivée d'une phase et à la borne d'arrivée du conducteur de protection d'arrivée. Lorsque l'ENSEMBLE est équipé d'un conducteur de protection séparé, le conducteur de phase le plus proche doit être utilisé. Pour chaque unité de départ représentative, un essai distinct doit être effectué en réalisant, par une connexion boulonnée, un court-circuit entre la borne de phase de départ correspondante de cette unité et la borne du conducteur de protection de départ correspondant de ce circuit.

Chaque unité de départ essayée doit être munie du dispositif de protection prévu. Lorsque des dispositifs de protection alternatifs peuvent être incorporés dans l'unité de départ, celui qui doit être utilisé est celui qui laisse passer les valeurs maximales du courant de crête et $I/2t$.

Pour cet essai, le châssis de l'ENSEMBLE doit être isolé de la terre. La tension d'essai doit être égale à 1,05 fois la valeur monophasée de la tension assignée d'emploi. Sauf accord contraire entre le fabricant d'origine et l'utilisateur, la valeur du courant d'essai dans le conducteur de protection doit être au moins 60 % du courant de phase lors de l'essai triphasé de l'ENSEMBLE.

NOTE En Afrique du Sud (ZA) le Code Electrique National SANS 10142-1, Paragraphe 6.8, exige que la tension d'alimentation soit égale à 1,1 fois la tension nominale lorsque la tension assignée d'emploi est inférieure ou égale à 500 V.

Toutes les autres conditions de cet essai doivent être analogues à celles de 10.11.5.2 à 10.11.5.4 inclus.

10.11.5.6.2 Résultats à obtenir

La continuité et la tenue aux courts-circuits du circuit de protection ne doivent pas être notablement affectées, que ce circuit soit un conducteur distinct ou le châssis.

En plus d'un examen visuel, ce résultat peut être vérifié par des mesures avec un courant de l'ordre du courant assigné de l'unité de départ concernée.

NOTE 1 Quand le châssis est utilisé comme conducteur de protection, des étincelles et des échauffements localisés sont permis aux jonctions d'assemblage, pourvu que la continuité électrique ne soit pas compromise et que les parties inflammables adjacentes ne soient pas enflammées.

NOTE 2 La comparaison des résistances, mesurées avant et après l'exécution de l'essai, entre la borne du conducteur de protection d'arrivée et la borne du conducteur de protection de départ correspondant donne une indication de la conformité à cette condition.

10.12 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Pour les essais de CEM, voir J.10.12.

10.13 Fonctionnement mécanique

Cet essai de vérification ne doit pas être effectué sur les appareils d'un ENSEMBLE ayant subi préalablement des essais de type selon la norme de produit qui leur est applicable sauf si leur fonctionnement mécanique est affecté par leur montage.

Pour les parties qui nécessitent une vérification par des essais, le fonctionnement mécanique satisfaisant doit être vérifié après l'installation de L'ENSEMBLE. Le nombre de cycles de fonctionnement doit être de 200.

Au même moment, le fonctionnement des verrouillages mécaniques associés à ces mouvements doit être vérifié. L'essai est considéré comme réussi si les conditions de fonctionnement des appareils, des verrouillages, le degré de protection spécifié, etc., n'ont pas été affectés et si l'effort nécessaire au fonctionnement est pratiquement le même qu'avant l'essai.

11 Vérification individuelle de série

11.1 Généralités

La vérification est destinée à détecter les défauts des matériaux et de la fabrication pour s'assurer du fonctionnement correct de l'ENSEMBLE fabriqué. Il est réalisé sur chaque ENSEMBLE. Le fabricant d'ENSEMBLES doit déterminer si la vérification individuelle de série est réalisée pendant et/ou après la fabrication. Si cela est approprié, la vérification individuelle de série doit confirmer que la vérification de conception est disponible.

La vérification individuelle de série n'est pas nécessaire sur les appareils et les composants indépendants incorporés dans l'ENSEMBLE lorsqu'ils ont été choisis conformément à 8.5.3 et installés conformément aux instructions du fabricant d'appareils.

La vérification doit comprendre les catégories suivantes:

- 1) Construction (voir 11.2 à 11.8):
 - a) degré de protection procuré par les enveloppes;
 - b) distances d'isolement et lignes de fuite;
 - c) protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection;
 - d) intégration de composants incorporés;
 - e) circuits électriques internes et connexions;
 - f) bornes pour conducteurs externes;
 - g) fonctionnement mécanique.
- 2) Performance (voir 11.9 à 11.10):
 - a) propriétés diélectriques;
 - b) câblage, performance de fonctionnement et fonction.

11.2 Degré de protection procuré par les enveloppes

Un examen visuel est nécessaire pour s'assurer que les mesures prescrites pour atteindre le degré de protection déclaré sont respectées.

11.3 Distances d'isolement et lignes de fuite

Lorsque les distances d'isolement:

- sont inférieures à celles du Tableau 1, un essai de tenue aux chocs de tension conformes à 10.9.3 doit être effectué;

- sont égales ou supérieures à celles du Tableau 1 (mais moins de 1,5 fois), la vérification doit être réalisée par une mesure physique ou par un essai de tenue aux chocs de tension conformément à 10.9.3;
- sont égales ou supérieures à 1,5 fois celles du Tableau 1 (voir 10.9.3.5), la vérification doit se faire par un examen visuel ou par un essai de tenue aux chocs de tension conformément à 10.9.3.

Les mesures prescrites concernant les lignes de fuite (voir 8.3.3) doivent être soumises à un examen visuel.

11.4 Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection

Les mesures de protection prescrites concernant la protection principale et la protection en cas de défaut (voir 8.4.2 et 8.4.3) doivent être soumises à un examen visuel.

Les circuits de protection doivent être vérifiés par un examen visuel pour s'assurer que les mesures prescrites en 8.4.3 sont vérifiées.

On doit vérifier, par sondage, le serrage correct des connexions à vis et des connexions boulonnées.

11.5 Intégration de composants incorporés

L'installation et l'identification des composants incorporés doivent se faire conformément aux instructions de fabrication de l'ENSEMBLE.

11.6 Circuits électriques internes et connexions

On doit vérifier, par sondage, le serrage correct des connexions en particulier celles à vis et boulonnées.

Les conducteurs doivent être vérifiés conformément aux instructions de fabrication de l'ENSEMBLE.

11.7 Bornes pour conducteurs externes

Le nombre, le type et l'identification des bornes doivent être vérifiés conformément aux instructions de fabrication de l'ENSEMBLE.

11.8 Fonctionnement mécanique

L'efficacité des éléments de commande mécaniques, des verrouillages et des loquets, y compris ceux associés aux parties démontables, doit être vérifiée.

11.9 Propriétés diélectriques

L'essai de tenue à la fréquence industrielle doit être réalisé sur tous les circuits conformément à 10.9.2 mais pendant une durée de 1 s.

Il n'est pas nécessaire de réaliser cet essai sur les circuits auxiliaires:

- qui sont protégés par un dispositif de protection contre les courts-circuits dont les caractéristiques ne dépassent pas 16 A;
- si un essai de fonctionnement électrique a été réalisé auparavant à la tension assignée d'emploi.

En variante, pour les ENSEMBLES avec protection à l'arrivée de caractéristiques assignées jusqu'à 250 A, la vérification de la résistance d'isolement peut se faire par une mesure en