

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Low-voltage switchgear and controlgear assemblies –
Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies**

**Ensembles d'appareillage à basse tension –
Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2004 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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: Type-tested and partially type-tested assemblies**

**Ensembles d'appareillage à basse tension –
Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CT

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 General.....	7
1.1 Scope and object.....	7
1.2 Normative references	7
2 Definitions	11
2.1 General.....	11
2.2 Constructional units of ASSEMBLIES	13
2.3 External design of ASSEMBLIES.....	14
2.4 Structural parts of ASSEMBLIES	15
2.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES.....	17
2.6 Protective measures with regard to electric shock	17
2.7 Gangways within ASSEMBLIES.....	18
2.8 Electronic functions	19
2.9 Insulation co-ordination	19
2.10 Short-circuit currents	21
3 Classification of ASSEMBLIES	22
4 Electrical characteristics of ASSEMBLIES	22
4.1 Rated voltages	22
4.2 Rated current (I_n) (of a circuit of an ASSEMBLY).....	23
4.3 Rated short-time withstand current (I_{cw}) (of a circuit of an ASSEMBLY)	23
4.4 Rated peak withstand current (I_{pk}) (of a circuit of an ASSEMBLY)	23
4.5 Rated conditional short-circuit current (I_{cc}) (of a circuit of an ASSEMBLY).....	23
4.6 Rated fused short-circuit current (I_{cf}) (of a circuit of an ASSEMBLY).....	24
4.7 Rated diversity factor.....	24
4.8 Rated frequency.....	24
5 Information to be given regarding the ASSEMBLY	24
5.1 Nameplates	24
5.2 Markings	25
5.3 Instructions for installation, operation and maintenance	25
6 Service conditions	26
6.1 Normal service conditions	26
6.2 Special service conditions	28
6.3 Conditions during transport, storage and erection.....	29
7 Design and construction	29
7.1 Mechanical design.....	29
7.2 Enclosure and degree of protection	33
7.3 Temperature rise	34
7.4 Protection against electric shock	36
7.5 Short-circuit protection and short-circuit withstand strength.....	44
7.6 Switching devices and components installed in ASSEMBLIES	48
7.7 Internal separation of ASSEMBLIES by barriers or partitions	53

7.8	Electrical connections inside an ASSEMBLY: bars and insulated conductors	54
7.9	Requirements for electronic equipment supply circuits	55
7.10	Electromagnetic compatibility (EMC)	57
7.11	Description of the types of electrical connections of functional units	59
8	Test specifications	60
8.1	Classification of tests	60
8.2	Type tests	61
8.3	Routine tests	77
Annex A (normative) Minimum and maximum cross-sections of copper conductors suitable for connection		82
Annex B (normative) Method of calculating the cross-sectional area of protective conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration		83
Annex C (<i>deleted</i>)		84
Annex D (informative) Forms of internal separations		85
Annex E (informative) Items subject to agreement between manufacturer and user		88
Annex F (normative) Measurement of creepage distances and clearances		89
Annex G (normative) Correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the equipment		94
Annex H (normative) Electromagnetic compatibility (EMC)		96
Bibliography		102
Figure 1	– Ratio $\frac{\hat{U}_1 + \Delta u}{\hat{U}_1}$ as a function of time	56
Figure 2	– Maximum permitted harmonic component of the nominal system voltage	57
Figure D.1	– Symbols used in figures D.2	85
Figure D.2	– Forms 1 and 2	86
Figure D.2	– Forms 3 and 4	87
Figure F.1	– Measurement of ribs	89
Figure H.1	– Examples of ports	96
Table 1	– Values of rated diversity factor	24
Table 2	– Temperature-rise limits	35
Table 3	– Cross-sectional area of protective conductors (PE, PEN)	40
Table 3A	– Cross-sectional area of a copper bonding conductor	41
Table 4	– Standard values for the factor n	46
Table 5	– Conductor selection and installation requirements	47
Table 6	– Electrical conditions for the different positions of withdrawable parts	52
Table 6A	– Forms of internal separation	54
Table 7	– List of verifications and tests to be performed on TTA and PTTA	62

Table 8 – Test copper conductors for rated currents up to 400 A inclusive	64
Table 9 – Standard cross-sections of copper conductors corresponding to the rated current	65
Table 10	68
Table 11	68
Table 12 – Relationship between prospective fault current and diameter of copper wire	71
Table 13 – Dielectric withstand voltages for impulse, power frequency and d.c. tests	79
Table 14 – Minimum clearances in air	79
Table 15 – Test voltages across the open contacts of equipment suitable for isolation	80
Table 16 – Minimum creepage distances	81
Table A.1	82
Table B.1 – Values of k for insulated protective conductors not incorporated in cables, or bare protective conductors in contact with cable covering	83
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	95
Table H.1 – Emission limits for Environment A	98
Table H.2 – Emission limits for Environment B	98
Table H.3 – Tests for EMC immunity for Environment A	99
Table H.4 – Tests for EMC immunity for Environment B	100
Table H.5 – Acceptance criteria when electromagnetic disturbances are present	101

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –**Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies**

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 60439-1 has been prepared by subcommittee 17D: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This consolidated version of IEC 60439-1 consists of the fourth edition (1999) [documents 17D/214A/FDIS and 17D/221/RVD], its amendment 1 (2004) [documents 17D/294/FDIS and 17D/296/RVD] and its corrigendum of November 2004.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 4.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A, B, F, G and H form an integral part of this standard.

Annexes D and E are for information only.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum of November 2004 have been included in this copy.

IECNORM.COM
Withdrawn
Click to view the full PDF of IEC 60439-1:1999+AMD1:2004 CSV

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –

Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies

1 General

1.1 Scope and object

This International Standard applies to low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLIES (type-tested ASSEMBLIES (TTA) and partially type-tested ASSEMBLIES (PTTA)), the rated voltage of which does not exceed 1 000 V a.c. at frequencies not exceeding 1 000 Hz, or 1 500 V d.c.

This standard also applies to ASSEMBLIES incorporating control and/or power equipment, the frequencies of which are higher. In this case, appropriate additional requirements will apply.

This standard applies to stationary or movable ASSEMBLIES with or without enclosure.

NOTE Additional requirements for certain specific types of assemblies are given in supplementary IEC standards.

This standard applies to 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.

It also applies to ASSEMBLIES designed for use under special service conditions, for example in ships, in rail vehicles, for hoisting equipment or in explosive atmospheres, and for domestic (operated by unskilled persons) applications, provided that the relevant specific requirements are complied with.

This standard applies also to ASSEMBLIES designed for electrical equipment of machines. However, where applicable the additional requirements of IEC 60204-1 have to be fulfilled.

This standard does not apply to individual devices and self-contained components, such as motor starters, fuse switches, electronic equipment, etc. complying with their relevant standards.

The object of this standard is to lay down the definitions and to state the service conditions, construction requirements, technical characteristics and tests for low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLIES.

1.2 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 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(471):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 471: Insulators*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060, *High-voltage test techniques*

IEC 60071-1:1976, *Insulation co-ordination – Part 1: Terms, definitions, principles and rules*

IEC 60073:1996, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indication devices and actuators*

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

IEC 60112:1979, *Method for determining the comparative and the proof-tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60146-2:1974, *Semiconductor convertors – Part 2: Semiconductor self-commutated convertors*

IEC 60158-2:1982, *Low-voltage controlgear – Part 2: Semiconductor contactors (solid state contactors)*

IEC 60204-1:1997, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60227-3:1993, *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 60269, *Low-voltage fuses*

IEC 60364-3:1993, *Electrical installations of buildings – Part 3: Assessment of general characteristics*

IEC 60364-4-41:1992, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

IEC 60364-4-443:1995, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 44: Protection against overvoltages – Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching* *

IEC 60364-4-46:1981, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 46: Isolation and switches*

IEC 60364-5-54:1980, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60417 (all parts), *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*

IEC 60445:1988, *Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60446:1989, *Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60447:1993, *Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

IEC 60502:1994, *Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 kV to 30 kV*

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

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

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 60865 (all parts), *Short-circuit currents – Calculation of effects*

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

IEC 60947-1:1988, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1:1990, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4: Contactors and motor-starters – Section 1: Electromechanical contactors and motor-starters*

* There is a consolidated edition 2.1 (1999) that includes IEC 60364-4-443 (1995) and its amendment 1 (1998).

IEC 61000-3-2:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-3:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient burst immunity test – Basic EMC Publication*

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

IEC 61000-4-6:2003, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity tests*

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*

IEC 61000-6-3:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

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

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

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

CISPR 11:1997, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement Amendment 1 (1999)*

2 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

NOTE Certain definitions in this clause are taken unchanged or modified from those of IEC 60050 (IEV) or from other IEC publications.

2.1 General

2.1.1

low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY)

a combination of one or more low-voltage switching devices together with associated control, measuring, signalling, protective, regulating equipment, etc., completely assembled under the responsibility of the manufacturer with all the internal electrical and mechanical interconnections and structural parts (see 2.4)

NOTE 1 Throughout this standard, the abbreviation ASSEMBLY is used for a low-voltage switchgear and controlgear assembly.

NOTE 2 The components of the ASSEMBLY may be electromechanical or electronic.

NOTE 3 For various reasons, for example transport or production, certain steps of assembly may be made in a place outside the factory of the manufacturer.

2.1.1.1

type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly (TTA)

a low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLY conforming to an established type or system without deviations likely to significantly influence the performance, from the typical ASSEMBLY verified to be in accordance with this standard

NOTE 1 Throughout this standard, the abbreviation TTA is used for a type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly.

NOTE 2 For various reasons, for example transport or production, certain steps of assembly may take place outside the factory of the manufacturer of the TTA. Such an ASSEMBLY is considered as a TTA provided the assembly is performed in accordance with the manufacturer's instructions in such a manner that compliance of the established type or system with this standard is assured, including submission to applicable routine tests.

2.1.1.2

partially type-tested low-voltage switchgear and controlgear assembly (PTTA)

a low-voltage switchgear and controlgear ASSEMBLY, containing both type-tested and non-type-tested arrangements, provided that the latter are derived (e.g. by calculation) from type-tested arrangements which have complied with the relevant tests (see table 7).

NOTE Throughout this standard, the abbreviation PTTA is used for a partially type-tested switchgear and controlgear assembly.

2.1.2

main circuit (of an ASSEMBLY)

all the conductive parts of an ASSEMBLY included in a circuit which is intended to transmit electrical energy [IEV 441-13-02]

2.1.3

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, process data, etc. [IEV 441-13-03 modified]

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

2.1.4

busbar

a 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.

2.1.4.1

main busbar

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

2.1.4.2

distribution busbar

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

2.1.5

functional unit

a 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.

2.1.6

incoming unit

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

2.1.7

outgoing unit

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

2.1.8

functional group

a group of several functional units which are electrically interconnected for the fulfilment of their operational functions

2.1.9

test situation

condition of an ASSEMBLY or part of it in which the relevant main circuits are open on its supply side but not necessarily isolated whilst the associated auxiliary circuits are connected, allowing tests of the operation of incorporated devices

2.1.10

isolated situation

condition of an ASSEMBLY or part of it in which the relevant main circuits are isolated on their supply side and the associated auxiliary circuits are also isolated

2.1.11

connected situation

a condition of an ASSEMBLY or part of it in which the relevant main circuit and associated auxiliary circuits are connected for their normally intended function

2.2 Constructional units of ASSEMBLIES

2.2.1 section

a constructional unit of an ASSEMBLY between two successive vertical delineations

2.2.2 sub-section

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

2.2.3 compartment

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

2.2.4 transport unit

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

2.2.5 fixed part

a part consisting of components assembled and wired on a common support and which is designed for fixed installation (see 7.6.3)

2.2.6 removable part

a part which may be removed entirely from the ASSEMBLY and replaced even though the circuit to which it is connected may be live

2.2.7 withdrawable part

removable part which can be moved from the connected position to the isolated position and to a test position, if any, whilst remaining mechanically attached to the ASSEMBLY

2.2.8 connected position

the position of a removable or withdrawable part when it is fully connected for its normally intended function

2.2.9 test position

a position of a withdrawable part in which the relevant main circuits are open on its supply side but not necessarily isolated and in which the auxiliary circuits are connected, allowing tests of the operation of the withdrawable part, that part remaining mechanically attached to the ASSEMBLY

NOTE The opening may also be achieved without any mechanical movement of the withdrawable part by operation of a suitable device.

2.2.10 isolated position

position of a withdrawable part in which an isolating distance (see 7.1.2.2) is established in main and auxiliary circuits on its supply side, the withdrawable part remaining mechanically attached to the ASSEMBLY

NOTE The isolating distance may also be established without any mechanical movement of the withdrawable part by operation of a suitable device.

2.2.11

removed position

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

2.2.12

electrical connections of functional units

2.2.12.1

fixed connection

a connection which is connected or disconnected by means of a tool

2.2.12.2

disconnectable connection

a connection which is connected or disconnected by manual operation of the connecting means without a tool

2.2.12.3

withdrawable connection

connection which is connected or disconnected by bringing the functional unit into the connected or isolated situation

2.3 External design of ASSEMBLIES

2.3.1

open-type ASSEMBLY

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

2.3.2

dead-front ASSEMBLY

an open-type ASSEMBLY with a front covering which provides a degree of protection from the front. Live parts may be accessible from the other directions

2.3.3

enclosed ASSEMBLY

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

2.3.3.1

cubicle-type ASSEMBLY

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

2.3.3.2

multi-cubicle-type ASSEMBLY

a combination of a number of mechanically joined cubicles

2.3.3.3

desk-type ASSEMBLY

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

2.3.3.4

box-type ASSEMBLY

an enclosed ASSEMBLY, in principle intended to be mounted on a vertical plane

2.3.3.5

multi-box-type ASSEMBLY

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

2.3.4

busbar trunking system (busway)

a type-tested ASSEMBLY in the form of a conductor system comprising busbars which are spaced and supported by insulating material in a duct, trough or similar enclosure
[IEV 441-12-07 modified]

The ASSEMBLY may consist of units such as:

- busbar trunking units with or without tap-off facilities;
- phase transposition, expansion, flexible, feeder and adapter units;
- tap-off units.

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

2.4 Structural parts of ASSEMBLIES

2.4.1

supporting structure

a structure forming part of an ASSEMBLY designed to support various components of an ASSEMBLY and an enclosure, if any

2.4.2

mounting structure

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

2.4.3

mounting plate*

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

2.4.4

mounting frame*

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

2.4.5

enclosure

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

[IEV 195-02-35]

2.4.6

cover

a part of the external enclosure of an ASSEMBLY

* If these structural parts incorporate apparatus, they may constitute self-contained ASSEMBLIES.

2.4.7

door

a hinged or sliding cover

2.4.8

removable cover

a 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

2.4.9

cover plate

a part of an ASSEMBLY – in general of a box (see 2.3.3.4) – which is used for closing an opening in the external enclosure and designed to be held in place by screws or similar means. It is not normally removed after the equipment is put into service

NOTE The cover plate can be provided with cable entries.

2.4.10

partition

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

2.4.11

(electrically) protective barrier

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

[IEV 195-06-15]

2.4.12

(electrically) protective obstacle

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

[IEV 195-06-16]

2.4.13

shutter

a 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 modified]

2.4.14

cable entry

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

NOTE A cable entry can at the same time be designed as a cable sealing end.

2.4.15

spare spaces

2.4.15.1

free space

an empty space of a section

2.4.15.2

unequipped space

a part of a section incorporating busbars only

2.4.15.3**partially equipped space**

a part of a section fully equipped except for the functional units. The functional units which can be installed are defined in number of modules and size

2.4.15.4**fully equipped space**

a part of a section fully equipped with functional units not assigned to a specific use

2.4.16**enclosed protected space**

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

2.4.17**insertion interlock**

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

2.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES**2.5.1****ASSEMBLY for indoor installation**

an ASSEMBLY which is designed for use in locations where the usual service conditions for indoor use as specified in 6.1 of this standard are fulfilled

2.5.2**ASSEMBLY for outdoor installation**

an ASSEMBLY which is designed for use under the usual service conditions for outdoor use as specified in 6.1 of this standard

2.5.3**stationary ASSEMBLY**

an 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

2.5.4**movable ASSEMBLY**

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

2.6 Protective measures with regard to electric shock**2.6.1****live part**

a conductor or conductive part intended to be energized in normal use, including a neutral conductor but, by convention, not a PEN conductor [IEV 826-03-01]

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

2.6.2**exposed conductive part**

a conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not normally live, but which may become live under fault conditions [IEV 826-03-02 modified]

2.6.3

protective conductor

(identification: PE)

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

[IEV 195-02-09]

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.

2.6.4

neutral conductor

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

[IEV 195-02-06]

2.6.5

PEN conductor

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

[IEV 195-02-12]

2.6.6

fault current

a current resulting from an insulation failure or the bridging of insulation

2.6.7

earth fault current

a fault current which flows to earth

2.6.8

protection against direct contact

prevention of dangerous contact of persons with live parts

2.6.9

protection against indirect contact

prevention of dangerous contact of persons with exposed conductive parts

2.7 Gangways within ASSEMBLIES

2.7.1

operating gangway within an ASSEMBLY

a space which must be used by the operator for the proper operation and supervision of the ASSEMBLY

2.7.2

maintenance gangway within an ASSEMBLY

a space which is accessible to authorized personnel only and primarily intended for use when servicing the installed equipment

2.8 Electronic functions

2.8.1

screening

protection of conductors or equipment against interference caused in particular by electromagnetic radiation from other conductors or equipment

2.9 Insulation co-ordination

2.9.1

clearance

the distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between these conductive parts [2.5.46 of IEC 60947-1] [IEV 441-17-31]

2.9.2

isolating distance (of a pole of a mechanical switching device)

the clearance between open contacts meeting the safety requirements specified for disconnectors [2.5.50 of IEC 60947-1] [IEV 441-17-35]

2.9.3

creepage distance

the shortest distance along the surface of an insulating material between two conductive parts [2.5.51 of IEC 60947-1] [IEV 471-01-08 modified]

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

2.9.4

working voltage

the highest value of the a.c. (r.m.s.) or d.c. voltage which may occur (locally) across any insulation at rated supply voltage, transients being disregarded, in open circuit conditions or under normal operating conditions [2.5.52 of IEC 60947-1]

2.9.5

temporary overvoltage

the phase-to-earth, phase-to-neutral or phase-to-phase overvoltage at a given location and of relatively long duration (several seconds) [2.5.53 of IEC 60947-1] [IEV 604-03-12 modified]

2.9.6

transient overvoltages

the transient overvoltages in the sense of this standard are the following [2.5.54 of IEC 60947-1]

2.9.6.1

switching overvoltage

a transient overvoltage at a given location on a system due to a specific switching operation or fault [2.5.54.1 of IEC 60947-1] [IEV 604-03-29 modified]

2.9.6.2

lightning overvoltage

a transient overvoltage at a given location on a system due to a specific lightning discharge (see also IEC 60060 and IEC 60071-1) [2.5.54.2 of IEC 60947-1]

2.9.7

impulse withstand voltage

the highest peak value of an impulse voltage, of prescribed form and polarity, which does not cause breakdown under specified conditions of test [2.5.55 of IEC 60947-1]

2.9.8

power-frequency withstand voltage

the r.m.s. value of a power-frequency sinusoidal voltage which does not cause breakdown under specified conditions of test [2.5.56 of IEC 60947-1] [IEV 604-03-40 modified]

2.9.9

pollution

any condition of foreign matter, solid, liquid or gaseous (ionized gases), that may affect dielectric strength or surface resistivity [2.5.57 of IEC 60947-1]

2.9.10

pollution degree (of environmental conditions)

a 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. [2.5.59 of IEC 60947-1]

2.9.11

micro-environment (of a clearance or creepage distance)

the 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. [2.5.59 of IEC 60947-1 modified]

2.9.12

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

a 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. [2.5.60 of IEC 60947-1]

2.9.13

surge arrester

a 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 [2.2.22 of IEC 60947-1] [IEV 604-03-51]

2.9.14**co-ordination of insulation**

the 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 [2.5.61 of IEC 60947-1] [IEV 604-03-08 modified]

2.9.15**homogeneous (uniform) field**

an 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 [2.5.62 of IEC 60947-1]

2.9.16**inhomogeneous (non-uniform) field**

an electric field which has not an essentially constant voltage gradient between electrodes [2.5.63 of IEC 60947-1]

2.9.17**tracking**

the 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 [2.5.64 of IEC 60947-1]

2.9.18**comparative tracking index (CTI)**

the 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. [2.5.65 of IEC 60947-1]

2.10 Short-circuit currents**2.10.1****short-circuit current (I_c) (of a circuit of an ASSEMBLY)**

an over-current resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an electric circuit [2.1.6 of IEC 60947-1] [IEV 441-11-07 modified]

2.10.2**prospective short-circuit current (I_{cp}) (of a circuit of an ASSEMBLY)**

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

2.10.3**cut-off current; let-through current**

the maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a switching device or a fuse [IEV 441-17-12]

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.

2.11**electromagnetic compatibility (EMC)**

NOTE For EMC related terms and definitions, see annex H.

3 Classification of ASSEMBLIES

ASSEMBLIES are classified according to:

- the external design (see 2.3);
- the place of installation (see 2.5.1 and 2.5.2);
- the conditions of installation with respect to mobility (see 2.5.3 and 2.5.4);
- the degree of protection (see 7.2.1);
- the type of enclosure;
- the method of mounting, for example fixed or removable parts (see 7.6.3 and 7.6.4);
- the measures for the protection of persons (see 7.4);
- the form of internal separation (see 7.7);
- the types of electrical connections of functional units (see 7.11).

4 Electrical characteristics of ASSEMBLIES

An ASSEMBLY is defined by the following electrical characteristics.

4.1 Rated voltages

An ASSEMBLY is defined by the following rated voltages of its various circuits.

4.1.1 Rated operational voltage (of a circuit of an ASSEMBLY)

The rated operational voltage (U_e) of a circuit of an ASSEMBLY is the value of voltage which, combined with the rated current of this circuit, determines its application.

For polyphase circuits, it is stated as the voltage between phases.

NOTE Standard values of rated control circuit voltages are found in the relevant standards for the incorporated devices.

The manufacturer of the ASSEMBLY shall state the limits of voltage necessary for correct functioning of the main and auxiliary circuits. In any case, these limits must be such that the voltage at the control circuit terminals of incorporated components is maintained under normal load conditions, within the limits specified in the relevant IEC standards.

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

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

The rated operational voltage of any circuit of the ASSEMBLY shall not exceed its rated insulation voltage. It is assumed that the working voltage of any circuit of an ASSEMBLY will not, even temporarily, exceed 110 % of its rated insulation voltage.

NOTE For single-phase circuits derived from IT systems (see IEC 60364-3), the rated insulation voltage should be at least equal to the voltage between phases of the supply.

For polyphase circuits, it is stated as the voltage between phases.

4.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

The peak value of an impulse voltage of prescribed form and polarity which the circuit of an ASSEMBLY is capable of withstanding without failure under specified conditions of test and to which the values of the clearances are referred.

The rated impulse withstand voltage of a circuit of an ASSEMBLY shall be equal to or higher than the values stated for the transient overvoltages occurring in the system in which the ASSEMBLY is inserted.

NOTE The preferred values of rated impulse withstand voltage are those given in table 13.

4.2 Rated current (I_n) (of a circuit of an ASSEMBLY)

The rated current of a circuit of an ASSEMBLY is stated by the manufacturer, taking into consideration the ratings of the components of the electrical equipment within the ASSEMBLY, their disposition and application. This current must be carried without the temperature-rise of the various parts of the ASSEMBLY exceeding the limits specified in 7.3 (table 2) when verified according to 8.2.1.

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

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

The rated short-time withstand current of a circuit of an ASSEMBLY is the r.m.s. value of short-time current assigned to that circuit by the manufacturer which that circuit can carry without damage under the test conditions specified in 8.2.3. Unless otherwise stated by the manufacturer, the time is 1 s. [IEV 441-17-17 modified]

For a.c., the value of the current is the r.m.s. value of the a.c. component and it is assumed that the highest peak value likely to occur does not exceed n times this r.m.s. value, the factor n being given in 7.5.3.

NOTE 1 If the time is shorter than 1 s, both the rated short-time withstand current and the time should be stated, for example 20 kA, 0,2 s.

NOTE 2 The rated short-time withstand current can be either a prospective current when the tests are conducted at the rated operational voltage or an actual current when the tests are conducted at a lower voltage.

4.4 Rated peak withstand current (I_{pk}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

The rated peak withstand current of a circuit of an ASSEMBLY is the value of peak current assigned to that circuit by the manufacturer which that circuit can withstand satisfactorily under the test conditions specified in 8.2.3 (see also 7.5.3). [IEV 441-17-18 modified]

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

The rated conditional short-circuit current of a circuit of an ASSEMBLY is the value of prospective short-circuit current, stated by the manufacturer, which that circuit, protected by a short-circuit protective device specified by the manufacturer, can withstand satisfactorily for the operating time of the device under the test conditions specified in 8.2.3 (see also 7.5.2).

The details of the specified short-circuit protective device shall be stated by the manufacturer.

NOTE 1 For a.c., the rated conditional short-circuit current is expressed by the r.m.s. value of the a.c. component.

NOTE 2 The short-circuit protective device may either form an integral part of the ASSEMBLY or be a separate unit.

4.6 Rated fused short-circuit current (I_{cf}) (of a circuit of an ASSEMBLY)

Void.

4.7 Rated diversity factor

The rated diversity factor of an ASSEMBLY or a part of an ASSEMBLY having several main circuits (e.g. a section or sub-section) is the ratio of the maximum sum, at any one time, of the assumed currents of all the main circuits involved to the sum of the rated currents of all the main circuits of the ASSEMBLY or the selected part of the ASSEMBLY.

When the manufacturer states a rated diversity factor, this factor shall be used for the temperature-rise test in accordance with 8.2.1.

NOTE In the absence of information concerning the actual currents, the following conventional values may be used.

Table 1 – Values of rated diversity factor

Number of main circuits	Rated diversity factor
2 and 3	0,9
4 and 5	0,8
6 to 9 inclusive	0,7
10 (and above)	0,6

4.8 Rated frequency

The rated frequency of an ASSEMBLY is the value of frequency which designates it and to which the operating conditions are referred.

If 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 manufacturer of the ASSEMBLY, the limits are assumed to be 98 % and 102 % of the rated frequency.

5 Information to be given regarding the ASSEMBLY

The following information shall be given by the manufacturer.

5.1 Nameplates

Each ASSEMBLY shall be provided with one or more plates, marked in a durable manner and located in a place such that they are visible and legible when the ASSEMBLY is installed.

Information specified under items a) and b) shall be given on the nameplate.

Information from items c) to t), where applicable, shall be given either on the nameplates or in the technical documentation of the manufacturer:

a) manufacturer's name or trade mark;

NOTE The manufacturer is deemed to be the organization taking the responsibility for the completed ASSEMBLY.

b) type designation or identification number, or any other means of identification making it possible to obtain relevant information from the manufacturer;

c) IEC 60439-1;

d) type of current (and frequency, in the case of a.c.);

e) rated operational voltages (see 4.1.1);

f) rated insulation voltages (see 4.1.2);

– rated impulse withstand voltage, when declared by the manufacturer (see 4.1.3);

g) rated voltages of auxiliary circuits (if applicable);

j) rated current of each main circuit (if applicable; see 4.2);

k) short-circuit withstand strength (see 7.5.2);

l) degree of protection (see 7.2.1);

m) measures for protection against electric shock (see 7.4);

n) service conditions for indoor use, outdoor use or special use, if different from the usual service conditions as given in 6.1;

– pollution degree, when declared by the manufacturer (see 6.1.2.3);

o) types of system earthing for which the ASSEMBLY is designed;

p) dimensions (see figures C.3 and C.4) given preferably in the order of height, width (or length), depth;

q) weight;

r) form of internal separation (see 7.7);

s) types of electrical connections of functional units (see 7.11);

t) environment A and/or B (see 7.10.1).

5.2 Markings

Inside the ASSEMBLY, it shall be possible to identify individual circuits and their protective devices.

Where items of equipment of the ASSEMBLY are designated, the designations used shall be identical with those in IEC 61346-1 and with those in the wiring diagrams which shall be in accordance with IEC 61082.

5.3 Instructions for installation, operation and maintenance

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

If necessary, the instructions for the transport, installation and operation of the ASSEMBLY shall indicate the measures that are of particular importance for the proper and correct installation, commissioning and operation of the ASSEMBLY.

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.

The ASSEMBLY manufacturer shall specify the measures to be taken, if any, with regard to EMC associated with the installation, operation and maintenance of the ASSEMBLY.

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:

Warning:
This is a product for environment A. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

6 Service conditions

6.1 Normal service conditions

ASSEMBLIES conforming to this standard are intended for use under the following service conditions.

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 (see 7.6.2.4, second paragraph).

6.1.1 Ambient air temperature

6.1.1.1 Ambient air temperature for indoor installations

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

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

6.1.1.2 Ambient air temperature for outdoor installations

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

The lower limit of the ambient air temperature is:

- –25 °C in a temperate climate, and
- –50 °C in an arctic climate.

NOTE The use of ASSEMBLIES in an arctic climate may require a special agreement between manufacturer and user.

6.1.2 Atmospheric conditions

6.1.2.1 Atmospheric conditions for indoor installations

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

6.1.2.2 Atmospheric conditions for outdoor installations

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

6.1.2.3 Pollution degree

The pollution degree (see 2.9.10) 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 (clearances and creepage distances according to the different pollution degrees are given in tables 14 and 16).

Pollution degree 1:

No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs.

Pollution degree 2:

Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected.

Pollution degree 3:

Conductive pollution occurs or dry, non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation.

Pollution degree 4:

The pollution generates persistent conductivity caused, for instance, by conductive dust or by rain or snow.

Standard pollution degree of industrial applications:

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 or the micro-environment.

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

6.1.3 Altitude

The altitude of the site of installation does not exceed 2 000 m (6 600 ft).

NOTE For electronic equipment to be used at altitudes above 1 000 m, it may be necessary to take into account the reduction of the dielectric strength and of the cooling effect of the air. Electronic equipment intended to operate in these conditions should be designed or used in accordance with an agreement between manufacturer and user.

6.2 Special service conditions

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

Special service conditions are, for example:

6.2.1 Values of temperature, relative humidity and/or altitude differing from those specified in 6.1.

6.2.2 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.

6.2.3 Heavy pollution of the air by dust, smoke, corrosive or radioactive particles, vapours or salt.

6.2.4 Exposure to strong electric or magnetic fields.

6.2.5 Exposure to extreme temperatures, for example radiation from sun or furnaces.

6.2.6 Attack by fungus or small creatures.

6.2.7 Installation in locations where fire or explosion hazards exist.

6.2.8 Exposure to heavy vibration and shocks.

6.2.9 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.

6.2.10 Consideration of appropriate remedies against:

- conducted and radiated disturbances other than EMC;
- EMC disturbances in environments other than those described in annex H.

6.3 Conditions during transport, storage and erection

6.3.1 A special agreement shall be made between user and manufacturer if the conditions during transport, storage and erection, for example temperature and humidity conditions, differ from those defined in 6.1.

Unless otherwise specified, the following temperature range applies: during transport and storage, between $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ and, for short periods not exceeding 24 h, up to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Equipment subjected to these extreme temperatures without being operated shall not undergo any irreversible damage and shall then operate normally in the specified conditions.

7 Design and construction

7.1 Mechanical design

7.1.1 General

The ASSEMBLIES shall be constructed only of materials capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses as well as the effects of humidity which are likely to be encountered in normal service. Parts of ASSEMBLIES which are made of insulating material shall provide a specified degree of resistance to abnormal heat and fire.

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of equivalent protective coatings to the exposed surface, taking account of the intended conditions of use and maintenance.

All enclosures or partitions including locking means for doors, withdrawable parts etc., shall be of a mechanical strength sufficient to withstand the stresses to which they may be subjected in normal service.

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.

7.1.2 Clearances, creepage distances and isolating distances

7.1.2.1 Clearances and creepage distances

Apparatus forming part of the ASSEMBLY shall have distances complying with the requirements of their relevant specifications, and these distances shall be maintained during normal service conditions.

When arranging apparatus within the ASSEMBLY, the specified creepage distances and clearances or rated impulse withstand voltages (U_{imp}) shall be complied with, taking into account the relevant service conditions.

For bare live conductors and terminations (e.g. busbars, connections between apparatus, cable lugs), the creepage distances and the clearances or impulse withstand voltages shall at least comply with those specified for the apparatus with which they are directly associated.

In addition, abnormal conditions such as a short circuit shall not permanently reduce the clearances or dielectric strength between busbars and/or connections other than cables below the values specified for the apparatus with which they are directly associated. See also 8.2.2.

For ASSEMBLIES tested according to 8.2.2.6 of this standard, minimum values are given in tables 14 and 16 and test voltages are given in 7.1.2.3.

7.1.2.2 Isolation of withdrawable parts

In the case of functional units being mounted on withdrawable parts, the isolation provided shall at least comply with the requirements in the relevant specification for disconnectors* with the equipment in new condition, taking account of the manufacturing tolerances and changes in dimensions due to wear.

7.1.2.3 Dielectric properties

When, for a circuit or circuits of an ASSEMBLY, a rated impulse withstand voltage is declared by the manufacturer, the requirements of 7.1.2.3.1 to 7.1.2.3.6 apply and the circuit(s) shall satisfy the dielectric tests and verifications specified in 8.2.2.6 and 8.2.2.7.

In the other cases, the circuits of an ASSEMBLY shall satisfy the dielectric tests specified in 8.2.2.2, 8.2.2.3, 8.2.2.4 and 8.2.2.5.

NOTE It should be kept in mind, however, that in this case the requirements of insulation co-ordination cannot be verified.

The concept of insulation co-ordination based on an impulse voltage rating is preferred.

7.1.2.3.1 General

The following requirements are based on the principles of IEC 60664-1 and provide the possibility of co-ordination of insulation of equipment with the conditions within the installation.

The circuit(s) of an ASSEMBLY shall be capable of withstanding the rated impulse withstand voltage (see 4.1.3) in accordance with the overvoltage category given in annex G or, where applicable, the corresponding a.c. or d.c. voltage given in table 13. The withstand voltage across the isolation distances of devices suitable for isolation or of withdrawable parts is given in table 15.

NOTE The correlation between the nominal voltage of the supply system and the rated impulse withstand voltage of the circuit(s) of an ASSEMBLY is given in annex G.

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.

7.1.2.3.2 Impulse withstand voltage of the main circuit

- a) Clearances from live parts to parts intended to be earthed and between poles shall withstand the test voltage given in table 13 appropriate to the rated impulse withstand voltage.

* See IEC 60947-3.

- b) Clearances across the open contacts for withdrawable parts in the isolated position shall withstand the test voltage given in table 15 appropriate to the rated impulse withstand voltage.
- c) Solid insulation of ASSEMBLIES associated with clearances a) and/or b) shall withstand the impulse voltages specified in a) and/or b), as applicable.

7.1.2.3.3 Impulse withstand voltages of auxiliary circuits

- a) Auxiliary circuits which operate directly from the main circuit at the rated operational voltage without any means for reduction of overvoltage shall comply with the requirements of items a) and c) of 7.1.2.3.2.
- b) Auxiliary circuits which do not operate directly from the main circuit may have an overvoltage withstand capacity different from that of the main circuit. The clearances and associated solid insulation of such circuits – a.c. or d.c. – shall withstand the appropriate voltage in accordance with annex G.

7.1.2.3.4 Clearances

Clearances shall be sufficient to enable the circuits to withstand the test voltage, according to 7.1.2.3.2 and 7.1.2.3.3.

Clearances shall be at least as high as the values given in table 14, for case B – homogeneous field.

A test is not required if the clearances, related to the rated impulse withstand voltage and pollution degree, are higher than the values given in table 14 for case A – inhomogeneous field.

The method of measuring clearances is given in annex F.

7.1.2.3.5 Creepage distances

a) Dimensioning

For pollution degrees 1 and 2, creepage distances shall not be smaller than the associated clearances selected according to 7.1.2.3.4. For pollution degrees 3 and 4, the creepage distances shall not be less than the case A clearances to reduce the risk of disruptive discharge due to overvoltages, even if the clearances are smaller than the values for case A, as permitted in 7.1.2.3.4.

The method of measuring creepage distances is given in annex F.

Creepage distances shall correspond to a pollution degree as specified in 6.1.2.3 and to the corresponding material group at the rated insulation (or working) voltage given in table 16.

Material groups are classified as follows, according to the range of values of the comparative tracking index (CTI) (see 2.9.18):

- Material group I $600 \leq \text{CTI}$
- Material group II $400 \leq \text{CTI} < 600$
- Material group IIIa $175 \leq \text{CTI} < 400$
- Material group IIIb $100 \leq \text{CTI} < 175$

NOTE 1 The CTI values refer to the values obtained in accordance with IEC 60112, method A, for the insulating material used.

NOTE 2 For inorganic insulating materials, for example 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.

b) Use of ribs

A creepage distance can be reduced to 0,8 of the value of table 16 by using ribs of minimum height of 2 mm, irrespective of the number of ribs. The minimum base of the rib is determined by mechanical requirements (see clause F.2).

c) Special applications

Circuits intended for certain applications where severe consequences of an insulation fault have to be taken into account shall have one or more of the influencing factors of table 16 (distances, insulating materials, pollution in the micro-environment) utilized in such a way as to achieve a higher insulation voltage than the rated insulation voltage given to the circuits according to table 16.

7.1.2.3.6 Spacings between separate circuits

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

7.1.3 Terminals for external conductors

7.1.3.1 The 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.

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

Where aluminium conductors are used, terminals which cater for the maximum size of solid or stranded conductors given in table A.1 are usually dimensionally adequate. In those instances where the use of this maximum size of aluminium conductor prevents the full utilization of the rated current of the circuit, it will be necessary, subject to agreement between manufacturer and user, to provide means of connection for an aluminium conductor of the next larger size.

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 (see note 2 of table A.1).

7.1.3.3 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.

The conductors must not be subjected to stresses which reduce their normal life.

NOTE In the USA national regulations define the minimum wire bending space requirements for the proper connection of external conductors.

7.1.3.4 Unless otherwise agreed between manufacturer and 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 10 mm², if the size of the phase conductor exceeds 10 mm²;

- equal to the full current-carrying capacity of the phase conductor, if the size of the latter is less than or equal to 10 mm².

NOTE 1 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 2 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 current-carrying capacity as the phase conductors may be necessary, subject to special agreement between manufacturer and user.

7.1.3.5 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.

7.1.3.6 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 manufacturer.

7.1.3.7 Identification of terminals

It is recommended that identification of terminals should comply with IEC 60445.

7.1.4 Resistance to abnormal heat and fire

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

The suitability of these parts shall be verified by test in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11.

Parts of insulating materials necessary to retain current-carrying parts in position shall conform to the glow-wire test of 8.2.9 at a test temperature of 960 °C.

Parts of insulating materials other than those specified in the previous paragraph, including parts necessary to retain the protective conductor, shall conform to the requirements of the glow-wire test of 8.2.9 at a temperature of 650 °C.

This requirement does not apply to parts or components, which have been previously tested according to this standard or according to their own product standard.

For small parts (having surface dimensions not exceeding 14 mm × 14 mm), a different test may be selected (for example, the needle flame test of IEC 60695-2-2). The same procedure may be applicable for other practical reasons where the metal material of a part is large compared to the insulating material.

7.2 Enclosure and degree of protection

7.2.1 Degree of protection

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

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

IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X.

7.2.1.2 The degree of protection of an enclosed ASSEMBLY, or from the front of a dead-front ASSEMBLY, shall be at least IP2X, after installation in accordance with the manufacturer's instructions.

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

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

7.2.1.4 Unless otherwise specified, the degree of protection indicated by the manufacturer applies to the complete ASSEMBLY when installed in accordance with the manufacturer's instructions (see also 7.1.3.6), for example sealing of the open mounting surface of an ASSEMBLY, if necessary.

The manufacturer shall also state the degree(s) of protection against direct contact, ingress of solid foreign bodies and liquids under conditions necessitating the accessibility to internal parts of the ASSEMBLY in service by authorized personnel (see 7.4.6). For ASSEMBLIES with moveable and/or withdrawable parts see 7.6.4.3.

7.2.1.5 If the degree of protection of part of the ASSEMBLY for example on the operating face, differs from that of the main portion, the manufacturer shall indicate the degree of protection of that part separately. Example: IP00, operating face IP20.

7.2.1.6 For PTTA, no IP codes can be given unless the appropriate verifications can be made according to IEC 60529 or tested prefabricated enclosures are used.

7.2.2 Measures to take account of atmospheric humidity

In the case of an ASSEMBLY for outdoor installation and in the case of an enclosed ASSEMBLY for indoor installation intended for use in locations with high humidity and temperatures varying within wide limits, suitable arrangements (ventilation and/or internal heating, drain holes, etc.) shall be made to prevent harmful condensation within the ASSEMBLY. However, the specified degree of protection shall at the same time be maintained (for built-in apparatus, see 7.6.2.4).

7.3 Temperature rise

The temperature-rise limits given in table 2 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 8.2.1.

NOTE The temperature rise of an element or part is the difference between the temperature of this element or part measured in accordance with 8.2.1.5 and the ambient air temperature outside the ASSEMBLY.

Table 2 – Temperature-rise limits

Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Built-in components ¹⁾	In accordance with the relevant product standard requirements for the individual components or, in accordance with the component manufacturer's instructions ⁶⁾ , taking into consideration the temperature in the ASSEMBLY
Terminals for external insulated conductors	70 ²⁾
Busbars and conductors, plug-in contacts of removable or withdrawable parts which connect to busbars	Limited by: – mechanical strength of conducting material ⁷⁾; – 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 ³⁾ 25 ³⁾
Accessible external enclosures and covers: – metal surfaces – insulating surfaces	30 ⁴⁾ 40 ⁴⁾
Discrete arrangements of plug and socket-type connections	Determined by the limit for those components of the related equipment of which they form part ⁵⁾
1) 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). 2) The temperature-rise limit of 70 K is a value based on the conventional test of 8.2.1. 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. 3) 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. 4) 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. 5) 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. 6) For temperature-rise tests according to 8.2.1, the temperature-rise limits have to be specified by the manufacturer of the ASSEMBLY. 7) Assuming all other criteria listed are met, a maximum temperature rise of 105 K for bare copper busbars and conductors shall not be exceeded. The 105 K relates to the temperature above which annealing of copper is likely to occur.	

7.4 Protection against electric shock

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 relevant specification.

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

Those protective measures which are of particular importance for an ASSEMBLY are reproduced in detail below, taking into account the specific needs of ASSEMBLIES.

7.4.1 Protection against both direct and indirect contact

7.4.1.1 Protection by safety extra-low voltage

(See clause 411.1 of IEC 60364-4-41.)

7.4.2 Protection against direct contact (see 2.6.8)

Protection against direct contact can be obtained either by appropriate constructional measures on the ASSEMBLY itself or by additional measures to be taken during installation; this may require information given by the 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.

One or more of the protective measures defined below may be selected, taking into account the requirements laid down in the following sub-clauses. The choice of the protective measure shall be subject to an agreement between manufacturer and user.

NOTE Information given in the manufacturer's catalogues may take the place of such an agreement.

7.4.2.1 Protection by insulation of live parts

Live parts shall be completely covered with insulation which can only be removed by destruction.

This 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, cables.

Paints, varnishes, lacquers and similar products alone are generally not considered to provide an adequate insulation for protection against electric shock in normal service.

7.4.2.2 Protection by barriers or enclosures

The following requirements shall be complied with.

7.4.2.2.1 All external surfaces shall conform to a degree of protection against direct contact of at least IP2X or IPXXB. The distance between the mechanical means provided for protection and the live parts they protect shall not be less than the values specified for the clearances and creepage distances in 7.1.2, unless the mechanical means are of insulating material.

7.4.2.2.2 All barriers and enclosures shall be firmly secured in place. Taking into account their nature, size and arrangement, they shall have sufficient stability and durability to resist the strains and stresses likely to occur in normal service without reducing the clearances according to 7.4.2.2.1.

7.4.2.2.3 Where it is necessary to make provision for the removal of barriers, opening of enclosures, or withdrawal of parts of enclosures (doors, casings, lids, covers and the like), this shall be in accordance with one of the following requirements.

- a) Removal, opening or withdrawal shall necessitate the use of a key or tool.
- b) All live parts which can unintentionally be touched after the door has been opened shall be isolated before the door can be opened. In TN-C systems, the PEN conductor shall not be isolated or switched. In TN-S systems, the neutral conductor need not be isolated or switched (see IEC 60364-4-46).

Example: By interlocking the door(s) with a disconnecter so that they can only be opened when the disconnecter is open and it shall not be possible to close the disconnecter while the door is open, except by overriding the interlock or using a tool.

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, the interlock shall automatically be restored on reclosing the door(s).

- c) The ASSEMBLY shall include an internal obstacle or shutter shielding all live parts in such a manner that they cannot unintentionally be touched when the door is open. This obstacle or shutter shall meet the requirements of 7.4.2.2.1 (for exceptions, see item d)) and 7.4.2.2.2. It shall either be fixed in place or shall slide into place the moment the door is opened. It shall not be possible to remove this obstacle or shutter except by the use of a key or tool.

It may be necessary to provide warning labels.

- d) Where any parts behind a barrier or inside an enclosure need occasional handling (such as replacement of a lamp or of a fuse-link), the removal, opening or withdrawal without the use of a key or tool and without switching off shall be possible only if the following conditions are fulfilled (see 7.4.6):
 - an obstacle shall be provided behind the barrier or inside the enclosure so as to prevent persons from coming unintentionally into contact with live parts not protected by another protective measure. However, this obstacle need not prevent persons from coming intentionally into contact by by-passing this obstacle with the hand. It shall not be possible to remove the obstacle except through the use of a key or tool;
 - live parts, the voltage of which fulfils the conditions for the safety extra-low voltage, need not be covered.

7.4.2.3 Protection by obstacles

This measure applies to open-type ASSEMBLIES, see clause 412.3 of IEC 60364-4-41).

7.4.3 Protection against indirect contact (see 2.6.9)

The user shall indicate the protective measure which is applied to the installation for which the ASSEMBLY is intended. In particular, attention is drawn to IEC 60364-4-41, where requirements for protection against indirect contact are specified for the complete installation, for example the use of protective conductors.

7.4.3.1 Protection by using protective circuits

A protective circuit in an ASSEMBLY consists of either a separate protective conductor or the conductive structural parts, or both. It provides the following:

- protection against the consequences of faults within the ASSEMBLY;
- protection against the consequences of faults in external circuits supplied through the ASSEMBLY.

The requirements to be complied with are given in the following sub-clauses.

7.4.3.1.1 Constructional precautions shall be taken to ensure electrical continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY (see 7.4.3.1.5), and between these parts and the protective circuits of the installation (see 7.4.3.1.6).

For PTTA, unless a type-tested arrangement is used, or verification of the short-circuit strength is not necessary in accordance with 8.2.3.1.1 to 8.2.3.1.3, a separate protective conductor shall be used for the protective circuit and shall be so disposed with respect to the busbars that the effects of electromagnetic forces are negligible.

7.4.3.1.2 Certain exposed conductive parts of an ASSEMBLY which 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 the protective circuits. This applies to screws, rivets and nameplates. It also applies to electromagnets of contactors or relays, magnetic cores of transformers (unless they are provided with a terminal for connection to the protective conductor), certain parts of releases, etc., irrespective of their size.

7.4.3.1.3 Manual operating means (handles, wheels, etc.) shall be

- either electrically connected, in a secure and permanent manner, with the parts connected to the protective circuits,
- or provided with additional insulation which insulates them from other conductive parts of the ASSEMBLY. This insulation shall be rated for at least the maximum rated insulation voltage of the associated device.

It is preferable that parts of manual operating means that are normally grasped by the hand during operation are made of or covered by insulating material rated for the maximum rated insulation voltage of the equipment.

7.4.3.1.4 Metal parts covered with a layer of varnish or enamel cannot generally be considered to be adequately insulated to comply with these requirements.

7.4.3.1.5 Continuity of protective circuits shall be ensured by effective interconnections either directly or by means of protective conductors.

- a) When a part of the ASSEMBLY is removed from the enclosure, for example for routine maintenance, the protective circuits 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 and a current-carrying capacity sufficient to withstand the earth fault current that may flow in the ASSEMBLY.

NOTE Flexible metal conduits should not be used as protective conductors.

- b) When removable or withdrawable parts are equipped with metal supporting surfaces, these surfaces are considered sufficient for ensuring continuity of the protective circuits provided that the pressure exerted on them is sufficiently high. Precautions may have to be taken to guarantee permanent good conductivity. The continuity of the protective circuit of a withdrawable part shall remain effective from the connected position to the isolated position inclusively.
- c) 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 is attached to them.

If apparatus with a voltage exceeding the limits of extra-low voltage are attached to lids, doors, cover plates, etc., steps shall be taken to ensure continuity of the protective circuits. It is recommended that these parts be fitted with a protective conductor (PE) whose cross-sectional area is in accordance with table 3A depending on the highest rated operational current I_e of the apparatus. An equivalent electrical connection especially designed for this purpose (sliding contact, hinges protected against corrosion) shall also be considered satisfactory.

- d) All parts of the protective circuit within the ASSEMBLY shall be so designed that they are capable of withstanding the highest thermal and dynamic stresses that may occur at the place of installation of the ASSEMBLY.
- e) When the enclosure of an ASSEMBLY is used as part of a protective circuit, the cross-sectional area of this enclosure shall be at least electrically equivalent to the minimum cross-sectional area specified in 7.4.3.1.7.
- f) 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.
- g) In principle, with the exception of the cases mentioned under item f), protective circuits within an ASSEMBLY shall not include a disconnecting device (switch, disconnector, etc.). The only means permitted in the run of protective conductors shall be links which are removable by means of a tool and accessible only to authorized personnel (these links may be required for certain tests).

7.4.3.1.6 The terminals for external protective conductors and metal sheathing 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. In the case of enclosures and conductors of aluminium or aluminium alloys, particular consideration shall be given to the danger of electrolytic corrosion. In the case of ASSEMBLIES with conductive structures, enclosures, etc., means shall be provided to ensure electrical continuity between the exposed conductive parts (the protective circuit) of the ASSEMBLY and the metal sheathing of connecting cables (steel conduit, lead sheath, etc.). The connecting means to ensure the continuity of the exposed conductive parts with external protective conductors shall have no other function.

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.

7.4.3.1.7 The cross-sectional area of protective conductors (PE, PEN) in an ASSEMBLY to which external conductors are intended to be connected shall be determined in one of the following ways.

- a) The cross-sectional area of the protective conductors (PE, PEN) shall be not less than the appropriate value shown in table 3.

If the application of this table produces non-standard sizes, protective conductors (PE, PEN) having the nearest larger standard cross-sectional area are to be used.

Table 3 – Cross-sectional area of protective conductors (PE, PEN)

Cross-sectional area of phase conductors S mm ²	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor (PE, PEN) S_p mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

The values in table 3 are valid only if the protective conductor (PE, PEN) is made of the same metal as the phase conductors. If this is not so, the cross-sectional area of the protective conductor (PE, PEN) is to be determined in a manner which produces a conductance equivalent to that which results from the application of table 3.

For PEN conductors, the following additional requirements shall apply:

- the minimum cross-sectional area shall be 10 mm² Cu or 16 mm² Al;
- 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;
- table 3 assumes that the neutral conductor currents do not exceed 30 % of the phase currents;

- 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 manufacturer and user.
- b) The cross-sectional area of the protective conductor (PE, PEN) shall be calculated with the aid of the formula indicated in annex B or obtained by some other method, for example by testing.

For determining the cross-section of protective conductors (PE, PEN), the following conditions have to be satisfied simultaneously:

- 1) when the test according to 8.2.4.2 is carried out, the value of the fault-loop impedance shall fulfil the conditions required for the operation of the protective device;
- 2) the conditions of operation of the electrical protective device shall be so chosen as to eliminate the possibility of the fault current in the protective conductor (PE, PEN) causing a temperature rise that tends to impair this conductor or its electrical continuity.

7.4.3.1.8 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 (for exceptions, see 7.4.3.1.9).

7.4.3.1.9 Conductors to certain protective devices including the conductors connecting them to a separate earth electrode shall be carefully insulated. This applies, for instance, to voltage-operated fault detection devices and can also apply to the earth-connection of the transformer neutral.

NOTE Attention is drawn to the special precautions to be taken in applying the requirements relating to such devices.

7.4.3.1.10 Exposed conductive parts of a device which cannot be connected to the protective circuit by the fixing means of the device shall be connected to the protective circuit of the ASSEMBLY for protective bonding by a conductor whose cross-sectional area is chosen according to table 3A.

Table 3A – Cross-sectional area of a copper bonding conductor

Rated operational current I_e A	Minimum cross-sectional area of a bonding conductor mm ²
$I_e \leq 20$	S*
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
* S = cross-sectional area of the phase conductor (mm ²).	

7.4.3.2 Protection by measures other than using protective circuits

ASSEMBLIES can provide protection against indirect contact by means of the following measures which do not require a protective circuit:

- electrical separation of circuits;
- total insulation.

7.4.3.2.1 Electrical separation of circuits

(See clause 413.5 of IEC 60364-4-41.)

7.4.3.2.2 Protection by total insulation*

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

- a) The apparatus shall be completely enclosed in insulating material. The enclosure shall carry the symbol  which shall be visible from the outside.
- b) The enclosure shall be made of an insulating material which is capable of withstanding the mechanical, electrical and thermal stresses to which it is liable to be subjected under normal or special service conditions (see 6.1 and 6.2) and it shall be resistant to ageing and flame-resistant.
- c) 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, if applicable, 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, if applicable, 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, if applicable, the maximum rated impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

- d) 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 IP2XC*.

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.

* According to 413.2.1.1 of IEC 60364-4-41, this is equivalent to Class II equipment.

* See IEC 60529.

- e) 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.
- f) If doors or covers of the enclosure can be opened without the use of a key or tool, an obstacle of insulating material shall be provided which will afford protection against unintentional contact not only with the accessible live parts, but also with the exposed conductive parts which are only accessible after the cover has been opened; this obstacle, however, shall not be removable except with the use of a tool.

7.4.4 Discharging of electrical charges

If the ASSEMBLY contains items of equipment which may retain dangerous electrical 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 120 V d.c. in less than 5 s after disconnection from the power supply.

7.4.5 Operating and maintenance gangways within ASSEMBLIES (see 2.7.1 and 2.7.2)

Operating and maintenance gangways within an ASSEMBLY have to comply with the requirements of IEC 60364-4-481.

NOTE Recesses within ASSEMBLIES of limited depth of the order of 1 m are not considered to be gangways.

7.4.6 Requirements related to accessibility in service by authorized personnel

For accessibility in service by authorized personnel, as agreed between manufacturer and user, one or more of the following requirements shall be fulfilled subject to agreement between manufacturer and user. These requirements shall be complementary to the protective measures specified in 7.4.

NOTE This implies that the agreed requirements are valid when an authorized person can obtain access to the ASSEMBLY, for example by the use of tools or by overriding an interlock (see 7.4.2.2.3), when the ASSEMBLY or part of it is under voltage.

7.4.6.1 Requirements related to accessibility for inspection and similar operations

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

Such operations may be:

- 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.

7.4.6.2 Requirements related to accessibility for maintenance

To enable maintenance agreed upon between manufacturer and user on an isolated functional unit or group of the ASSEMBLY, with adjacent functional units or groups still under voltage, necessary measures shall be taken. The choice, which is subject to agreement between manufacturer and user, depends on such factors as service conditions, frequency of maintenance, competence of the authorized personnel, local installation rules, etc. Such measures include the selection of an appropriate form of separation (see 7.7) and may also be:

- 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 designed and arranged to protect against direct contact with equipment in adjacent functional units or groups;
- use of compartments for each functional unit or group;
- insertion of additional protective means provided or specified by the manufacturer.

7.4.6.3 Requirements related to accessibility for extension under voltage

When it is required to enable future extension of the ASSEMBLY with additional functional units or groups, with the rest of the ASSEMBLY still under voltage, the requirements specified in 7.4.6.2 apply, subject to agreement between manufacturer and 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 design of the ASSEMBLY permits such connections.

7.5 Short-circuit protection and short-circuit withstand strength

NOTE For the time being, this subclause applies primarily to a.c. equipment. Requirements concerning d.c. equipment are under consideration.

7.5.1 General

ASSEMBLIES shall be so constructed as to be capable of withstanding the thermal and dynamic stresses resulting from short-circuit currents up to the rated values.

NOTE The short-circuit stresses may be reduced by the use of current-limiting devices (inductances, 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 For ASSEMBLIES intended for use in IT systems*, 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.

When ordering an ASSEMBLY, the user shall specify the short-circuit conditions at the point of installation.

NOTE It is desirable that the highest possible degree of protection to personnel should be provided in case of a fault leading to arcing inside an ASSEMBLY, although the prime object should be to avoid such arcs by suitable design or to limit their duration.

For PTTA, it is recommended to use type-tested arrangements, for example busbars, unless the exemptions given in 8.2.3.1.1 to 8.2.3.1.3 apply. In exceptional cases, where the use of type-tested arrangements is not possible, the short-circuit withstand strength of such parts (see 8.2.3.2.6) shall be verified by extrapolation from similar type-tested arrangements (see IEC 60865 and IEC 61117).

7.5.2 Information concerning short-circuit withstand strength

7.5.2.1 For an ASSEMBLY having only one incoming unit, the manufacturer shall state the short-circuit withstand strength as follows.

7.5.2.1.1 For ASSEMBLIES with a short-circuit protective device (SCPD) incorporated in the incoming unit, the manufacturer shall indicate the maximum allowable value of prospective short-circuit current at the terminals of the incoming unit. This value shall not exceed the appropriate rating(s) (see 4.3, 4.4, 4.5 and 4.6). The corresponding power factor and peak values shall be those shown in 7.5.3.

If the short-circuit protective device is a fuse or a current-limiting circuit-breaker, the manufacturer shall state the characteristics of the SCPD (current rating, breaking capacity, cut-off current, I^2t , etc.).

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

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

- a) rated short-time withstand current together with the associated time if different from 1 s (see 4.3) and rated peak withstand current (see 4.4);

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

- b) rated conditional short-circuit current (see 4.5);

For item b), the manufacturer shall indicate the characteristics (current rating, breaking capacity, cut-off current, I^2t , etc.) of the short-circuit protective devices necessary for the protection of the ASSEMBLY.

NOTE When replacement of fuse-links is necessary, it is assumed that fuse-links with the same characteristics are used.

* See IEC 60364-3.

7.5.2.2 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 7.5.2.1.

7.5.2.3 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 units for high-power rotating machines likely to contribute to the short-circuit current, a special agreement shall be made to determine the values of the prospective short-circuit current in each incoming unit, in each outgoing unit and in the busbars.

7.5.3 Relationship between peak current and short-circuit current

For determining the electrodynamic stresses, the value of peak current shall be obtained by multiplying the short-circuit current by the factor n . Standard values for the factor n and the corresponding power factor are given in table 4.

Table 4 – Standard values for the factor n

RMS 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

NOTE 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.

7.5.4 Co-ordination of short-circuit protective devices

7.5.4.1 The co-ordination of protective devices shall be the subject of an agreement between manufacturer and user. Information given in the manufacturer's catalogue may take the place of such an agreement.

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

7.5.5 Circuits within an ASSEMBLY

7.5.5.1 Main circuits

7.5.5.1.1 The busbars (bare or insulated) shall be arranged in such a manner that an internal short circuit is not to be expected under normal operating conditions. Unless otherwise specified, they shall be rated in accordance with the information concerning the short-circuit withstand strength (see 7.5.2) and designed to withstand at least the short-circuit stresses limited by the protective device(s) on the supply side of the busbars.

7.5.5.1.2 Within a 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 operating conditions, an internal short-circuit between phases and/or between phases and earth is only a remote possibility (see 7.5.5.3). Such conductors are preferably of solid rigid manufacture.

7.5.5.2 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 short circuits would not be expected under normal operating conditions (see 7.5.5.3).

7.5.5.3 Selection and installation of non-protected active conductors to reduce the possibility of short circuits

Active conductors in an ASSEMBLY that are not protected by short-circuit protective devices (see 7.5.5.1.2 and 7.5.5.2) shall be so selected and installed throughout the entire ASSEMBLY that, under normal operating conditions, an internal short circuit between phases or between phase and earth is only a remote possibility. Examples of conductor types and installation requirements are given in table 5.

Table 5 – Conductor selection and installation requirements

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 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 must be avoided. There must be no risk of mechanical damage. 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 if there is no risk of mechanical damage.
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	
NOTE Bare or insulated conductors installed as in the table above and having a short-circuit protective device connected on the load side may be up to 3 m long.	

7.6 Switching devices and components installed in ASSEMBLIES

7.6.1 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 insulation voltage, rated impulse withstand voltage, etc.), 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 manufacturer of the device, having due regard to co-ordination (see 7.5.4).

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.

Switching devices and components in a circuit for which a rated impulse withstand voltage is declared by the manufacturer shall not generate switching overvoltages higher than the rated impulse withstand voltage of the circuit and shall not be subjected to switching overvoltages higher than the rated impulse withstand voltage of the circuit. The latter point should be taken into account when selecting switching devices and components for use in a given circuit.

Example:

Switching devices and components having a rated impulse voltage $U_{imp} = 4\,000\text{ V}$, a rated insulation voltage $U_i = 250\text{ V}$ and a maximum switching overvoltage of $1\,200\text{ V}$ (at a rated operational voltage of 230 V) may be used in circuits of overvoltage categories I, II, III or even IV where appropriate overvoltage protective means are used.

NOTE For overvoltage category, see 2.9.12 and annex G.

7.6.2 Installation

Switching devices and components shall be installed in accordance with the instructions of their manufacturer (position of use, clearances to be observed for electric arcs or for the removal of the arc chute, etc.).

7.6.2.1 Accessibility

The apparatus, functional units mounted on the same support (mounting plate, mounting frame) and the terminals for external conductors shall be so arranged as to be accessible for mounting, wiring, maintenance and replacement. In particular, it is recommended that the terminals be situated at least $0,2\text{ m}$ above the base of floor-mounted ASSEMBLIES and, moreover, be so placed that the cables can be easily connected to them.

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

In general, for floor-mounted ASSEMBLIES, indicating instruments which need to be read by the operator should not be located higher than 2 m above the base of the ASSEMBLY. Operating devices, such as handles, push buttons, etc., should be located at such a height that they can easily be operated; this means that in general their centreline should not be higher than 2 m above the base of the ASSEMBLY.

NOTE 1 Actuators for emergency switching devices (see IEC 60364-5-537, clause 537.4) should be accessible within a zone between 0,8 m and 1,6 m above servicing level.

NOTE 2 It is recommended that wall-mounted and floor-mounted ASSEMBLIES should be installed at such a height with respect to the operating level that the above requirements for accessibility and operating heights are met.

7.6.2.2 Interaction

The switching devices and components shall be installed and wired in the ASSEMBLY in such a manner that its proper functioning is not impaired by interaction, such as heat, arcs, vibrations, fields of energy, which are present in normal operation. In the case of electronic ASSEMBLIES, this may necessitate the separation or screening of monitoring circuits from power circuits.

In the case of enclosures designed to accommodate fuses, special consideration shall be given to thermal effects (see 7.3). The manufacturer shall state the type and rating of the fuse-links to be used.

7.6.2.3 Barriers

Barriers for manual switching devices shall be so designed that the switching arcs 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.

7.6.2.4 Conditions existing at site of installation

The switching devices and components for ASSEMBLIES are selected on the basis of the normal service conditions of the ASSEMBLY specified in 6.1 (see also 7.6.2.2).

Where necessary, suitable precautions (heating, ventilation) shall be taken to ensure that the service conditions essential for proper functioning are maintained, for example the minimum temperature for correct operation of relays, meters, electronic components, etc., according to the relevant specifications.

7.6.2.5 Cooling

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

7.6.3 Fixed parts

In the case of fixed parts (see 2.2.5), the connections of main circuits (see 2.1.2) can only be established or broken when the ASSEMBLY is dead. In general, removal and installation of fixed parts requires the use of a tool.

The disconnection of a fixed part may require the disconnection 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 If under certain conditions working on the live circuits is allowed, the relevant safety precautions must be respected.

7.6.4 Removable parts and withdrawable parts

7.6.4.1 Design

The removable parts and withdrawable parts shall be so designed that their electrical equipment can be safely isolated from or connected to the main circuit whilst this circuit is live. The removable and withdrawable parts may be provided with an insertion interlock (see 2.4.17). Minimum clearances and creepage distances (see 7.1.2.1) shall be complied with in the different positions as well as during transfer from one position to another.

NOTE 1 It may be necessary to ensure that these operations are not performed under load.

Removable parts shall have a connected position (see 2.2.8) and a removed position (see 2.2.11).

Withdrawable parts shall have in addition an isolated position (see 2.2.10) and may have a test position (see 2.2.9), or a test situation (see 2.1.9). They shall be distinctly located in these positions. These positions shall be clearly discernible.

For the electrical conditions for the different positions of withdrawable parts, see table 6.

7.6.4.2 Interlocking and padlocking of withdrawable parts

Unless otherwise specified, withdrawable parts shall be fitted with a device which ensures that the apparatus can only be withdrawn and/or re-inserted after its main circuit has been interrupted.

In order to prevent unauthorized operation, withdrawable parts may be provided with means for a padlock or lock to secure them in one or more of their positions (see 7.1.1).

7.6.4.3 Degree of protection

The degree of protection (see 7.2.1) indicated for ASSEMBLIES normally applies to the connected position (see 2.2.8) of the removable and/or withdrawable parts. The manufacturer shall indicate the degree of protection obtained in the other positions and during the transfer between positions.

ASSEMBLIES with withdrawable parts may be so designed that the degree of protection applying to the connected position is also maintained in the test and isolated positions and during transfer from one position to another.

If, after the removal of a removable and/or withdrawable part, the original degree of protection is not maintained, an agreement shall be reached as to what measures shall be taken to ensure adequate protection. Information given in the manufacturer's catalogue may take the place of such an agreement.

7.6.4.4 Mode of connection of auxiliary circuits

Auxiliary circuits may be so designed that they can be opened with or without the use of a tool.

In the case of withdrawable parts, the connection of the auxiliary circuits shall preferably be possible without the use of tools.

7.6.5 Identification

7.6.5.1 Identification of the conductors of main and auxiliary circuits

With the exception of the cases mentioned in 7.6.5.2, 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 manufacturer and shall be in agreement with the indications on the wiring diagrams and drawings. Where appropriate, the identification according to IEC 60445 and IEC 60446 shall be applied.

Table 6 – Electrical conditions for the different positions of withdrawable parts

Circuit	Method of connection	Position			
		Connected position (see 2.2.8)	Test situation/position (see 2.1.9/2.2.9)	Isolated position (see 2.2.10)	Removed position (see 2.2.11)
Incoming main circuit	Incoming line plug and socket or other connection facilities				
Outgoing main circuit	Outgoing line plug and socket or other connection facilities		 or  ¹⁾	 or  ¹⁾	
Auxiliary circuit	Plug and socket or similar connection facilities				
Condition of circuits within withdrawable parts		Live	Live Auxiliary circuits ready for operational testing	Dead if no backfeed is present	
Condition of outgoing ASSEMBLY terminals of main circuits		Live	Live or not disconnected ²⁾	Dead if no backfeed is present	Dead if no backfeed is present
The requirements of 7.4.4 shall be complied with.					
Earth continuity shall be in accordance with item b) of 7.4.3.1.5 and maintained until the isolating distance is established.					
¹⁾ Depending on design. ²⁾ Depending on the terminals being fed from alternative sources of supply such as a standby supply.					
 = connected  = isolated (occurs twice)  = open, but not necessarily disconnected (isolated)					

7.6.5.2 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 shape, location, marking or colour. If identification by colour is used, it must be green and yellow (twin-coloured). When the protective conductor is an insulated single-core cable, this colour identification shall be used, preferably throughout the whole length.

NOTE The green/yellow colour identification is strictly reserved for the protective conductor.

Any neutral conductor of the main circuit should be readily distinguishable by shape, location, marking or colour. If identification by colour is used, it is recommended to select a light blue colour.

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/yellow.

7.6.5.3 Direction of operation and indication of operational 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 this direction shall be clearly identified.

7.6.5.4 Indicator lights and push-buttons

The colours of indicator lights and push-buttons are given in IEC 60073.

7.7 Internal separation of ASSEMBLIES by barriers or partitions

One or more of the following conditions can be attained by dividing ASSEMBLIES by means of partitions or barriers (metallic or non-metallic) into separate compartments or enclosed protected spaces:

- protection against contact with hazardous parts belonging to the adjacent functional units. The degree of protection shall be at least IPXXB;
- protection against the passage of solid foreign bodies from one unit of an ASSEMBLY to an adjacent unit. The degree of protection shall be at least IP2X.

NOTE The degree of protection IP2X covers the degree of protection IPXXB.

The following are typical forms of separation by barriers or partitions (for examples, see annex D).

Table 6A – Forms of internal separation

Main criteria	Subcriteria	Form
No internal separation		Form 1
Separation of busbars from the functional units	Terminals for external conductors not separated from busbars	Form 2a
	Terminals for external conductors separated from busbars	Form 2b
Separation of busbars from the functional units and separation of all functional units from one another. Separation of terminals for external conductors from the functional units, but not from those of other functional units	Terminals for external conductors not separated from busbars	Form 3a
	Terminals for external conductors separated from busbars	Form 3b
Separation of busbars from all functional units and separation of all functional units from one another. Separation of terminals for external conductors associated with a functional unit from those of any other functional unit and the busbars	Terminals for external conductors in the same compartment as the associated functional unit	Form 4a
	Terminals for external conductors not in the same compartment as the associated functional unit, but in individual, separate, enclosed protected spaces or compartments	Form 4b

The form of separation and higher degrees of protection shall be the subject of an agreement between manufacturer and user.

See 7.4.2.2.2 with regard to stability and durability of barriers and partitions.

See 7.4.6.2 with regard to accessibility for maintenance on isolated functional units.

See 7.4.6.3 with regard to accessibility for extension under voltage.

7.8 Electrical connections inside an ASSEMBLY: bars and insulated conductors

7.8.1 General

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 which ensure a sufficient and durable contact pressure.

7.8.2 Dimensions and rating of busbars and insulated conductors

The choice of the cross-sections of conductors inside the ASSEMBLY is the responsibility of the manufacturer. In addition to the current which must be carried, the choice is governed by the mechanical stresses to which the ASSEMBLY is subjected, by the way these conductors are laid, by the type of insulation and, if applicable, by the kind of elements connected (e.g. electronics).

7.8.3 Wiring (see also 7.8.2)

7.8.3.1 The insulated conductors shall be rated for at least the rated insulation voltage (see 4.1.2) of the circuit concerned.

7.8.3.2 Cables between two connecting devices shall have no intermediate splices or soldered joints.

7.8.3.3 Insulated conductors shall not rest against bare live parts at different potentials or sharp edges and shall be adequately supported.

7.8.3.4 Supply leads 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.

7.8.3.5 Soldered connections to apparatus shall be permitted in ASSEMBLIES only in cases where provision is made for this type of connection on the apparatus.

Where the equipment is subject to heavy vibration during normal operation, soldered cables or wire connections shall be mechanically secured by supplementary means at a short distance from the soldered joint.

7.8.3.6 In locations where heavy vibrations exist during normal operation, for example in the case of dredger and crane operation, operation on board of ships, lifting equipment and locomotives, attention should be given to the support of the conductors. For apparatus other than those mentioned in 7.8.3.5, soldering cable lugs or soldered ends of stranded conductors are not acceptable under conditions of heavy vibration.

7.8.3.7 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.

7.9 Requirements for electronic equipment supply circuits

Unless otherwise specified in the relevant IEC specifications for electronic equipment, the following requirements apply.

7.9.1 Input voltage variations*

- 1) The supply voltage range for battery sources is equal to the rated supply voltage $\pm 15\%$.
NOTE This range does not include the additional voltage range required for charging batteries.
- 2) The range of the input direct voltages is that which is obtained by rectification of the alternating supply voltage (see item 3).
- 3) The supply voltage range for a.c. sources is equal to the rated input voltage $\pm 10\%$.
- 4) If a wider tolerance is necessary, this is subject to agreement between manufacturer and user.

* In compliance with IEC 60146-2.

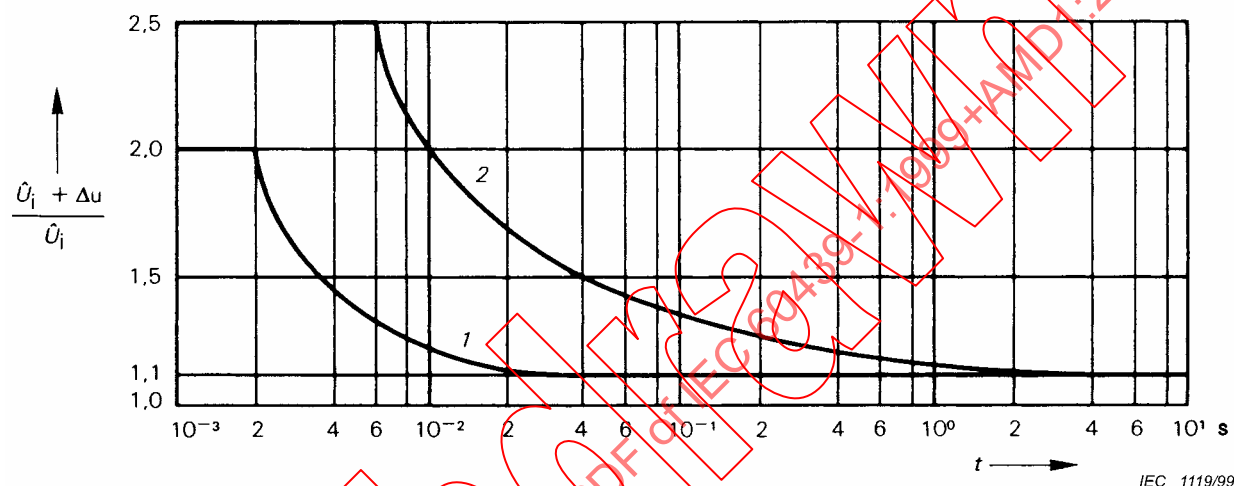
7.9.2 Overvoltages*

Supply overvoltages are specified in figure 1. This figure applies to the non-periodic overvoltages as a deviation from the rated peak value within the short-time range. The ASSEMBLIES shall be so designed that their service ability in the case of overvoltages below the values represented by curve 1 is ensured.

If overvoltages occur within the range between curves 1 and 2, the operation may be interrupted by the response of protective devices safeguarding the ASSEMBLY, no damage to the ASSEMBLY being allowed to occur up to a peak value of the voltage equal to $2 U_i + 1\,000\text{ V}$.

NOTE 1 Transient durations less than 1 ms are under consideration.

NOTE 2 Higher overvoltages than those given above are assumed to be limited by appropriate measures.



$\hat{U}_i$ = sinusoidal peak value of rated insulation voltage

Δu = superimposed non-periodic peak voltage

t = time

Figure 1 – Ratio $\frac{U_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ as a function of time

7.9.3 Waveform*

Harmonics of the input alternating voltage supplying ASSEMBLIES incorporating electronic equipment are restricted in the following limits.

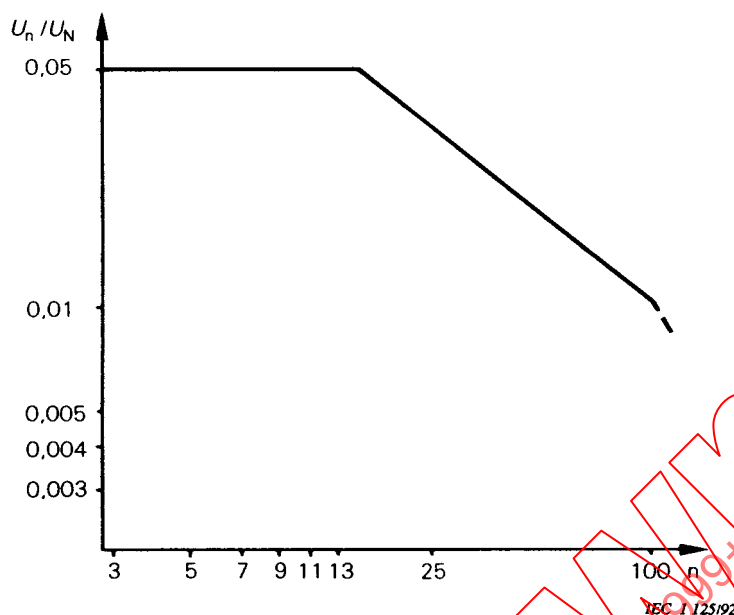
- 1) The relative harmonic content shall not exceed 10 %, i.e. a relative fundamental content higher than or equal to 99,5 %.
- 2) Harmonic components shall not exceed the values given in figure 2.

NOTE 1 The sub-assembly is assumed to be disconnected and the internal impedance of the supply source should be specified in an agreement between manufacturer and user, if this impedance is of significant value.

NOTE 2 The same values are indicated for electronic control and monitoring.

- 3) The highest periodic momentary value of the a.c. supply voltage shall not be more than 20 % above the peak value of the fundamental.

* In accordance with IEC 60146-2.



n = order of harmonic component

U_n = r.m.s. value of harmonic order n

U_N = r.m.s. value of nominal system voltage

Figure 2 – Maximum permitted harmonic component of the nominal system voltage

7.9.4 Temporary variations in voltage and frequency

The equipment shall operate without damage when there are temporary variations in the following conditions.

- Voltage drops not exceeding 15 % of rated voltage for periods not longer than 0,5 s.
- Supply frequency deviation of up to ± 1 % of rated frequency. If a wider tolerance is necessary, this is subject to agreement between manufacturer and user.
- The maximum admissible duration of an interruption of the supply voltage for equipment shall be indicated by the manufacturer.

7.10 Electromagnetic compatibility (EMC)

7.10.1 General

For the majority of ASSEMBY applications falling within the scope of this standard, two sets of environmental conditions are considered:

- Environment A;
- 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 in 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 and in IEC 61000-6-3.

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.

7.10.2 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 7.10.1) 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 component manufacturers' instructions (arrangement with regard to mutual influences, cable, screening, earthing etc.).

In all other cases the EMC requirements shall be verified by tests as mentioned in H.8.2.8.

7.10.3 Immunity

7.10.3.1 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.

7.10.3.2 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 EMC environment stated by the ASSEMBLY manufacturer.

In all other cases, the EMC requirements shall be verified by tests as mentioned in H.8.2.8.

NOTE 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 device and/or component manufacturer shall specify the specific performance criteria of his products based on the acceptance criteria given in the relevant product standard.

7.10.4 Emission

7.10.4.1 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 in the order of some milliseconds. The frequency, level and 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.

7.10.4.2 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.

7.10.4.2.1 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.

Such emissions shall not exceed the limits specified in the relevant product standard, or shall be based on table H.1 for Environment A and/or table H.2 for Environment B. These tests are only required when the main and/or auxiliary circuits contain components which have not been tested to the relevant product standard and with fundamental switching frequencies equal or greater than 9 kHz.

Tests shall be carried out as detailed in the relevant product standard, if any, otherwise according to H.8.2.8.

7.10.4.2.2 Frequencies lower than 9kHz

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.

7.11 Description of the types of electrical connections of functional units

The types of electrical connections of functional units within ASSEMBLIES or parts of ASSEMBLIES can be denoted by a three-letter code:

- the first letter denotes the type of electrical connection of the main incoming circuit;
- the second letter denotes the type of electrical connection of the main outgoing circuit;
- the third letter denotes the type of electrical connection of the auxiliary circuits.

The following letters shall be used:

- F for fixed connections (see 2.2.12.1);
- D for disconnectable connections (see 2.2.12.2);
- W for withdrawable connections (see 2.2.12.3).

8 Test specifications

8.1 Classification of tests

The tests to verify the characteristics of an ASSEMBLY include:

- type tests (see 8.1.1 and 8.2)
- routine tests (see 8.1.2 and 8.3).

The manufacturer shall, on request, specify the basis for the verifications.

NOTE Verifications and tests to be performed on TTA and PT TA are listed in table 7.

8.1.1 Type tests (see 8.2)

Type tests are intended to verify compliance with the requirements laid down in this standard for a given type of ASSEMBLY.

Type tests will be carried out on a sample of such an ASSEMBLY or on such parts of ASSEMBLIES manufactured to the same or a similar design.

They shall be carried out on the initiative of the manufacturer.

Type tests include the following:

- a) verification of temperature-rise limits (8.2.1);
- b) verification of the dielectric properties (8.2.2);
- c) verification of the short-circuit withstand strength (8.2.3);
- d) verification of the effectiveness of the protective circuit (8.2.4);
- e) verification of clearances and creepage distances (8.2.5);
- f) verification of mechanical operation (8.2.6);
- g) verification of the degree of protection (8.2.7);
- h) EMC tests (see 7.10 and, if applicable, annex H).

These tests may be carried out in any order and/or on different samples of the same type.

If modifications are made to the components of the ASSEMBLY, new type tests have to be carried out only in so far as such modifications are likely to adversely affect the results of these tests.

8.1.2 Routine tests (see 8.3)

Routine tests are intended to detect faults in materials and workmanship. They are carried out on every new ASSEMBLY after it has been assembled or on each transport unit. Another routine test at the place of installation is not required.

ASSEMBLIES which are assembled from standardized components outside the works of the manufacturer of these components, by the exclusive use of parts and accessories specified or supplied by the manufacturer for this purpose, shall be routine-tested by the firm which has assembled the ASSEMBLY.

Routine tests include the following:

- a) inspection of the ASSEMBLY including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test (8.3.1);
- b) a dielectric test (8.3.2);
- c) checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuit (8.3.3).

These tests may be carried out in any order.

NOTE The performance of the routine tests at the manufacturer's works does not relieve the firm installing the ASSEMBLY of the duty of checking it after transport and installation.

8.1.3 Testing of devices and self-contained components incorporated in the ASSEMBLY

Type tests or routine tests are not required to be carried out on devices and self-contained components incorporated in the ASSEMBLY when they have been selected in accordance with 7.6.1 and installed in accordance with the instructions of the manufacturer.

8.2 Type tests

8.2.1 Verification of temperature-rise limits

8.2.1.1 General

The temperature-rise test is designed to verify that the temperature-rise limits specified in 7.3 for the different parts of the ASSEMBLY are not exceeded.

The test shall normally be carried out at the values of rated current in accordance with 8.2.1.3, with the apparatus of the ASSEMBLY installed.

The test may be carried out with the aid of heating resistors of an equivalent power loss in accordance with 8.2.1.4.

It is permissible to test individual parts (panels, boxes, enclosures, etc.) of the ASSEMBLY (see 8.2.1.2), provided proper precautions are taken to make the test representative.

Temperature-rise tests on the main circuit(s) rated above 800 A carried out at 50 Hz are valid if the rated current at 60 Hz is reduced to 95 %. For rated currents up to 800 A, tests carried out at 50 Hz are normally applicable for 60 Hz.

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. The test voltages used shall be such that a current equal to the current determined according to 8.2.1.3 flows through the circuits. Coils of relays, contactors, releases, etc., shall be supplied with rated voltage.

Open-type ASSEMBLIES need not be subjected to the temperature-rise test if it is obvious from type tests on the individual parts, or from the size of the conductors and from the arrangement of the apparatus, that there will be no excessive temperature rise and that no damage will be caused to the equipment connected to the ASSEMBLY and to adjacent parts of insulating material.

Table 7 – List of verifications and tests to be performed on TTA and PTТА

No.	Characteristics to be checked	Sub-clauses	TTA	PTTA
1	Temperature-rise limits	8.2.1	Verification of temperature-rise limits by test (type test)	Verification of temperature-rise limits by test or extrapolation
2	Dielectric properties	8.2.2	Verification of dielectric properties by test (type test)	Verification of dielectric properties by test according to 8.2.2 or 8.3.2, or verification of insulation resistance according to 8.3.4 (see Nos. 9 and 11)
3	Short-circuit withstand strength	8.2.3	Verification of the short-circuit withstand strength by test (type test)	Verification of the short-circuit withstand strength by test or by extrapolation from similar type-tested arrangements
4	Effectiveness of the protective circuit Effective connection between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit Short-circuit withstand strength of the protective circuit	8.2.4 8.2.4.1 8.2.4.2	 Verification of the effective connection between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit Verification of the short-circuit withstand strength of the protective circuit by test (type test)	 Verification of the effective connection between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit Verification of the short-circuit withstand strength of the protective circuit by test or appropriate design and arrangement of the protective conductor (see 7.4.3.1.1, last paragraph)
5	Clearances and creepage distances	8.2.5	Verification of the clearances and creepage distances (type test)	Verification of clearances and creepage distances
6	Mechanical operation	8.2.6	Verification of mechanical operation (type test)	Verification of mechanical operation
7	Degree of protection	8.2.7	Verification of the degree of protection (type test)	Verification of the degree of protection
8	Wiring, electrical operation	8.3.1	Inspection of the ASSEMBLY including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test (routine test)	Inspection of the ASSEMBLY including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test
9	Insulation	8.3.2	Dielectric test (routine test)	Dielectric test or verification of insulation resistance according to 8.3.4 (see Nos. 2 and 11)
10	Protective measures	8.3.3	Checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuits (routine test)	Checking of protective measures
11	Insulation resistance	8.3.4		Verification of insulation resistance unless test according to 8.2.2 or 8.3.2 has been made (see Nos. 2 and 9)

The verification of temperature-rise limits for PTТА shall either be made

- by test in accordance with 8.2.1, or
- by extrapolation, for example in accordance with IEC 60890.

8.2.1.2 Arrangement of the ASSEMBLY

The ASSEMBLY shall be arranged as in normal use, with all covers, etc., in place.

When testing individual parts or constructional units, the adjoining parts or constructional units shall produce the same temperature conditions as in normal use. Heating resistors may be used.

8.2.1.3 Temperature-rise test using current on all apparatus

The test shall be made on one or more representative combinations of circuits for which the ASSEMBLY is designed so chosen as to obtain with reasonable accuracy the highest possible temperature rise.

For this test, the incoming circuit is loaded to its rated current (see 4.2) and each outgoing circuit is loaded with its rated current multiplied by the rated diversity factor (see 4.7). 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.

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 (normally not exceeding 8 h). In practice, this condition is reached when the variation does not exceed 1 K/h.

NOTE 1 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 rated current afterwards.

NOTE 2 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.

NOTE 3 In all cases, the use of single-phase a.c. current for testing multi-phase ASSEMBLIES is only permissible if magnetic effects are small enough to be neglected. This requires careful consideration especially for currents above 400 A.

In the absence of detailed information concerning the external conductors and the service conditions, the cross-section of the external test conductors shall be chosen, considering the rated current of each circuit as follows:

8.2.1.3.1 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 8;
- 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.

Table 8 – Test copper conductors for rated currents up to 400 A inclusive

Range of rated current ¹⁾		Conductor cross-sectional area ^{2), 3)}	
		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

¹⁾ 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.

²⁾ For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated rated current may be used.

³⁾ Either of the two conductors specified for a given rated current range may be used.

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

- The conductors shall be single-core, PVC insulated, copper cables with cross-sectional areas as given in table 9, or the equivalent copper bars given in table 9 as specified by the manufacturer.
- Cables or copper bars shall be spaced at approximately the distance between terminals. Copper bars shall be finished matt black. 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 approximately the same cross-sections and approximately the same or smaller cooling surfaces. Cables or copper bars shall not be interleaved.
- 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.

8.2.1.3.3 For values of rated current higher than 800 A but not exceeding 3 150 A:

- a) The conductors shall be copper bars of the sizes stated in table 9 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 manufacturer.
- b) Copper bars shall be spaced at approximately the distance between terminals. Copper bars shall be finished matt black. 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 approximately the same cross-sections and approximately 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.

Table 9 – Standard cross-sections of copper conductors corresponding to the rated current

Values of the rated current A	Range of rated current ¹⁾ A	Test conductors			
		Cables		Copper bars ²⁾	
		Quantity	Gross sectional area ³⁾ mm ²	Quantity	Dimensions ³⁾ mm
500	400 to 500	2	150(16)	2	30 × 5(15)
630	500 to 630	2	185(18)	2	40 × 5(15)
800	630 to 800	2	240(21)	2	50 × 5(17)
1 000	800 to 1 000			2	60 × 5(19)
1 250	1 000 to 1 250			2	80 × 5(20)
1 600	1 250 to 1 600			2	100 × 5(23)
2 000	1 600 to 2 000			3	100 × 5(20)
2 500	2 000 to 2 500			4	100 × 5(21)
3 150	2 500 to 3 150			3	100 × 10(23)

1) The value of the current shall be greater than the first value and less than or equal to the second value.

2) Bars are assumed to be arranged with their long faces vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

3) Values in brackets are estimated temperature rises (in kelvins) of the test conductors given for reference.

8.2.1.3.4 For values of rated current higher than 3 150 A:

An agreement shall be reached between manufacturer and user on 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.

8.2.1.4 Temperature-rise test using heating resistors with an equivalent power loss

For certain types of enclosed ASSEMBLIES with main and auxiliary circuits having comparatively low-rated currents, the power loss may be simulated by means of heating resistors which produce the same amount of heat and are 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.

This test with heating resistors is considered to be reasonably representative of all ASSEMBLIES using the same enclosure, even if they are equipped with different apparatus, provided that the sum of the power losses of the built-in apparatus, taking into account the diversity factor, does not exceed the value applied in the test.

The temperature rise of the built-in apparatus shall not exceed the values given in table 2 (see 7.3). This temperature rise can be approximately calculated by taking the temperature rise of this apparatus, measured in the open air, increased by the difference between the temperature inside the enclosure and the temperature of the air surrounding the enclosure.

8.2.1.5 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. For measuring the temperature of the air inside an ASSEMBLY, several measuring devices shall be arranged in convenient places.

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

8.2.1.6 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples equally distributed around the ASSEMBLY at about half its height and at a distance of about 1 m from the ASSEMBLY. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and heat radiations.

If the ambient temperature during the test is between +10 °C and +40 °C, the values of table 2 are the limiting values of the temperature rise.

If the ambient air temperature during the test exceeds +40 °C or is lower than +10 °C, this standard does not apply, and the manufacturer and the user shall make a special agreement.

8.2.1.7 Results to be obtained

At the end of the test, the temperature rise shall not exceed the values specified in table 2. The apparatus shall operate satisfactorily within the voltage limits specified for them at the temperature inside the ASSEMBLY.

8.2.2 Verification of dielectric properties

8.2.2.1 General

This type test need not be made on such parts of the ASSEMBLY which have already been type-tested according to their relevant specifications provided their dielectric strength is not impaired by their mounting.

Furthermore, this test need not be made on PTTA (see table 7).

When the ASSEMBLY includes a protective conductor insulated from the exposed conductive parts according to item d) of 7.4.3.2.2, this conductor shall be regarded as a separate circuit, i.e. it shall be tested with the same voltage as the main circuit to which it belongs.

Tests shall be made:

- in accordance with 8.2.2.6.1 to 8.2.2.6.4 if the manufacturer has declared a value of the rated impulse withstand voltage U_{imp} (see 4.1.3);
- in accordance with 8.2.2.2 to 8.2.2.5, in the other cases.

8.2.2.2 Testing of enclosures made of insulating material

For enclosures made of insulating material, an additional dielectric test shall be carried out by applying a 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 enclosure 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 10.

NOTE Test voltages for enclosures for ASSEMBLIES protected by total insulation are under consideration.

8.2.2.3 External operating handles of insulating material

In the case of handles made of or covered by insulating material for the purpose of complying with 7.4.3.1.3, a dielectric test shall be carried out by applying a test voltage equal to 1,5 times the test voltage indicated in table 10 between the live parts and a metal foil wrapped round the whole surface of the handle. During this test, the frame must not be earthed or connected to any other circuit.

8.2.2.4 Application and value of the test voltage

The test voltage shall be applied

- 1) between all live parts and the interconnected exposed conductive parts of the ASSEMBLY;
- 2) between each pole and all the other poles connected for this test to the interconnected exposed conductive parts of the ASSEMBLY.

The test voltage at the moment of application shall not exceed 50 % of the values given in this subclause. It shall then be increased steadily within a few seconds to its full value specified in this subclause and maintained for 5 s. The a.c. power sources shall have sufficient power to maintain the test voltage irrespective of any leakage currents. The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform and a frequency between 45 Hz and 62 Hz.

The value of the test voltage shall be as follows.

8.2.2.4.1 For the main circuit and for the auxiliary circuits which are not covered by 8.2.2.4.2 below, the value shall be in accordance with table 10.

Table 10

Rated insulation voltage U_i (line to line) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 690$	2 500
$690 < U_i \leq 800$	3 000
$800 < U_i \leq 1\,000$	3 500
$1\,000 < U_i \leq 1\,500$ *	3 500
* For d.c. only.	

8.2.2.4.2 For auxiliary circuits which are indicated by the manufacturer as unsuitable for being directly supplied from the main circuit, the value shall be in accordance with table 11.

Table 11

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

8.2.2.5 Results to be obtained

The test is considered to have been passed if there is no puncture or flash-over.

8.2.2.6 Impulse voltage withstand test

8.2.2.6.1 General conditions

The ASSEMBLY to be tested shall be mounted complete on its own support or an equivalent support as in normal service in accordance with the manufacturer's instructions and the ambient conditions stated in 6.1.

Any actuator of insulating material and any integral non-metallic enclosure of equipment intended to be used without additional enclosure shall be covered by a metal foil connected to the frame or the mounting plate. The foil shall be applied to all surfaces where they can be touched with the standard test finger (test probe B of IEC 60529).

8.2.2.6.2 Test voltages

The test voltage shall be that specified in 7.1.2.3.2 and 7.1.2.3.3.

With the manufacturer's agreement, the test may be done using power frequency or d.c. voltage as given in table 13. Disconnection of surge arresters during this test is permitted, provided that the characteristics of the surge arresters are known. However, equipment incorporating overvoltage suppressing means shall preferably be tested with impulse voltage. The energy contents of the test current shall not exceed the energy rating of the overvoltage suppressing means.

NOTE The ratings of the suppressing means should be suitable for the application. Such ratings are under consideration.

- a) The 1,2/50 μ s impulse voltage shall be applied three times for each polarity at intervals of 1 s minimum.
- b) Power frequency and d.c. voltage shall be applied during three cycles in the case of a.c. or 10 ms for each polarity, in the case of d.c.

Clearances equal to or larger than the values of case A of table 14 may be verified by measurement, according to the method described in annex F.

8.2.2.6.3 Application of test voltages

The test voltage is applied as follows:

- a) between each live part (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and the interconnected exposed conductive parts of the ASSEMBLY;
- b) between each pole of the main circuit and the other poles;
- c) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit(s) and
 - the main circuit,
 - the other circuits,
 - the exposed conductive parts,
 - the enclosure or mounting plate;
- d) for withdrawable parts in the isolated position: across the isolating gaps, between the supply side and the withdrawable part, and between the supply terminal and load terminal, as relevant.

8.2.2.6.4 Results to be obtained

There shall be no unintentional disruptive discharge during the tests.

NOTE 1 An exception is an intentional disruptive discharge designed for the purpose, for example transient overvoltage suppressing means.

NOTE 2 The term "disruptive discharge" relates to 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 3 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

NOTE 4 The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a dielectric in a gaseous or liquid medium.

NOTE 5 The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

NOTE 6 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.

8.2.2.7 Verification of creepage distances

The shortest creepage distances between phases, between circuit conductors at different voltages, and between live and exposed conductive parts shall be measured. The measured creepage distance with respect to material group and pollution degree shall comply with the requirements of 7.1.2.3.5.

8.2.3 Verification of short-circuit withstand strength

8.2.3.1 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 in the following cases.

8.2.3.1.1 For ASSEMBLIES having a rated short-time current or rated conditional short-circuit current not exceeding 10 kA.

8.2.3.1.2 For 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.

8.2.3.1.3 For 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 %.

8.2.3.1.4 For all parts of ASSEMBLIES (busbars, busbar supports, connections to busbars, incoming and outgoing units, switching devices, etc.) which have already been subjected to type tests valid for conditions in the ASSEMBLY.

NOTE Examples of switching devices are devices with a rated conditional short-circuit current according to IEC 60947-3 or motor-starters co-ordinated with short-circuit protective devices according to IEC 60947-4-1.

8.2.3.2 Circuits of ASSEMBLIES the short-circuit withstand strength of which shall be verified

This subclause applies to all circuits not mentioned in 8.2.3.1.

8.2.3.2.1 Test arrangements

The ASSEMBLY or its parts shall be set up as in normal use. Except for tests on the busbars and depending on the type of construction of the ASSEMBLY, it will be sufficient to test a single functional unit if the remaining functional units are constructed in the same way and cannot affect the test result.

8.2.3.2.2 Performance of the test – General

If the test circuit incorporates fuses, fuse-links of the maximum current rating (corresponding to the rated current) and, if required, of the type indicated by the 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.

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.

For the verification of all the short-circuit withstand ratings (see 4.3, 4.4, 4.5 and 4.6), the value of the prospective short-circuit current at a supply 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 a specified period of time, this current approximating the value specified in 8.2.3.2.4.

For a.c. tests, the frequency of the test circuit during the short-circuit tests shall be that of the rated frequency subject to a tolerance of 25 %.

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 1 500 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.

NOTE Marking and designation methods are under consideration.

Except for ASSEMBLIES according to 7.4.3.2.2, the test circuit shall include a reliable device (e.g. a fuse of copper wire of 0,8 mm diameter and not less than 50 mm in length) for the detection of the 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 1 500 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 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 12.

Table 12 – 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

8.2.3.2.3 Testing of the main circuits

For ASSEMBLIES with busbars, the tests according to items a), b) and d) below apply.

For ASSEMBLIES without busbars, the test according to item a) applies.

For ASSEMBLIES where the requirements of 7.5.5.1.2 are not fulfilled, the test according to item c) applies in addition.

- a) Where an outgoing circuit includes a component which has not previously been subjected to the appropriate test, the following test shall apply.

For testing an outgoing circuit, the associated outgoing terminals 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 cable 0,75 m in length having a cross-sectional area corresponding to the conventional thermal current (see IEC 60947-1, tables 9 and 10) shall be included in the test circuit. 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 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).

- b) ASSEMBLIES containing main busbars shall be subjected to one additional test to prove the short-circuit withstand strength of the main busbars and the incoming circuit including any joints. The point where the short-circuit is produced shall be $2\text{ m} \pm 0,40\text{ m}$ distant from the nearest point of supply. For the verification of rated short time current (see 4.3) and rated peak withstand current (see 4.4), this distance may be increased if the tests are conducted at lower voltage providing the test current is the rated value (see item b) of 8.2.3.2.4). 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 meter), each section shall be tested separately. The test may be conducted concurrently, provided that the above conditions are met.
- c) 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 bars.
- d) If a neutral bar exists, it shall be subjected to one test to prove its short-circuit withstand strength in relation to the nearest phase busbar including any joints. For the connection of the neutral bar to this phase busbar, the requirements of item b) of 8.2.3.2.3 apply. Unless otherwise agreed between manufacturer and user, the value of the test current in the neutral bar shall be 60 % of the phase current during the three-phase test.

8.2.3.2.4 Value and duration of the short-circuit current

- a) For ASSEMBLIES protected by short-circuit protective devices, whether these devices are in the incoming circuit 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.

- b) ASSEMBLIES which do not incorporate a short-circuit protective device in the incoming unit (see 7.5.2.1.2).

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 current, rated peak withstand current, rated conditional short-circuit current or rated fused short-circuit current assigned by the manufacturer.

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 items b), c) and d) of 8.2.3.2.3 may be made at any convenient lower voltage, 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.

For the short-time and peak current withstand tests, any overcurrent release, if any, likely to operate during the test shall be rendered inoperative.

All tests shall be made at the rated frequency of the equipment with a tolerance of $\pm 25\%$, and at the power factor appropriate to the short-circuit current in accordance with table 4.

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 is the actual test current. In each phase, the current shall be within the tolerance $+5\%$ and 0% , and the power factor within the tolerance between $+0,0$ and $-0,05$. The current shall be applied for the specified time during which the r.m.s. value of its a.c. component shall remain constant.

NOTE 1 However, 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 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.

NOTE 2 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 should be such that the value I^2t is not larger than the equivalent value for the short-time current test, but it should be not less than three cycles.

NOTE 3 Where the required test current in each phase cannot be achieved, the positive test tolerance may be exceeded with the agreement of the manufacturer.

For the conditional and fused short-circuit current test, the test shall be conducted at 1,05 times the rated operational voltage (see 8.2.3.2.2) with prospective currents, at the supply side of the specified protective device, equal to the value of the rated conditional or fused short-circuit current. Tests at lower voltages are not permitted.

8.2.3.2.5 Results to be obtained

After the test, the conductors shall not show any undue deformation. A slight deformation of busbars is acceptable provided that the clearances and creepage distances specified in 7.1.2 are still complied with. Also, the insulation of the conductors and the supporting insulating parts shall not show any significant signs of deterioration, that is, the essential characteristics of the insulation shall remain such that the mechanical and dielectric properties of the equipment satisfy the requirements of this standard.

The detection device, if any, shall not indicate a fault current.

There shall be no loosening of parts used for the connection of conductors and the conductors shall not separate from the outgoing terminals.

Deformation of the enclosure is permissible to the extent that the degree of protection is not impaired and the clearances are not reduced to values which are less than those specified.

Any distortion of the busbar circuit or the frame of the ASSEMBLY which impairs normal insertion of withdrawable or removable units shall be deemed a failure.

In case of doubt, it shall be checked that the apparatus incorporated in the ASSEMBLY are in a condition as prescribed in the relevant specifications.

Additionally after the test of 8.2.3.2.3 a) and tests incorporating short-circuit protective devices, the tested equipment shall be capable of withstanding the dielectric test of 8.2.2, at a value of voltage for the after test condition prescribed in the relevant standard for the appropriate short-circuit test, as follows:

- a) between all live parts and the frame of the ASSEMBLY, and
- b) between each pole and all other poles connected to the frame 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.

8.2.3.2.6 For PTTA, the verification of short-circuit withstand strength shall be made:

- either by test in accordance with 8.2.3.2.1 to 8.2.3.2.5;
- or by extrapolation from similar type-tested arrangements.

NOTE 1 An example of a method of extrapolation from type-tested arrangements is given in IEC 61117.

NOTE 2 Care should be taken to compare the conductor strength, distance between live parts and exposed conductive parts, distance between supports, height and strength of supports, and strength and type of support locating structure.

8.2.4 Verification of the effectiveness of the protective circuit

8.2.4.1 Verification of the effective connection 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 protective circuit and their resistance between the incoming protective conductor and the relevant exposed conductive part does not exceed 0,1 Ω .

Verification shall be made employing a resistance measuring instrument or arrangement which is capable of driving a current of at least 10 A a.c. or d.c. into an impedance of 0,1 Ω between the points of the resistance measurement.

NOTE It may be necessary to limit the duration of the test to 5 s where low-current equipment otherwise may be adversely affected by the test.

8.2.4.2 Verification of the short-circuit strength of the protective circuit by test (does not apply for circuits according to 8.2.3.1)

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 provided with that protective device among those intended for the unit which lets through the maximum values of peak current and I^2t . The test may be made with the protective device located outside the ASSEMBLY.

For this test, the frame of the ASSEMBLY shall be insulated from earth. The test voltage shall be equal to the single-phase value of the rated operational voltage. The value of the prospective short-circuit current used shall be 60 % of the value of the prospective short-circuit current of the three-phase short-circuit withstand test of the ASSEMBLY.

All other conditions of this test shall be analogous to 8.2.3.2.

8.2.4.3 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.

8.2.5 Verification of clearances and creepage distances

It shall be verified that the clearances and creepage distances comply with the values specified in 7.1.2.

If the ASSEMBLY contains withdrawable parts, it is necessary to verify that both in the test position (see 2.2.9), if any, and in the isolated position (see 2.2.10), the clearances and creepage distances are complied with.

8.2.6 Verification of mechanical operation

This type test shall not be made on such devices of the ASSEMBLY which have already been type tested according to their relevant specifications provided their mechanical operation is not impaired by their mounting.

For those parts which need a type test, satisfactory mechanical operation shall be verified after installation in the ASSEMBLY. The number of operating cycles shall be 50.

NOTE In the case of withdrawable functional units, the cycle covers any physical movements from the connected to the isolated position and back to the connected position.

At the same time, the operation of the mechanical interlocks associated with these movements shall be checked. The test is considered to have been passed if the operating conditions of the apparatus, interlocks, etc., have not been impaired and if the effort required for operation is practically the same as before the test.

8.2.7 Verification of degree of protection

The degree of protection provided in accordance with 7.2.1 and 7.7 shall be verified in accordance with IEC 60529, making, where necessary, adaptations to suit the particular type of the ASSEMBLY. If traces of water are readily observable within the enclosure immediately after the test for water ingress, then the dielectric properties shall be verified by test in accordance with 8.2.2. The test device for IP3X and IP4X as well as the type of support for the enclosure during the IP4X test shall be stated in the test report.

ASSEMBLIES having a degree of protection of IP5X shall be tested according to category 2 in 13.4 of IEC 60529.

ASSEMBLIES having a degree of protection of IP6X shall be tested according to category 1 in 13.4 of IEC 60529.

8.2.8 EMC tests

For EMC tests see H.8.2.8.

8.2.9 Verification of the resistance of insulating materials to abnormal heat and fire (glow-wire test)

The glow-wire test shall be carried out according to IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11, under the conditions specified in 7.1.4:

- a) on complete parts of the ASSEMBLY or,
- b) on parts taken from these parts, or
- c) on samples made of identical material and having a representative thickness.

8.3 Routine tests

8.3.1 Inspection of the ASSEMBLY including inspection of wiring and, if necessary, electrical operation test

The effectiveness of mechanical actuating elements, interlocks, locks, etc., shall be checked. The conductors and cables shall be checked for proper laying and the devices for proper mounting. A visual inspection is also necessary to ensure that the prescribed degree of protection, creepage distances and clearances are maintained.

The connections, especially screwed and bolted connections, shall be checked for adequate contact, possibly by random tests.

Furthermore, it shall be verified that the information and markings specified in 5.1 and 5.2 are complete, and that the ASSEMBLY corresponds to these. In addition, the conformity of the ASSEMBLY to the circuit and wiring diagrams, technical data, etc., provided by the manufacturer shall be checked.

Depending on the complexity of the ASSEMBLY, it may be necessary to inspect the wiring and to carry out an electrical functioning test. The test procedure and the number of tests depend on whether or not the ASSEMBLY includes complicated interlocks, sequence control facilities, etc.

In some cases, it may be necessary to make or repeat this test on site when putting the installation for which the ASSEMBLY is intended into operation. In this case, a special agreement shall be made between manufacturer and user.

8.3.2 Dielectric test

Tests shall be made

- in accordance with 8.3.2.1 and item b) of 8.3.2.2, if the manufacturer has declared a value of the rated impulse withstand voltage U_{imp} (see 4.1.3);
- in accordance with 8.3.2.1 and item a) of 8.3.2.2, in the other cases.

These tests need not be made on PTTA whose insulation resistance has been verified in accordance with 8.2.2.1 or 8.3.4.

This test need not be made either on auxiliary circuits of TTA and PTTA which are protected by a short-circuit protective device with a rating not exceeding 16 A and if, previously, an electrical function test (see 8.3.1) has been made at the rated voltage for which the auxiliary circuits are designed.

8.3.2.1 General

All electrical equipment of the ASSEMBLY shall be connected for the test, except those apparatus which, according to the relevant specifications, are designed for a lower test voltage; current-consuming apparatus (e.g. windings, measuring instruments) in which the application of the test voltage would cause the flow of a current, shall be disconnected. These 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.

Anti-interference capacitors installed between live and exposed conductive parts shall not be disconnected and shall be capable of withstanding the test voltage.

8.3.2.2 Application, duration and value of test voltage

- a) The test voltage according to 8.2.2.4 shall be applied for 1 s. The a.c. source shall have sufficient power to maintain the test voltage irrespective of all leakage currents. The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform and a frequency between 45 Hz and 62 Hz.

If the equipment included in the main or auxiliary circuits to be tested has previously been subjected to a dielectric test, the test voltage shall be reduced to 85 % of the value indicated in 8.2.2.4.

For the test:

- either all switching devices shall be closed, or
- the test voltage shall be supplied successively to all parts of the circuit.

The test voltage shall be applied between the live parts and the conductive structural parts of the ASSEMBLY.

- b) The tests shall be made in accordance with 8.2.2.6.2 and 8.2.2.6.3. If, in a circuit, components are incorporated which, in accordance with their IEC standards are routine tested with lower test voltages, these lower voltages shall be used for the test. However, the test voltage shall be not less than 30 % of the rated impulse withstand voltage (without altitude correction factor) or twice the rated insulation voltage, whichever is the higher.

8.3.2.3 Results to be obtained

The test is considered to have been passed if there is no puncture or flashover.

8.3.3 Checking of protective measures and of the electrical continuity of the protective circuits

The protective measures with regard to protection against direct and indirect contact (see 7.4.2 and 7.4.3) shall be checked.

The protective circuits shall be checked by inspection to ascertain that the measures prescribed in 7.4.3.1.5 are complied with. In particular, screwed and bolted connections shall be checked for adequate contact, possibly by random tests.

8.3.4 Verification of insulation resistance

For PTTA which have not been subjected to a dielectric test according to 8.2.2 or 8.3.2, an insulation measurement using an insulation measuring device at a voltage of at least 500 V shall be carried out.

In this case, the test is deemed satisfactory if the insulation resistance between circuits and exposed conductive parts is at least 1 000 Ω/V per circuit referred to the nominal voltage to earth of these circuits.

By exception, items which, according to their specific requirements, are current-consuming apparatus (e.g. windings, measuring instruments) at the application of the test voltage or are not designed for the full test voltage shall be disconnected as appropriate.

Table 13 – Dielectric withstand voltages for impulse, power frequency and d.c. tests

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages and corresponding altitudes									
	$U_{1,2/50}$, a.c. peak and d.c.					AC r.m.s.				
	kV					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
0,33	0,36	0,36	0,35	0,34	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23
0,5	0,54	0,54	0,53	0,52	0,5	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36
0,8	0,95	0,9	0,9	0,85	0,8	0,67	0,64	0,64	0,60	0,57
1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,77
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4	3,5	3,4	3,3	3,1	2,83
6	7,4	7,2	7	6,7	6	5,3	5,1	5,0	4,75	4,24
8	9,8	9,6	9,3	9	8	7,0	6,8	6,6	6,4	5,66
12	14,8	14,5	14	13,3	12	10,5	10,3	10,0	9,5	8,48

NOTE 1 This table uses the characteristics of a homogeneous field, case B (see 2.9.15), for which the impulse, d.c. and peak a.c. withstand voltage values are the same. The r.m.s. value is derived from the a.c. peak value.

NOTE 2 Where clearances are between case A and case B conditions, the a.c. and d.c. values of this table are more severe than the impulse voltage.

NOTE 3 Power frequency voltage testing is subject to the manufacturer's agreement (see 8.2.2.6.2).

Table 14 – Minimum clearances in air

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Minimum clearances mm							
	Case A Inhomogeneous field (see 2.9.16)				Case B Homogeneous field, ideal conditions (see 2.9.15)			
	Pollution degree				Pollution degree			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0,33	0,01				0,01			
0,5	0,04	0,2			0,04	0,2		
0,8	0,1		0,8		0,1		0,8	1,6
1,5	0,5	0,5		1,6	0,3	0,3		
2,5	1,5	1,5	1,5		0,6	0,6		
4	3	3	3	3	1,2	1,2	1,2	
6	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2	2
8	8	8	8	8	3	3	3	3
12	14	14	14	14	4,5	4,5	4,5	4,5

NOTE The values of minimum clearances in air are based on 1,2/50 μ s impulse voltages, for barometric pressure of 80 kPa equivalent to normal atmospheric pressure at 2 000 m above sea level.

Table 15 – Test voltages across the open contacts of equipment suitable for isolation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages and corresponding altitudes									
	$U_{1,2/50}$, a.c. peak and d.c. kV					AC 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
0,33	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
0,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,06
1,5	2,3	2,3	2,2	2,2	2	1,6	1,6	1,55	1,55	1,42
2,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3	2,47	2,47	2,4	2,26	2,12
4	6,2	6	5,8	5,6	5	4,38	4,24	4,10	3,96	3,54
6	9,8	9,6	9,3	9	8	7,0	6,8	6,60	6,40	5,66
8	12,3	12,1	11,7	11,1	10	8,7	8,55	8,27	7,85	7,07
12	18,5	18,1	17,5	16,7	15	13,1	12,80	12,37	11,80	10,6

NOTE 1 Where clearances are between case A and case B conditions (see table 14), the a.c. and d.c. values in this table are more severe than the impulse voltage.

NOTE 2 Power frequency voltage testing is subject to the manufacturer's agreement (see 8.2.2.6.2).

Table 16 – Minimum creepage distances

Rated insulation voltage of equipment or working voltage a.c. r.m.s. or d.c. V ⁵⁾	Creepage distances for equipment subject to long-term stress mm														
	Pollution degree			Pollution degree				Pollution degree				Pollution degree			
	1 ⁶⁾	2 ⁶⁾	1	2				3				4			
	Material group			Material group				Material group				Material group			
	2)	3)	2)	I ¹⁾	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
10	0,025	0,04	0,08	0,4	0,4	0,4		1	1	1		1,6	1,6	1,6	
12,5	0,025	0,04	0,09	0,42	0,42	0,42		1,05	1,05	1,05		1,6	1,6	1,6	
16	0,025	0,04	0,1	0,45	0,45	0,45		1,1	1,1	1,1		1,6	1,6	1,6	
20	0,025	0,04	0,11	0,48	0,48	0,48		1,2	1,2	1,2		1,6	1,6	1,6	
25	0,025	0,04	0,125	0,5	0,5	0,5		1,25	1,25	1,25		1,7	1,7	1,7	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53		1,3	1,3	1,3		1,8	1,8	1,8	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,8	1,1		1,4	1,6	1,8		1,9	2,4	3	
50	0,025	0,04	0,18	0,6	0,85	1,2		1,5	1,7	1,9		2	2,5	3,2	
63	0,04	0,063	0,2	0,63	0,9	1,25		1,6	1,8	2		2,1	2,6	3,4	
80	0,063	0,1	0,22	0,67	0,95	1,3		1,7	1,9	2,1		2,2	2,8	3,6	
100	0,1	0,16	0,25	0,71	1	1,4		1,8	2	2,2		2,4	3,0	3,8	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5		1,9	2,1	2,4		2,5	3,2	4	
160	0,25	0,4	0,32	0,8	1,1	1,6		2	2,2	2,5		3,2	4	5	
200	0,4	0,63	0,42	1	1,4	2		2,5	2,8	3,2		4	5	6,3	
250	0,56	1	0,56	1,25	1,8	2,5		3,2	3,6	4		5	6,3	8	
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2		4	4,5	5		6,3	8	10	
400	1	2	1	2	2,8	4		5	5,6	6,3		8	10	12,5	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5		6,3	7,1	8,0		10	12,5	16	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3		8	9	10		12,5	16	20	
800	2,4	4	2,4	4	5,6	8		10	11	12,5		16	20	25	
1 000	3,2	5	3,2	5	7,1	10		12,5	14	16		20	25	32	
1 250			4,2	6,3	9	12,5		16	18	20		25	32	40	
1 600			5,6	8	11	16		20	22	25		32	40	50	
2 000			7,5	10	14	20		25	28	32		40	50	63	
2 500			10	12,5	18	25		32	36	40		50	63	80	
3 200			12,5	16	22	32		40	45	50	4)	63	80	100	
4 000			16	20	28	40		50	56	63		80	100	125	
5 000			20	25	36	50		63	71	80		100	125	160	
6 300			25	32	45	63		80	90	100		125	160	200	
8 000			32	40	56	80		100	110	125		160	200	250	
10 000			40	50	71	100		125	140	160	200	250	320		

1) Material group I or material groups II, IIIa, IIIb where likelihood of track is reduced due to the conditions of 2.4 of IEC 60664-1.

2) Material groups I, II, IIIa and IIIb.

3) Material groups I, II, IIIa.

4) Values of creepage distances in this area have not been established. Material group IIIb is in general not recommended for application in pollution degree 3 above 630 V and in pollution degree 4.

5) 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.

6) The values given in these two columns apply to creepage distances of printed wiring materials.

NOTE 1 It is appreciated that tracking or erosion will not occur on insulation subjected to working voltages of 32 V and below. However, the possibility of electrolytic corrosion has to be considered and, for this reason, minimum creepage distances have been specified.

NOTE 2 Voltage values are selected in accordance with the R10 series.

Annex A (normative)

Minimum and maximum cross-sections of copper conductors suitable for connection (see 7.1.3.2)

The following table applies for the connection of one copper cable per terminal.

Table A.1

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
12	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	8	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

NOTE 1 If the external conductors are connected directly to built-in apparatus, the cross-sections indicated in the relevant specifications are valid.

NOTE 2 In cases where it is necessary to provide for conductors other than those specified in the table, special agreement shall be reached between manufacturer and 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 (more detailed information is to be found in IEC 60364-5-54)

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.

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		
	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
NOTE The initial temperature of the conductor is assumed to be 30 °C.			

Annex C

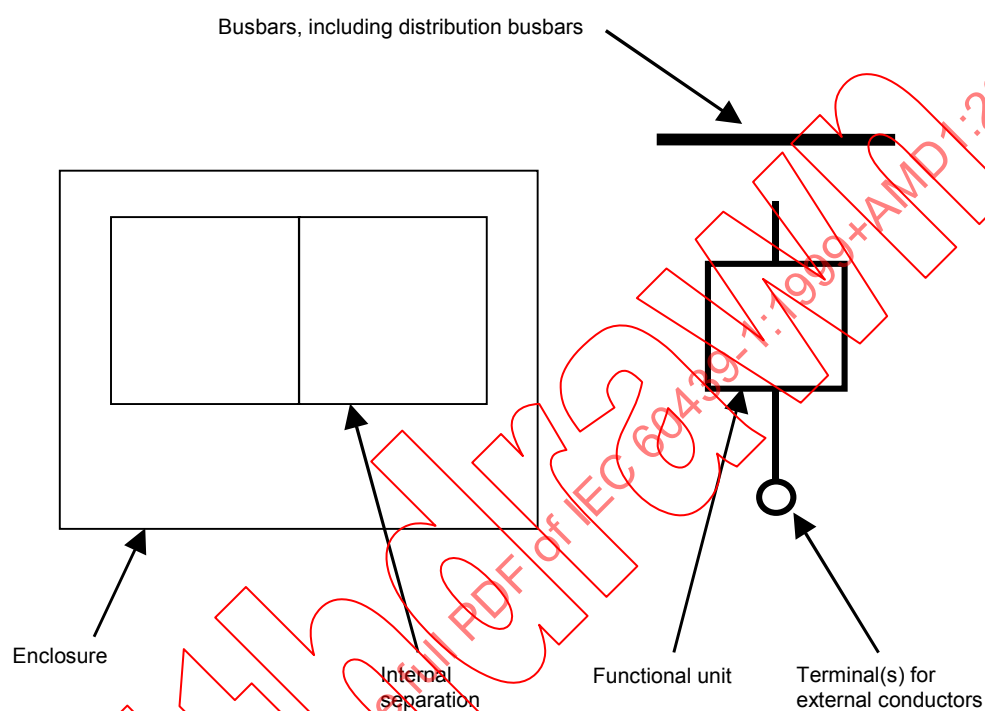
(deleted)

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60439-1:1999+AMD1:2004 CSV

Withdrawn

Annex D (informative)

Forms of internal separations (see 7.7)

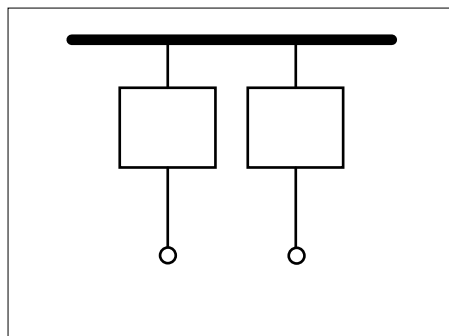


IEC 057/04

Figure D.1 – Symbols used in figures D.2

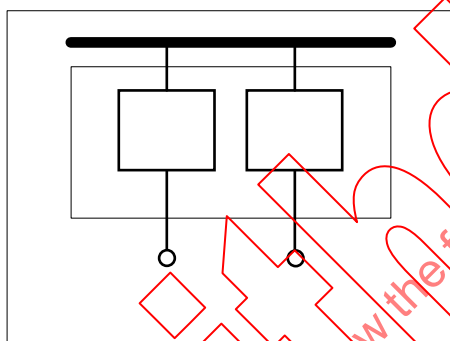
Form 1

No internal separation

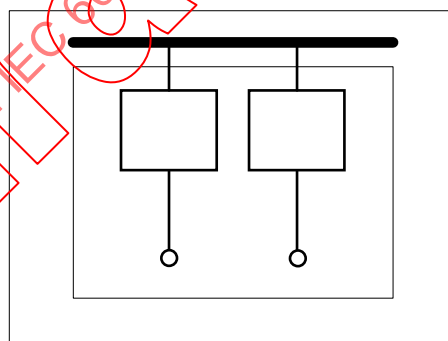


Form 2

Separation of busbars from the functional units



Form 2a:
Terminals not separated from busbars



Form 2b:
Terminals separated from busbars

Figure D.2 – Forms 1 and 2

Form 3

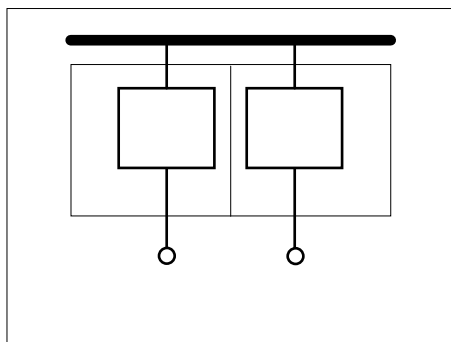
Separation of busbars from all functional units

+

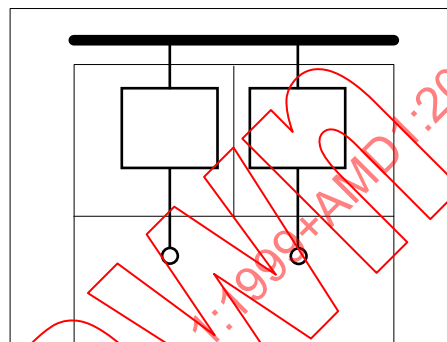
Separation of all functional units from one another

+

Separation of terminals for external conductors from the functional units, but not from those of other functional units



Form 3a:
Terminals not separated from busbars



Form 3b:
Terminals separated from busbars

Form 4

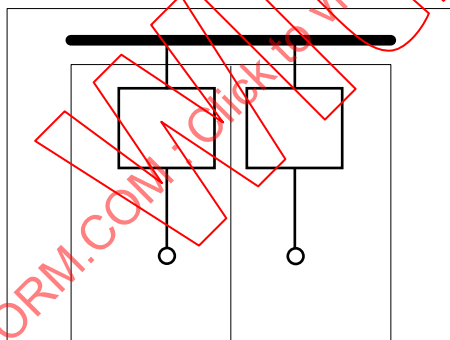
Separation of busbars from all functional units

+

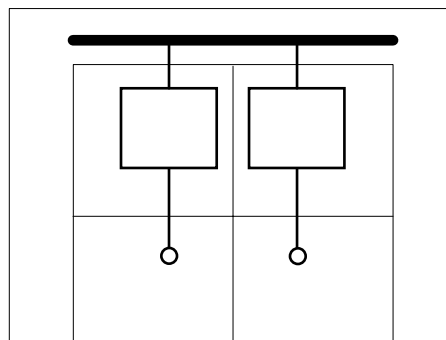
Separation of all functional units from one another

+

Separation of terminals for external conductors associated with a functional unit from those of any other functional unit and the busbars



Form 4a:
Terminals in same compartment
as associated functional unit



Form 4b:
Terminals not in same compartment
as associated functional unit

Figure D.2 – Forms 3 and 4

Annex E (informative)

Items subject to agreement between manufacturer and user

Subclause of
this standard

4.7	Rated diversity factor
6.1.1.2	(Note) Use of ASSEMBLIES in an arctic climate
6.1.3	(Note) Use of electronic equipment at altitudes above 1 000 m
6.2	Special service conditions
6.2.10	Electrical and radiated interferences
6.3.1	Conditions during transport, storage and erection
7.1.3	Terminals for external conductors
7.2.1.1	Degree of protection required for the intended installation. For floor-mounted ASSEMBLIES, degree of protection of the bottom to be indicated also
7.4.2	Choice of protective measure against direct contact
7.4.3	Choice of protective measure against indirect contact
7.4.6	Accessibility in service by authorized personnel
7.4.6.1	Accessibility for inspection and similar operations
7.4.6.2	Accessibility for maintenance
7.4.6.3	Accessibility for extension under voltage
7.5.2.3	Values of prospective short-circuit current in case of several incoming units or outgoing units for high-power rotating machines
7.5.4	Co-ordination of short-circuit protective devices
7.6.4.1	Insertion interlock
7.6.4.3	Degree of protection after removal of a removable or withdrawable part
7.7	Form of separation
7.9.1	Input voltage variations for electronic equipment supply
7.9.4, item b)	Supply frequency deviation
8.2.1.3.4	Temperature-rise test for values of test current higher than 3 150 A
8.2.1.6	Ambient air temperature for temperature-rise test
8.2.3.2.3, item d)	Value of neutral bar current for short-circuit test
8.3.1	Repetition of electrical operation test on site

Annex F (normative)

Measurement of creepage distances and clearances *

F.1 Basic principles

The widths X of the grooves specified in the following examples 1 to 11 basically apply to all examples as a function of pollution as follows:

Pollution degree	Minimum values of widths 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 creepage distances and clearances 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);
- creepage distances and clearances 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.

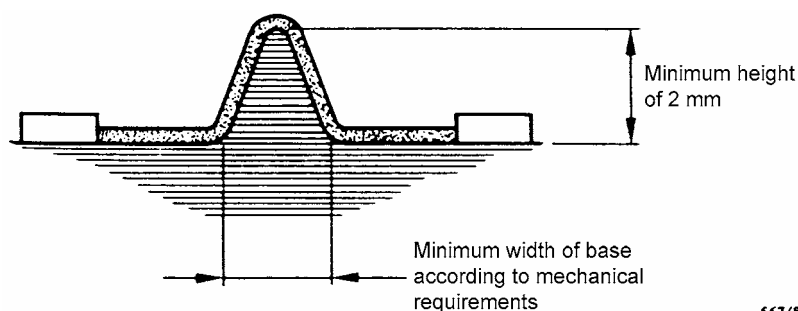
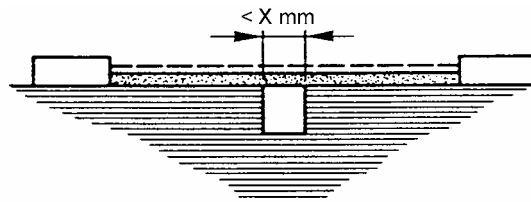


Figure F.1 – Measurement of ribs

* This annex F is identical with appendix G of IEC 60947-1.

Example 1

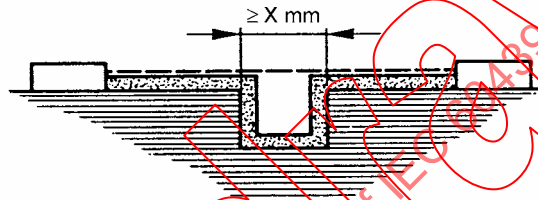


127/81

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 clearance are measured directly across the groove as shown.

Example 2

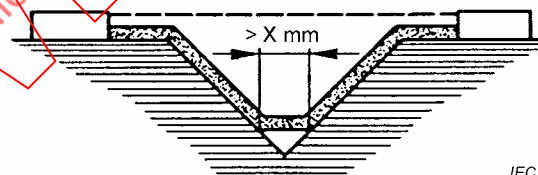


128/81

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



IEC 1124/99

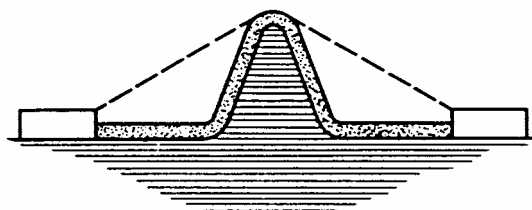
Condition: This creepage distance path includes a V-shaped groove with a width greater than X mm

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

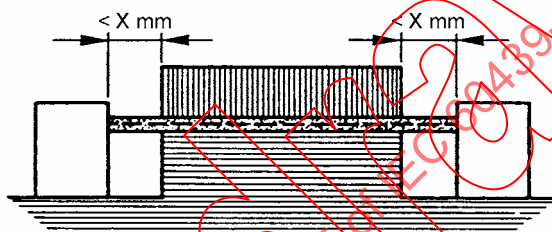
Example 4



131/81

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.

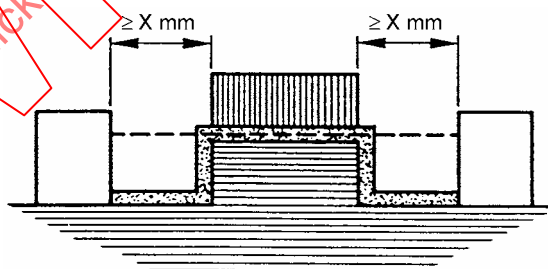
Example 5



132/81

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



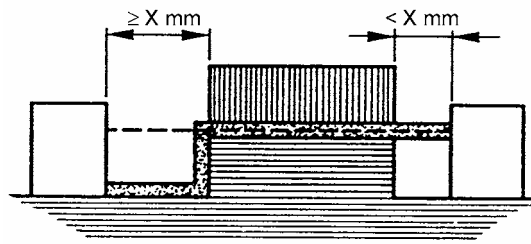
133/81

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

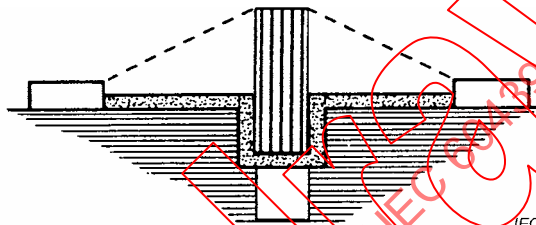


134/R1

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: Clearance and creepage distance paths are as shown.

Example 8

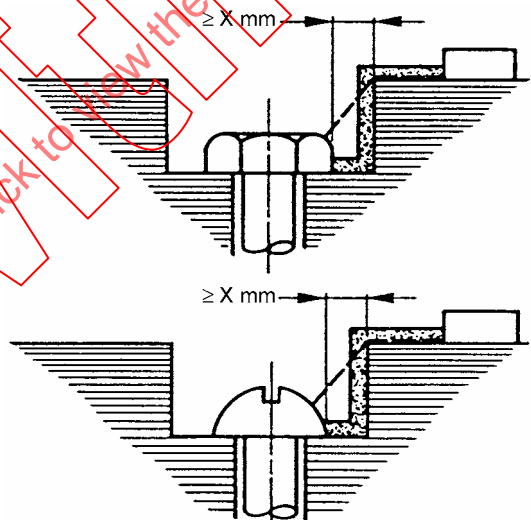


IEC 1125/99

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



136/R1

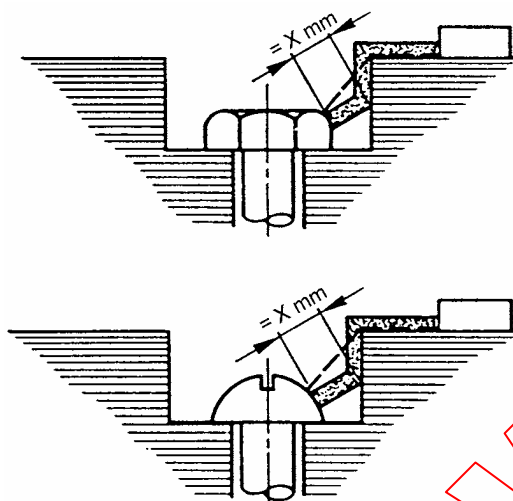
Condition: Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Rule: Clearance and creepage distance paths are as shown.

----- Clearance

Creepage distance

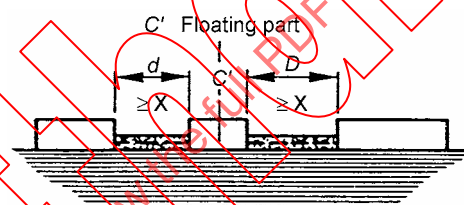
Example 10



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



IEC 1126/99

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 equipment*

INTRODUCTION

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.

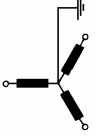
The values of rated impulse withstand voltage given in table G.1 are based on the performance characteristics of surge arresters. They are based on characteristics in accordance with IEC 60099-1.

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 60364-4-443.

* This annex is identical with appendix 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. or d.c.	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
50	—	 AC r.m.s.	 AC r.m.s. 12,5, 24, 25, 30, 42, 48	 AC r.m.s. or d.c.	—	—	—
100	66/115	66	60	—	—	—	—
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110, 240-120	—	—	—
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220	4	2,5	1,5
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
1 000	—	660 690, 720 830, 1 000	1 000	—	8	6	4

Annex H (normative)

Electromagnetic compatibility (EMC)

H.1 General

This annex applies to electromagnetic compatibility for ASSEMBLIES incorporating electronic circuits, which are not in compliance with 7.10.2.

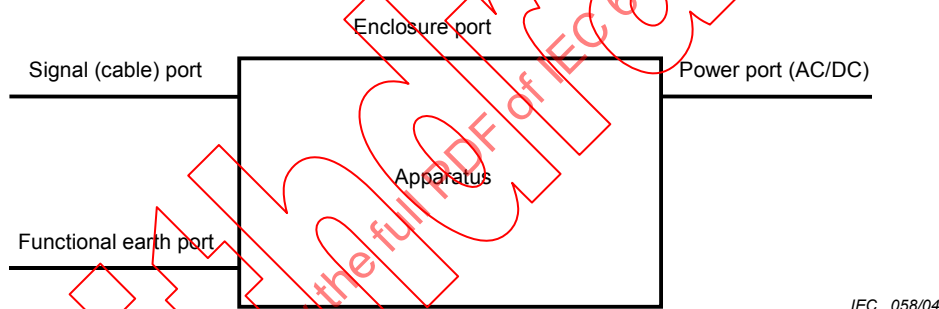
The subclause numbering within this annex aligns with that of the body of the standard.

H.2 Definitions

H.2.11.1

port

particular interface of the specified apparatus with external electromagnetic environment (see figure H.1)



IEC 058/04

Figure H.1 — Examples of ports

H.2.11.2

enclosure port

physical boundary of the apparatus through which electromagnetic fields may radiate or on which they may impinge

H.2.11.3

cable port

port at which a conductor or a cable is connected to the apparatus

NOTE Examples are signal ports used for the transfer of data.

H.2.11.4

functional earth port

port other than signal, control or power port, intended for connection to earth for purposes other than electrical safety

H.2.11.5 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.

H.2.11.6 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

H.8.2.8 Tests for EMC

Functional units within ASSEMBLIES which do not fulfil the requirements of 7.10.2 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 H.1, H.2, H.3 and H.4); however, the manufacturer shall specify any additional measures necessary to verify the criteria of performance for the ASSEMBLIES if necessary (e.g. application of dwell times).

H.8.2.8.1 Immunity tests

H.8.2.8.1.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

No tests are necessary; see 7.10.3.1.

H.8.2.8.1.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

Tests shall be made according to the relevant Environment A or B. The values are given in tables H.3 and/or H.4, except where a different test level is given and justified by the electronic components manufacturer.

Performance criteria shall be stated by the ASSEMBLIES manufacturer based on the acceptance criteria in table H.5.

H.8.2.8.2 Emission tests

H.8.2.8.2.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits

No tests are necessary; see 7.10.4.1.

H.8.2.8.2.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits

The ASSEMBLIES manufacturer shall specify the test methods used; see 7.10.4.2.

Table H.1 – Emission limits for Environment A

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 – 1 000	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	
NOTE The limits given in this table have been copied from CISPR 11 without alteration.			
^{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.			

Table H.2 – Emission limits for Environment B

Item	Frequency range MHz ^{a)}	Limits	Reference standard
Radiated emissions	30 – 230	30 dB (μV/m) quasi peak at 10 m ^{b)}	IEC 61000-6-3 or CISPR 11 Class B, Group 1
	230 – 1 000	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	
NOTE The limits given in this table have been copied from CISPR 11 without alteration.			
^{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.			

**Table H.3 – Tests for EMC immunity for Environment A
(see H.8.2.8.1)**

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	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 2 kV on supply ports ± 1 kV on signal ports including auxiliary circuits	B
1,2/50 µs and 8/20 µs surge immunity test IEC 61000-4-5 ^{a)}	± 2 kV (line to earth) ± 1 kV (line to line)	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	10 V	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	30 A/m ^{b)}	A
Immunity to voltage dips and interruptions IEC 61000-4-11	30 % reduction for 0,5 cycles	B
	60 % reduction for 5 and 50 cycles	C
	>95 % reduction for 250 cycles	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 H.5.		

**Table H.4 – Tests for EMC immunity for Environment B
(see H.8.2.8.1)**

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	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 1 kV on supply ports ± 0,5 kV on signal ports including auxiliary circuits	B
1,2/50 µs and 8/20 µs surge immunity test IEC 61000-4-5 ^{a)}	± 0,5 kV (line to earth) except for mains supply input port where ± 1 kV applies (line to earth) ± 0,5 kV (line to line)	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	3 V	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	3 A/m ^{b)}	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 H.5. ^{d)} Applicable only to mains input power ports.		

Table H.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.			

Bibliography

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050(601), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(826), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60364-5-537:1981, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 53: Switchgear and controlgear – Section 537: Devices for isolation and switching*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IECNORM.COM

Click to view the full PDF of IEC 60439-1:1999+A1:2004 CSV

Without

IECNORM.COM / Click to view the full PDF of IEC 60439-1:1999+AMD1:2004 CSV

Withdrawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	107
1 Généralités.....	109
1.1 Domaine d'application et objet.....	109
1.2 Références normatives.....	109
2 Définitions.....	113
2.1 Généralités.....	113
2.2 Unités de construction des ENSEMBLES.....	115
2.3 Présentation extérieure des ENSEMBLES.....	116
2.4 Eléments de construction des ENSEMBLES.....	117
2.5 Conditions d'installation des ENSEMBLES.....	119
2.6 Mesures de protection relatives aux chocs électriques.....	119
2.7 Passages à l'intérieur d'un ENSEMBLE.....	120
2.8 Fonctions électroniques.....	121
2.9 Coordination de l'isolement.....	121
2.10 Courants de court-circuit.....	123
3 Classification des ENSEMBLES.....	124
4 Caractéristiques électriques des ENSEMBLES.....	124
4.1 Tensions assignées.....	124
4.2 Courant assigné (I_n) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	125
4.3 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	125
4.4 Courant assigné de crête admissible (I_{pk}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	125
4.5 Courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	125
4.6 Courant assigné de court-circuit limité par fusible (I_{cf}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE).....	126
4.7 Facteur de diversité assigné.....	126
4.8 Fréquence assignée.....	126
5 Renseignements à donner sur l'ENSEMBLE.....	126
5.1 Plaques signalétiques.....	126
5.2 Repérage.....	127
5.3 Instructions pour l'installation, le fonctionnement et la maintenance.....	127
6 Conditions d'emploi.....	128
6.1 Conditions normales d'emploi.....	128
6.2 Conditions spéciales d'emploi.....	130
6.3 Conditions pendant le transfert, le stockage et le montage sur place.....	131
7 Dispositions constructives.....	131
7.1 Caractéristiques mécaniques.....	131
7.2 Enveloppe et degré de protection.....	135
7.3 Echauffement.....	136
7.4 Protection contre les chocs électriques.....	138
7.5 Protection contre les courts-circuits et tenue aux courts-circuits.....	146
7.6 Appareils de connexion et constituants installés dans les ENSEMBLES.....	150
7.7 Séparation à l'intérieur d'un ENSEMBLE au moyen de barrières (écrans) ou de cloisons.....	155

7.8	Liaisons électriques à l'intérieur d'un ENSEMBLE: barres et conducteurs isolés.....	156
7.9	Prescriptions concernant les circuits d'alimentation des matériels électroniques	157
7.10	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	159
7.11	Description des types de connexions électriques des unités fonctionnelles	161
8	Prescriptions concernant les essais.....	162
8.1	Classification des essais	162
8.2	Essais de type.....	163
8.3	Essais individuels.....	179

Annexe A (normative)	Valeurs minimales et maximales des sections des conducteurs de cuivre convenant au raccordement	184
----------------------	---	-----

Annexe B (normative)	Méthode pour calculer la section des conducteurs de protection sous l'aspect des contraintes thermiques causées par les courants de courte durée	185
----------------------	--	-----

Annexe C (supprimée)		186
----------------------	-------	-----

Annexe D (informative)	Dispositions de séparations intérieures.....	187
------------------------	--	-----

Annexe E (informative)	Sujets soumis à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.....	190
------------------------	---	-----

Annexe F (normative)	Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement.....	191
----------------------	--	-----

Annexe G (normative)	Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs des matériels.....	196
----------------------	--	-----

Annexe H (normative)	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	198
----------------------	--	-----

Bibliographie.....		204
--------------------	-------	-----

Figure 1 – Rapport $\frac{\hat{U}_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ en fonction du temps.....		158
---	-------	-----

Figure 2 – Composante harmonique maximale autorisée de la tension nominale du réseau		159
--	-------	-----

Figure D.1 – Symboles utilisés dans les figures D.2.....		187
--	-------	-----

Figure D.2 – Formes 1 et 2		188
----------------------------------	-------	-----

Figure D.2 – Formes 3 et 4		189
----------------------------------	-------	-----

Figure F.1 – Mesurage des nervures.....		191
---	-------	-----

Figure H.1 — Exemples d'accès		198
-------------------------------------	-------	-----

Tableau 1 – Valeurs du facteur de diversité assigné		126
---	-------	-----

Tableau 2 – Limites d'échauffement.....		137
---	-------	-----

Tableau 3 – Section des conducteurs de protection (PE et PEN)		142
---	-------	-----

Tableau 3A – Section du conducteur d'équipotentialité en cuivre		143
---	-------	-----

Tableau 4 – Valeurs normalisées du facteur n		148
--	-------	-----

Tableau 5 – Choix des conducteurs et prescriptions d'installation		149
---	-------	-----

Tableau 6 – Raccordements électriques correspondant aux positions des parties débrochables		154
--	-------	-----

Tableau 6A – Formes de séparations intérieures		156
--	-------	-----

Tableau 7 – Liste des vérifications et des essais à exécuter sur les ES et les EDS.....		164
---	-------	-----

Tableau 8 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants assigné inférieurs ou égaux à 400 A.....	166
Tableau 9 – Sections normalisées des conducteurs de cuivre correspondant au courant assigné	167
Tableau 10	170
Tableau 11	170
Tableau 12 – Relation entre courant de défaut présumé et diamètre du fil de cuivre	173
Tableau 13 – Tensions de tenue diélectrique pour essais aux ondes de choc, à fréquence industrielle et en courant continu	181
Tableau 14 – Distances minimales d'isolement dans l'air	181
Tableau 15 – Tensions d'essai à travers les contacts ouverts des matériels aptes au sectionnement	182
Tableau 16 – Lignes de fuite minimales	183
Tableau A.1	184
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	185
Tableau G.1 – Correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel, dans le cas de la protection contre les surtensions par parafoudres conformes à la CEI 60099-1	197
Tableau H.1 – Limites d'émission pour l'Environnement A	200
Tableau H.2 – Limites d'émission pour l'Environnement B	200
Tableau H.3 – Essais pour l'immunité CEM pour l'Environnement A	201
Tableau H.4 – Essais pour l'immunité CEM en Environnement B	202
Table H.5 – Critères d'acceptation lorsque les perturbations électromagnétiques sont présentes	203

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série

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 60439-1 a été établie par le sous-comité 17D: Ensembles d'appareillage à basse tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

La présente version consolidée de la CEI 60439-1 comprend la quatrième édition (1999) [documents 17D/214A/FDIS et 17D/221/RVD], son amendement 1 (2004) [documents 17D/294/FDIS et 17D/296/RVD] et son corrigendum de novembre 2004.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 4.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A, B, F, G et H font partie intégrante de la présente norme.

Les annexes D et E sont données uniquement à titre d'information.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 1 will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

Le contenu du corrigendum de novembre 2004 a été pris en considération dans cet exemplaire.

ENSEMBLES D'APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux ENSEMBLES d'appareillage à basse tension (ENSEMBLES de série (ES) et ENSEMBLES dérivés de série (EDS)) dont la tension assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif à des fréquences ne dépassant pas 1 000 Hz, ou 1 500 V en courant continu.

Cette norme s'applique également aux ENSEMBLES comprenant des matériels de commande et/ou de puissance dont les fréquences sont plus élevées. Dans ce cas, des prescriptions supplémentaires appropriées seront appliquées.

La présente norme s'applique aux ENSEMBLES fixes ou déplaçables, avec ou sans enveloppe.

NOTE Des prescriptions complémentaires pour certains types d'ensembles spécifiques font l'objet de normes complémentaires.

Cette norme s'applique aux ENSEMBLES destinés à être utilisés avec des équipements conçus pour la génération, la transmission, la répartition et la conversion de l'énergie électrique, la commande des matériels consommant de l'énergie.

Elle s'applique aussi aux ENSEMBLES conçus pour être utilisés dans des conditions spéciales d'emploi, par exemple dans des navires, dans des véhicules sur rails, pour les équipements de levage ou en atmosphère explosive et pour des applications domestiques (où les ENSEMBLES sont manœuvrés par des personnes ordinaires), à condition que les prescriptions spécifiques correspondantes soient respectées.

La présente norme s'applique aussi aux ENSEMBLES conçus pour l'équipement électrique des machines. Cependant, il est nécessaire de satisfaire aux exigences complémentaires de la CEI 60204-1.

Les dispositifs individuels et les constituants indépendants, tels que démarreurs de moteurs, fusibles-interrupteurs, matériels électroniques, etc. conformes aux normes les concernant ne sont pas couverts par la présente norme.

L'objet de la présente norme est de formuler les définitions, les conditions d'emploi, les dispositions constructives, les caractéristiques techniques et les essais pour les ENSEMBLES d'appareillage à basse tension.

1.2 Références normatives

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.

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(471):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 471: Isolateurs*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060, *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60071-1:1976, *Coordination de l'isolement – Première partie: Termes, définitions, principes et règles*

CEI 60073:1996, *Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les dispositifs indicateurs et des organes de commande*

CEI 60099-1:1991, *Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60112:1979, *Méthode pour déterminer les indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60146-2:1974, *Convertisseurs à semiconducteurs – Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs*

CEI 60158-2:1982, *Appareillage de commande à basse tension – Deuxième partie: Contacteurs à semiconducteurs (contacteurs statiques)*

CEI 60204-1:1997, *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

CEI 60227-3:1993, *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 3: Conducteurs pour installations fixes*

CEI 60227-4:1992, *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 4: Câbles sous gaine pour installations fixes*

CEI 60245-3:1994, *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 3: Conducteurs isolés au silicone, résistant à la chaleur*

CEI 60245-4:1994, *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 4: Câbles souples*

CEI 60269, *Fusibles basse tension*

CEI 60364-3:1993, *Installations électriques des bâtiments – Troisième partie: Détermination des caractéristiques générales.*

CEI 60364-4-41:1992, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

CEI 60364-4-443:1995, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 44: Protection contre les surtensions – Section 443: Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manoeuvres* *

CEI 60364-4-46:1981, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 46: Sectionnement et commande*

CEI 60364-5-54:1980, *Installations électriques des bâtiments – Cinquième partie: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs de protection*

CEI 60417 (toutes les parties), *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*

CEI 60445:1988, *Identification des bornes de matériels et des extrémités de certains conducteurs désignés et règles générales pour un système alphanumérique*

CEI 60446:1989, *Identification des conducteurs par les couleurs ou par les repères numériques*

CEI 60447:1993, *Interface homme-machine (IHM) Principes de manoeuvre*

CEI 60502:1994, *Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV*

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

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

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 60865 (toutes les parties), *Courants de court-circuit – Calcul des effets*

CEI 60890:1987, *Méthode de détermination par extrapolation des échauffements par les ensembles d'appareillage à basse tension dérivés de série (EDS)*

CEI 60947-1:1988, *Appareillage à basse tension – Première partie: Règles générales*

CEI 60947-3:1999, *Appareillage à basse tension – Partie 3: Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles*

CEI 60947-4-1:1990, *Appareillage à basse tension – Quatrième partie: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Section 1: Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

* Il existe une édition consolidée 2.1 (1999) qui comprend la CEI 60364-4-443 (1995) et l'amendement 1 (1998).

CEI 61000-3-2:2000, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essai d'immunité aux décharges électrostatiques – Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-3:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 4: Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en sèves – Publication fondamentale en CEM*

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

CEI 61000-4-6: 2003, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-8:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

CEI 61000-4-11:1994, *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*

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*

CEI 61000-6-3:1996, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

CEI 61000-6-4:1997, *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 61117:1992, *Méthode pour déterminer la tenue aux courts-circuits des ENSEMBLES d'appareillage dérivés de série (EDS)*

CEI 61346-1:1996, *Systèmes industriels, installations et appareils, et produits industriels – Principes de structuration et désignations de référence – Partie 1: Règles de base*

CISPR 11:1997, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radio-électrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

Amendement 1 (1999)

2 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables.

NOTE Certaines définitions dans cet article proviennent, inchangées ou modifiées, de la CEI 60050 (VEI) ou d'autres publications de la CEI.

2.1 Généralités

2.1.1

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, etc., complètement assemblés sous la responsabilité du constructeur avec toutes leurs liaisons internes mécaniques et électriques et leurs éléments de construction (voir 2.4)

NOTE 1 Dans la présente norme, l'abréviation ENSEMBLE est utilisée pour désigner un ensemble d'appareillage à basse tension.

NOTE 2 Les constituants d'un ENSEMBLE peuvent être électromécaniques ou électroniques.

NOTE 3 Pour diverses raisons, par exemple transport ou production, certaines opérations d'assemblage peuvent être effectuées en dehors de l'usine du constructeur.

2.1.1.1

ENSEMBLE d'appareillage à basse tension de série (ES)

ENSEMBLE d'appareillage à basse tension conforme à un type ou à un système établi sans s'en écarter d'une manière qui pourrait influencer notablement les performances par rapport à celles d'un ENSEMBLE type ayant été vérifié et déclaré conforme à la présente norme

NOTE 1 Dans tout le texte de la présente norme, l'abréviation ES est utilisée pour désigner les ENSEMBLES d'appareillage à basse tension de série.

NOTE 2 Pour diverses raisons, par exemple transport ou production, certaines opérations d'assemblage peuvent être effectuées en dehors de l'usine du constructeur de l'ES. Un tel ENSEMBLE est considéré comme un ES pourvu que le montage soit réalisé selon les instructions du constructeur de manière telle que la conformité du type ou système établi aux dispositions de la présente norme soit assurée, y compris sa tenue aux essais individuels qui lui sont applicables.

2.1.1.2

ENSEMBLE d'appareillage à basse tension dérivé de série (EDS)

ENSEMBLE d'appareillage à basse tension contenant à la fois des dispositions soumises aux essais de type et des dispositions qui n'y sont pas soumises, à condition que ces dernières soient dérivées (par exemple par le calcul) de dispositions qui y sont soumises et qui ont satisfait aux essais correspondants (voir tableau 7).

NOTE Dans la présente norme, l'abréviation EDS est utilisée pour désigner un ensemble d'appareillage à basse tension dérivé de série.

2.1.2

circuit principal (d'un ENSEMBLE)

toutes les pièces conductrices d'un ENSEMBLE comprises dans un circuit destiné à transporter l'énergie électrique [VEI 441-13-02 modifié]

2.1.3

circuit auxiliaire (d'un ENSEMBLE)

toutes les pièces conductrices d'un ENSEMBLE insérées dans un circuit (autre que le circuit principal) prévues pour la commande, la mesure, la signalisation, la régulation, le traitement de l'information, etc. [VEI 441-13-03 modifié]

NOTE Les circuits auxiliaires d'un ENSEMBLE comprennent les circuits de commande et les circuits auxiliaires des appareils de connexion.

2.1.4

barre omnibus

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.

2.1.4.1

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

2.1.4.2

jeu de barres de distribution

jeu de barre à l'intérieur d'une colonne qui est raccordé à un jeu de barre principal et à partir duquel des unités de départ sont alimentées

2.1.5

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.

2.1.6

unité d'arrivée

unité fonctionnelle à travers laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à l'ENSEMBLE

2.1.7

unité de départ

unité fonctionnelle à travers laquelle l'énergie électrique est normalement fournie à un ou plusieurs circuits de départ

2.1.8

groupe fonctionnel

groupement de plusieurs unités fonctionnelles qui sont interconnectées électriquement pour l'exécution de leurs fonctions

2.1.9

conditions d'essai

état d'un ENSEMBLE ou d'une partie de celui-ci dans lequel les circuits principaux correspondants sont ouverts en amont mais pas nécessairement sectionnés et dans lequel les circuits auxiliaires associés sont raccordés, ce qui permet d'effectuer les essais de fonctionnement des dispositifs incorporés

2.1.10

situation de sectionnement

condition d'un ENSEMBLE ou d'une partie d'un ENSEMBLE dans laquelle les circuits principaux concernés sont sectionnés en amont et les circuits auxiliaires associés également sectionnés

2.1.11

situation raccordée

condition d'un ENSEMBLE ou d'une partie d'un ENSEMBLE dans laquelle le circuit principal concerné et les circuits auxiliaires associés sont raccordés pour leur fonction normalement prévue

2.2 Unités de construction des ENSEMBLES

2.2.1

colonne

unité de construction d'un ENSEMBLE entre deux séparations verticales successives

2.2.2

élément de colonne

unité de construction d'un ENSEMBLE entre deux séparations horizontales successives à l'intérieur d'une colonne

2.2.3

compartiment

colonne ou élément de colonne sous enveloppe à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions, à la commande ou à la ventilation

2.2.4

unité de transport

partie d'un ENSEMBLE ou ENSEMBLE complet pouvant être transporté sans être démonté

2.2.5

partie fixe

partie constituée d'éléments assemblés et câblés entre eux sur un support commun et qui est destinée à être fixée à demeure (voir 7.6.3)

2.2.6

partie amovible

partie qui peut être entièrement enlevée de l'ENSEMBLE et remise en place, même quand le circuit auquel elle est connectée est sous tension

2.2.7

partie débrochable

partie amovible qui peut être déplacée de la position raccordée à la position de sectionnement et une éventuelle position d'essai tout en restant reliée mécaniquement à l'ENSEMBLE

2.2.8

position raccordée

position d'une partie amovible ou débrochable quand celle-ci est entièrement raccordée pour la fonction à laquelle elle est normalement destinée

2.2.9

position d'essai

position d'une partie débrochable dans laquelle les circuits principaux correspondants sont ouverts en amont mais pas nécessairement sectionnés et dans laquelle les circuits auxiliaires sont raccordés, ce qui permet d'effectuer des essais de fonctionnement de la partie débrochable, cette partie demeurant mécaniquement reliée à l'ENSEMBLE

NOTE L'ouverture peut être également effectuée par la manoeuvre d'un dispositif approprié, sans aucun mouvement mécanique de la partie débrochable.

2.2.10

position de sectionnement

position d'une partie débrochable dans laquelle une distance de sectionnement (voir 7.1.2.2) est établie dans les circuits principaux et auxiliaires en amont, la partie débrochable demeurant mécaniquement reliée à l'ENSEMBLE

NOTE La distance de sectionnement peut être également établie par la manoeuvre d'un dispositif approprié, sans aucun mouvement mécanique de la partie débrochable.

2.2.11

position retirée

position d'une partie amovible ou débrochable quand celle-ci se trouve à l'extérieur de l'ENSEMBLE et en est séparée mécaniquement et électriquement

2.2.12

connexions électriques des unités fonctionnelles

2.2.12.1

connexion fixe

connexion qui est connectée ou déconnectée au moyen d'un outil

2.2.12.2

connexion déconnectable

connexion qui est connectée ou déconnectée par manoeuvre manuelle du moyen de connexion, sans utiliser un outil

2.2.12.3

connexion débrochable

connexion qui est connectée ou déconnectée en mettant l'unité fonctionnelle dans la situation raccordée ou dans la situation de sectionnement

2.3 Présentation extérieure des ENSEMBLES

2.3.1

ENSEMBLE ouvert

ENSEMBLE consistant en un châssis qui supporte l'équipement électrique, les parties actives de l'équipement électrique étant accessibles

2.3.2

ENSEMBLE ouvert à protection frontale

ENSEMBLE ouvert comportant une face avant qui assure un degré de protection depuis la face avant. Les parties actives peuvent être accessibles sur les autres faces

2.3.3

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

2.3.3.1

ENSEMBLE en armoire

ENSEMBLE sous enveloppe reposant en principe sur le sol, pouvant comprendre plusieurs colonnes, éléments de colonnes ou compartiments

2.3.3.2

ENSEMBLE en armoires multiples

combinaison d'armoires rigidement assujetties entre elles.

2.3.3.3

ENSEMBLE en pupitre

ENSEMBLE sous enveloppe présentant une table de commande horizontale ou inclinée, ou une combinaison des deux, et équipé d'appareils de commande, de mesure, de signalisation, etc.

2.3.3.4

ENSEMBLE en coffret

ENSEMBLE sous enveloppe, prévu en principe pour être monté sur un plan vertical

2.3.3.5

ENSEMBLE en coffrets multiples

combinaison de 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.

2.3.4

canalisation préfabriquée

ENSEMBLE d'appareillage de série sous la forme d'un réseau conducteur comprenant, dans un conduit, une gaine ou une enveloppe, des jeux de barres séparés et supportés par des matériaux isolants [VEI 441-12-07 modifié]

Cet ENSEMBLE peut être constitué d'éléments tels que:

- éléments de canalisation avec ou sans possibilité de dérivation;
- éléments de transposition de phase, de dilatation, éléments flexibles, éléments d'alimentation et d'adaptation;
- éléments de dérivation.

NOTE Le terme «jeu de barres» ne préjuge pas de la forme géométrique, de la taille et des dimensions du conducteur.

2.4 Eléments de construction des ENSEMBLES

2.4.1

châssis

structure faisant partie d'un ENSEMBLE et prévue pour supporter divers constituants de l'ENSEMBLE et, le cas échéant, une enveloppe

2.4.2

charpente

structure ne faisant pas partie d'un ENSEMBLE, prévue pour supporter un ENSEMBLE sous enveloppe

2.4.3

plaque de montage*

support plan prévu pour supporter divers constituants et pouvant être installé dans un ENSEMBLE

2.4.4

cadre*

structure prévue pour supporter divers constituants et pouvant être installée dans un ENSEMBLE

2.4.5

enveloppe

enceinte assurant le type et le degré de protection approprié pour l'application prévue

[VEI 195-02-35]

2.4.6

panneau

partie de l'enveloppe extérieure d'un ENSEMBLE

* Si ces éléments de construction comportent des appareils, ils peuvent constituer des ENSEMBLES indépendants.

2.4.7

porte

panneau pivotant ou glissant

2.4.8

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

2.4.9

plaque de fermeture

partie d'un ENSEMBLE – généralement d'un coffret (voir 2.3.3.4) – utilisée pour fermer une ouverture dans l'enveloppe extérieure et conçue pour être fixée par vis ou moyens semblables. Elle n'est pas normalement enlevée après la mise en service de l'équipement.

NOTE La plaque de fermeture peut être munie d'entrées de câble.

2.4.10

cloison

partie de l'enveloppe d'un compartiment le séparant des autres compartiments

2.4.11

barrière de protection (électrique)

partie assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès

[VEI 195-06-15]

2.4.12

obstacle de protection (électrique)

élément empêchant un contact direct fortuit mais ne s'opposant pas à un contact direct par une action délibérée

[VEI 195-06-16]

2.4.13

volet

partie qui peut être déplacée:

- entre une position dans laquelle elle permet l'embrochage des contacts des 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 modifié]

2.4.14

entrée des câbles

partie comportant des ouvertures permettant le passage de câbles à l'intérieur de l'ENSEMBLE

NOTE Une entrée de câbles peut en même temps constituer une boîte d'extrémité.

2.4.15

espaces disponibles

2.4.15.1

espace libre

espace vide dans une colonne

2.4.15.2

espace non équipé

partie d'une colonne incorporant seulement des jeux de barre

2.4.15.3**espace partiellement équipé**

partie d'une colonne complètement équipée à l'exception des unités fonctionnelles. Les unités fonctionnelles qui peuvent être installées sont définies en nombre de modules et en taille

2.4.15.4**espace complètement équipé**

partie d'une colonne complètement équipée avec des unités fonctionnelles non affectées à un usage spécifique

2.4.16**espace protégé clos**

partie d'un ENSEMBLE destinée à enfermer des composants électriques et fournissant une protection spécifiée contre les influences extérieures et les contacts avec les parties actives

2.4.17**verrouillage d'insertion**

dispositif empêchant l'introduction d'une partie amovible ou débrochable dans un compartiment pour laquelle elle n'est pas destinée

2.5 Conditions d'installation des ENSEMBLES**2.5.1****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 6.1 de la présente norme sont remplies

2.5.2**ENSEMBLE pour installation à l'extérieur**

ENSEMBLE destiné à être utilisé dans les conditions normales d'emploi pour l'extérieur spécifiées en 6.1 de la présente norme

2.5.3**ENSEMBLE fixe**

ENSEMBLE destiné à être fixé à son emplacement d'installation, par exemple au sol ou sur une paroi, et à être utilisé à cet emplacement

2.5.4**ENSEMBLE déplaçable**

ENSEMBLE prévu pour pouvoir être facilement déplacé d'un emplacement d'utilisation à un autre

2.6 Mesures de protection relatives aux chocs électriques**2.6.1****partie active**

tout conducteur ou toute partie conductrice destinés à être sous tension en service normal, ainsi que le conducteur neutre, mais pas, par convention, le conducteur PEN [VEI 826-03-01]

NOTE Ce terme n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

2.6.2**masse**

partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut [VEI 826-03-02 modifié]

2.6.3

conducteur de protection

(identification: PE)

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[VEI 195-02-09]

NOTE Comme exemple, un conducteur de protection peut raccorder électriquement les parties suivantes:

- masses;
- éléments conducteurs;
- borne principale de terre;
- prise de terre;
- point de l'alimentation relié à la terre ou au point neutre artificiel.

2.6.4

conducteur neutre

conducteur relié électriquement au point neutre et pouvant contribuer à la distribution de l'énergie électrique

[VEI 195-02-06]

2.6.5

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]

2.6.6

courant de défaut

courant résultant d'un défaut de l'isolation ou du franchissement de l'isolation

2.6.7

courant de défaut à la terre

courant de défaut qui s'écoule à la terre

2.6.8

protection contre les contacts directs

prévention des contacts dangereux des personnes avec les parties actives

2.6.9

protection contre les contacts indirects

prévention des contacts dangereux des personnes avec les masses

2.7 Passages à l'intérieur d'un ENSEMBLE

2.7.1

passage de service à l'intérieur d'un ENSEMBLE

espace qui doit être utilisé par l'opérateur pour assurer correctement le fonctionnement et la surveillance de l'ENSEMBLE

2.7.2

passage d'entretien à l'intérieur d'un ENSEMBLE

espace accessible au seul personnel autorisé et qui a été prévu à l'origine pour être utilisé lors de l'entretien de l'équipement installé

2.8 Fonctions électroniques

2.8.1

blindage

protection des conducteurs ou des matériels contre les perturbations provoquées en particulier par le rayonnement électromagnétique d'autres conducteurs ou matériels

2.9 Coordination de l'isolement

2.9.1

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 [2.5.46 de la CEI 60947-1] [VEI 441-17-31]

2.9.2

distance de sectionnement (d'un pôle d'un appareil mécanique de connexion)

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux prescriptions de sécurité concernant les sectionneurs [2.5.50 de la CEI 60947-1] [VEI 441-17-35]

2.9.3

ligne de fuite

distance la plus courte le long de la surface d'une matière isolante entre deux parties conductrices [2.5.51 de la CEI 60947-1] [VEI 471-01-08 modifié]

NOTE Un joint entre deux portions de matière isolante est considéré comme faisant partie de la surface.

2.9.4

tension locale («working voltage»)

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou valeur la plus élevée de la tension en courant continu qui peut apparaître (localement) à travers n'importe quelle isolation à la tension assignée d'alimentation, les surtensions transitoires étant négligées, en circuit ouvert ou dans les conditions normales de fonctionnement [2.5.52 de la CEI 60947-1]

2.9.5

surtension temporaire

surtension entre phase et terre, entre phase et neutre ou entre phases, en un point donné et d'une durée relativement longue (plusieurs secondes) [2.5.53 de la CEI 60947-1] [VEI 604-03-12 modifié]

2.9.6

surtensions transitoires

au sens de la présente norme, les surtensions transitoires sont les suivantes [2.5.54 de la CEI 60947-1]

2.9.6.1

surtension de manoeuvre

surtension transitoire apparaissant en un point donné d'un système (réseau) et engendrée par une manoeuvre ou un défaut [2.5.54.1 de la CEI 60947-1] [VEI 604-03-29 modifié]

2.9.6.2

surtension de foudre

surtension transitoire apparaissant en un point donné d'un système (réseau) et engendrée par une décharge atmosphérique (voir également la CEI 60060 et la CEI 60071-1) [2.5.54.2 de la CEI 60947-1]

2.9.7

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 dans des conditions d'essai spécifiées [2.5.55 de la CEI 60947-1]

2.9.8

tension de tenue à fréquence industrielle

valeur efficace d'une tension sinusoïdale à fréquence industrielle qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées [2.5.56 de la CEI 60947-1] [VEI 604-03-40 modifié]

2.9.9

pollution

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés) qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface [2.5.57 de la CEI 60947-1]

2.9.10

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 appareils 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. [2.5.59 de la CEI 60947-1]

2.9.11

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. [2.5.59 de la CEI 60947-1 modifié]

2.9.12

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 prescriptions 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. [2.5.60 de la CEI 60947-1]

2.9.13

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 [2.2.22 de la CEI 60947-1] [VEI 604-03-51]

2.9.14**coordination de l'isolement**

correspondance des caractéristiques d'isolement du matériel électrique avec, d'une part, les surtensions attendues et 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 [2.5.61 de la CEI 60947-1] [VEI 604-03-08 modifié]

2.9.15**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 [2.5.62 de la CEI 60947-1]

2.9.16**champ non homogène (non uniforme)**

champ électrique dont le gradient de tension entre électrodes n'est pas essentiellement constant [2.5.63 de la CEI 60947-1]

2.9.17**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 [2.5.64 de la CEI 60947-1]

2.9.18**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 La valeur de chaque tension d'essai et de l'indice de résistance au cheminement sera divisible par 25. [2.5.65 de la CEI 60947-1]

2.10 Courants de court-circuit**2.10.1****courant de court-circuit (I_c) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)**

surintensité résultant d'un court-circuit dû à un défaut ou à un branchement incorrect dans un circuit électrique [2.1.6 de la CEI 60947-1] [VEI 441-11-07 modifié]

2.10.2**courant de court-circuit présumé (I_{cp}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)**

courant qui circule lorsque les conducteurs d'alimentation du circuit sont court-circuités par un conducteur d'impédance négligeable placé aussi près que possible des bornes d'alimentation de cet ENSEMBLE.

2.10.3**courant coupé limité**

valeur instantanée maximale du courant atteinte au cours de la coupure effectuée par un appareil de connexion ou un fusible [VEI 441-17-12]

NOTE Cette notion est d'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.

2.11**compatibilité électromagnétique (CEM)**

NOTE Pour les termes et définitions relatifs à la CEM, voir l'annexe H.

3 Classification des ENSEMBLES

Les ENSEMBLES sont classés selon:

- la présentation extérieure (voir 2.3);
- l'emplacement d'installation (voir 2.5.1 et 2.5.2);
- les conditions d'installation relatives à l'aptitude au déplacement (voir 2.5.3 et 2.5.4);
- le degré de protection (voir 7.2.1);
- la nature de l'enveloppe;
- la méthode de montage, par exemple partie fixe ou mobile (voir 7.6.3 et 7.6.4);
- les mesures pour la protection des personnes (voir 7.4);
- la forme de la séparation intérieure (voir 7.7);
- les types de connexions électriques des unités fonctionnelles (voir 7.11).

4 Caractéristiques électriques des ENSEMBLES

Un ENSEMBLE est défini par les caractéristiques électriques suivantes.

4.1 Tensions assignées

Un ENSEMBLE est défini par les tensions assignées suivantes de ses différents circuits.

4.1.1 Tension assignée d'emploi (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

La tension assignée d'emploi (U_e) d'un circuit d'un ENSEMBLE est la valeur de tension qui, combinée avec le courant assigné de ce circuit, détermine son utilisation.

Pour les circuits polyphasés, c'est la tension entre phases.

NOTE Les valeurs normalisées des tensions assignées des circuits de commande sont spécifiées dans les normes relatives aux appareils incorporés.

Le constructeur de l'ENSEMBLE doit indiquer les limites de tension nécessaires au fonctionnement correct des circuits principaux et des circuits auxiliaires. De toute façon, ces limites doivent être telles que la tension aux bornes du circuit de commande des éléments constitutifs incorporés reste, dans les conditions normales de charge, dans les limites spécifiées par les normes correspondantes de la CEI.

4.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

La tension assignée d'isolement (U_i) 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'emploi de n'importe quel circuit de l'ENSEMBLE ne doit pas dépasser sa tension assignée d'isolement. Il est admis que la tension locale de n'importe quel circuit d'un ENSEMBLE ne dépasse pas, même temporairement, 110 % de sa tension assignée d'isolement.

NOTE Pour les circuits monophasés provenant des systèmes IT (voir la CEI 60364-3), la tension d'isolement assignée sera au moins égale à la tension entre les phases de l'alimentation.

Pour les circuits polyphasés, c'est la tension entre phases.

4.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Valeur de crête d'une tension de choc de forme et de polarité prescrites que le circuit d'un ENSEMBLE est capable de supporter sans défaillance dans les conditions spécifiées d'essai et à laquelle les valeurs des distances d'isolement se réfèrent.

La tension assignée de tenue aux chocs d'un circuit d'un ENSEMBLE doit être égale ou supérieure aux valeurs données pour les surtensions transitoires se produisant dans le système dans lequel l'ENSEMBLE est inséré.

NOTE Les valeurs préférentielles de tension de tenue aux chocs assignée sont celles données au tableau 13.

4.2 Courant assigné (I_n) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Le courant assigné d'un circuit d'un ENSEMBLE est fixé par le constructeur en fonction des valeurs assignées des constituants de l'équipement électrique à l'intérieur de l'ENSEMBLE, de leur disposition et de leur utilisation. Ce courant doit être supporté sans que l'échauffement des diverses parties de l'ENSEMBLE dépasse les limites spécifiées en 7.3 (tableau 2), quand l'essai est effectué conformément à 8.2.1.

NOTE Etant donné la complexité des facteurs qui déterminent les courants assignés, aucune valeur normalisée ne peut être donnée.

4.3 Courant assigné de courte durée admissible (I_{cw}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Le courant assigné de courte durée d'un circuit d'un ENSEMBLE est la valeur efficace du courant de courte durée admissible assigné à ce circuit par le constructeur, que le circuit peut supporter sans dommage dans les conditions d'essai spécifiées en 8.2.3. Sauf indication contraire du constructeur, cette durée est 1 s. [VEI 441-17-17 modifié]

En courant alternatif, la valeur du courant est la valeur efficace de la composante alternative, et il est supposé que la valeur de crête la plus élevée susceptible de se produire ne dépasse pas n fois cette valeur efficace, le facteur n étant donné en 7.5.3.

NOTE 1 Si le temps est inférieur à 1 s, il convient d'indiquer le courant assigné de courte durée admissible ainsi que le temps, par exemple sous la forme 20 kA, 0,2 s.

NOTE 2 Le courant assigné de courte durée admissible peut être soit un courant présumé lorsque les essais sont effectués à la tension assignée d'emploi, soit un courant réel lorsque les essais sont effectués à une tension inférieure.

4.4 Courant assigné de crête admissible (I_{pk}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Le courant assigné de crête admissible d'un circuit d'un ENSEMBLE est la valeur du courant de crête assigné à ce circuit par le constructeur que ce circuit peut supporter de façon satisfaisante dans les conditions d'essai spécifiées en 8.2.3 (voir aussi 7.5.3). [VEI 441-17-18 modifié]

4.5 Courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{cc}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Le courant assigné de court-circuit conditionnel d'un circuit d'un ENSEMBLE est la valeur du courant présumé de court-circuit fixé par le constructeur que ce circuit, protégé par un appareil de protection contre les courts-circuits, peut supporter de façon satisfaisante pendant le temps de fonctionnement de l'appareil dans les conditions d'essai spécifiées en 8.2.3 (voir aussi 7.5.2).

La spécification détaillée du dispositif de protection contre les courts-circuits doit être établie par le constructeur.

NOTE 1 En courant alternatif, la valeur du courant assigné de court-circuit conditionnel est égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant.

NOTE 2 L'appareil de protection contre les courts-circuits peut soit former une partie intégrante de l'ENSEMBLE, soit être une unité séparée.

4.6 Courant assigné de court-circuit limité par fusible (I_{cf}) (d'un circuit d'un ENSEMBLE)

Vide.

4.7 Facteur de diversité assigné

Le facteur de diversité assigné d'un ENSEMBLE ou d'une partie d'un ENSEMBLE ayant plusieurs circuits principaux (par exemple une colonne ou un élément de colonne) est le rapport de la somme maximale, à n'importe quel instant, des courants présumés dans tous les circuits principaux considérés à la somme des courants assignés de tous les circuits principaux de l'ENSEMBLE ou de la partie choisie de l'ENSEMBLE.

Quand le constructeur définit un facteur de diversité assigné, ce facteur doit être utilisé pour l'essai d'échauffement conformément à 8.2.1.

NOTE En l'absence d'informations concernant les courants réels, les valeurs conventionnelles suivantes peuvent être utilisées.

Tableau 1 – Valeurs du facteur de diversité assigné

Nombre de circuits principaux	Facteur de diversité assigné
2 et 3	0,9
4 et 5	0,8
6 à 9 inclus	0,7
10 (et au-dessus)	0,6

4.8 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un ENSEMBLE 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 différentes, la fréquence assignée de chaque circuit doit être précisée.

NOTE La fréquence est en principe comprise dans les limites spécifiées par les normes correspondantes de la CEI relatives aux éléments constitutifs incorporés. Sauf indication contraire du constructeur de l'ENSEMBLE, on admet que les limites sont égales à 98 % et 102 % de la fréquence assignée.

5 Renseignements à donner sur l'ENSEMBLE

Les renseignements qui suivent doivent être donnés par le constructeur.

5.1 Plaques signalétiques

Tout ENSEMBLE doit être muni d'une ou plusieurs plaques marquées d'une manière durable et disposées à un emplacement leur permettant d'être visibles et lisibles lorsque l'ENSEMBLE est installé.

Les renseignements spécifiés aux points a) et b) doivent se trouver sur la plaque signalétique.

Les renseignements énumérés aux points c) à t) doivent se trouver, le cas échéant, soit sur les plaques signalétiques, soit dans la documentation technique du constructeur:

a) nom du constructeur ou sa marque de fabrique;

NOTE Le constructeur est considéré comme étant l'organisation prenant la responsabilité de l'ENSEMBLE terminé.

b) désignation du type ou un numéro d'identification, ou tout autre moyen d'identification, permettant d'obtenir du constructeur les renseignements appropriés;

c) CEI 60439-1;

d) nature du courant (et fréquence, dans le cas de courant alternatif);

e) tensions assignées d'emploi (voir 4.1.1);

f) tensions assignées d'isolement (voir 4.1.2);

– tension assignée de tenue aux chocs, quand elle est spécifiée par le constructeur (voir 4.1.3);

g) tensions assignées des circuits auxiliaires (s'il y a lieu);

j) courant assigné de chaque circuit principal (s'il y a lieu; voir 4.2);

k) tenue aux courts-circuits (voir 7.5.2);

l) degré de protection (voir 7.2.1);

m) mesures de protection contre les chocs électriques (voir 7.4);

n) conditions d'emploi pour l'intérieur, pour l'extérieur ou conditions pour un usage spécial, si elles diffèrent des conditions usuelles d'emploi figurant en 6.1;

– degré de pollution, quand il est spécifié par le constructeur (voir 6.1.2.3);

o) types de régime du neutre pour lesquels l'ENSEMBLE est prévu;

p) dimensions (voir figures C.3 et C.4) indiquées de préférence dans l'ordre: hauteur, largeur (ou longueur), profondeur;

q) masse;

r) forme de la séparation intérieure (voir 7.7);

s) types de connexions électriques des unités fonctionnelles (voir 7.11);

t) environnement A et/ou B (voir 7.10.1).

5.2 Repérage

A l'intérieur de l'ENSEMBLE, il doit être possible d'identifier les circuits individuels et leurs dispositifs de protection.

Lorsque les appareils équipant l'ENSEMBLE sont munis de repères, les repères utilisés doivent être identiques à ceux de la CEI 61346-1 et à ceux figurant sur les schémas de câblage qui doivent être conformes à la CEI 61082.

5.3 Instructions pour l'installation, le fonctionnement et la maintenance

Le constructeur doit spécifier, dans ses documents ou catalogues, les conditions éventuelles d'installation, de fonctionnement et de maintenance de l'ENSEMBLE et du matériel qu'il contient.

En cas de nécessité, les instructions pour le transport, l'installation et le fonctionnement de l'ENSEMBLE doivent indiquer les mesures qui sont d'une importance particulière pour l'installation correcte, la mise en route et le fonctionnement convenables de l'ENSEMBLE.

Lorsque c'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 de circuits, doivent être fournis.

Le constructeur de l'ENSEMBLE doit spécifier le cas échéant les mesures à prendre vis-à-vis de la CEM associées à l'installation, le fonctionnement et la maintenance de l'ENSEMBLE.

Si un ENSEMBLE prévu spécifiquement à un environnement A venait à être utilisé dans un environnement B, l'avertissement suivant doit être inclus dans les instructions de fonctionnement:

Avertissement:

Ce produit est conçu pour un environnement A. Dans un environnement domestique, ce produit peut engendrer des perturbations radioélectriques auquel cas l'utilisateur peut être amené à prendre les mesures appropriées.

6 Conditions d'emploi

6.1 Conditions normales d'emploi

Les ENSEMBLES conformes à la présente norme sont prévus pour être utilisés dans les conditions d'emploi suivantes.

NOTE Si on utilise des constituants, par exemple des relais, des matériels électroniques, qui ne sont pas prévus pour ces conditions, il convient de prendre des mesures appropriées pour assurer un fonctionnement convenable (voir 7.6.2.4, deuxième alinéa).

6.1.1 Température de l'air ambiant

6.1.1.1 Température de l'air ambiant pour les installations à l'intérieur

La température de l'air ambiant ne dépasse pas +40 °C et la température moyenne pendant une période de 24 h ne dépasse pas +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant est de –5 °C.

6.1.1.2 Température de l'air ambiant pour les installations à l'extérieur

La température de l'air ambiant ne dépasse pas +40 °C et la température moyenne pendant une période de 24 h ne dépasse pas +35 °C.

La limite inférieure de la température de l'air ambiant est:

- –25 °C dans un climat tempéré, et
- –50 °C dans un climat arctique.

NOTE L'emploi d'ENSEMBLES dans un climat arctique peut nécessiter un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur.

6.1.2 Conditions atmosphériques

6.1.2.1 Conditions atmosphériques pour les installations à l'intérieur

L'air est propre et son humidité relative ne dépasse pas 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.

6.1.2.2 Conditions atmosphériques pour les installations à l'extérieur

L'humidité relative peut temporairement atteindre 100 % à une température maximale de +25 %.

6.1.2.3 Degré de pollution

Le degré de pollution (voir 2.9.10) se rapporte aux conditions d'environnement pour lesquelles l'ENSEMBLE est prévu.

Pour les appareils de connexion et les constituants 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 (les distances d'isolement et les lignes de fuite sont données aux tableaux 14 et 16 en fonction des différents degrés de pollution).

Degré de pollution 1:

Il n'existe pas de pollution ou seulement une pollution sèche non conductrice.

Degré de pollution 2:

Présence normale d'une seule 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:

La pollution provoque une conductivité persistante causée, par exemple, par de la poussière conductrice, ou par de la neige ou de la pluie.

Degré de pollution normal pour les applications industrielles:

Sauf prescription 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 matériel peut être influencé par l'installation de celui-ci dans une enveloppe.

6.1.3 Altitude

L'altitude du lieu de l'installation ne dépasse pas 2 000 m (6 600 pieds).

NOTE Pour les matériels électroniques destinés à être utilisés à des altitudes au-dessus de 1 000 m, il peut être nécessaire de tenir compte de la diminution de la rigidité et du pouvoir de refroidissement de l'air. Les matériels électroniques destinés à fonctionner dans ces conditions sont, en principe, conçus ou utilisés conformément à un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.2 Conditions spéciales d'emploi

Lorsqu'il existe une des conditions spéciales d'emploi suivantes, il faut observer les règles particulières applicables ou prévoir une convention particulière entre l'utilisateur et le constructeur. L'utilisateur doit informer le constructeur s'il existe de telles conditions exceptionnelles d'emploi.

Les conditions spéciales d'emploi sont, par exemple:

6.2.1 Valeurs de température, d'humidité relative et/ou d'altitude différentes de celles qui sont spécifiées en 6.1.

6.2.2 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.

6.2.3 Pollution importante de l'air par des poussières, fumées, particules corrosives ou radioactives, vapeurs ou sel.

6.2.4 Exposition à des champs électriques ou magnétiques de forte valeur.

6.2.5 Exposition à des températures extrêmes, par exemple aux radiations solaires, aux rayonnements provenant de fours.

6.2.6 Attaque par des champignons ou de petits animaux.

6.2.7 Installation dans des emplacements exposés à l'incendie ou aux explosions.

6.2.8 Exposition à des vibrations et à des chocs importants.

6.2.9 Installation dans des conditions telles que l'aptitude à supporter le courant ou le pouvoir de coupure soient affectés, par exemple matériels incorporés à des machines ou encastrés dans un mur.

6.2.10 Recherche de solutions appropriées contre:

- les perturbations conduites et rayonnées autres que CEM;
- les perturbations CEM dans des environnements autres que ceux décrits à l'annexe H.

6.3 Conditions pendant le transfert, le stockage et le montage sur place

6.3.1 Un accord spécial doit être conclu entre l'utilisateur et le constructeur si les conditions pendant le transport, le stockage et le montage sur place, par exemple les conditions de température et d'humidité, diffèrent de celles qui sont définies en 6.1.

Sauf spécification contraire, la gamme de températures suivante s'applique: pendant le transport et le stockage, entre -25°C et $+55^{\circ}\text{C}$ et, pour de courtes périodes n'excédant pas 24 h, jusqu'à $+70^{\circ}\text{C}$.

Les matériels soumis hors fonctionnement à ces températures extrêmes ne doivent subir aucun dommage irréversible et doivent ensuite fonctionner normalement dans les conditions prévues.

7 Dispositions constructives

7.1 Caractéristiques mécaniques

7.1.1 Généralités

Les ENSEMBLES ne doivent être construits qu'avec des matériaux capables de supporter les contraintes mécaniques, électriques et thermiques aussi bien que les effets de l'humidité qui sont susceptibles d'être rencontrés en service normal. Les parties des ENSEMBLES constituées de matériau isolant doivent fournir un degré spécifié de résistance à la chaleur anormale et au feu.

La protection contre la corrosion doit être assurée par l'utilisation de matériaux appropriés ou par l'application de couches de protection équivalentes sur la surface exposée, en tenant compte des conditions prévues de service et d'entretien.

Toutes les enveloppes ou cloisons, y compris les moyens de fermeture des portes, les parties débrochables, etc., doivent avoir une résistance mécanique suffisante pour résister aux contraintes auxquelles elles peuvent être soumises en utilisation normale.

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.

7.1.2 Distances d'isolement, lignes de fuite et distances de sectionnement

7.1.2.1 Distances d'isolement et lignes de fuite

Les appareils faisant partie de l'ENSEMBLE doivent avoir des distances conformes à celles qui sont spécifiées dans les prescriptions le concernant et ces distances doivent être maintenues dans les conditions normales d'emploi.

Quand on dispose les appareils à l'intérieur de l'ENSEMBLE, il faut respecter les lignes de fuite, les distances d'isolement ou les tensions assignées de tenue aux chocs (U_{imp}) spécifiées pour ces appareils en tenant compte des conditions d'emploi correspondantes.

Pour les conducteurs actifs nus et les raccordements (par exemple jeux de barres, connexions entre appareils, cosses de câbles), les distances d'isolement et les lignes de fuite ou la tension de tenue aux chocs doivent au moins répondre aux mêmes règles que celles qui sont spécifiées pour les appareils auxquels ils sont directement associés.

En outre, des conditions anormales telles qu'un court-circuit ne doivent pas réduire d'une manière permanente les distances d'isolement ou la rigidité diélectrique entre les jeux de barres et/ou les connexions autres que les câbles en dessous des valeurs spécifiées pour les appareils auxquels elles sont directement associées. Voir aussi 8.2.2.

Pour les ENSEMBLES essayés selon 8.2.2.6 de la présente norme, les valeurs minimales sont données aux tableaux 14 et 16, et les tensions d'essai sont indiquées en 7.1.2.3.

7.1.2.2 Sectionnement des parties débrochables

Dans le cas d'unités fonctionnelles montées sur des parties débrochables, le sectionnement prévu doit au moins répondre aux prescriptions de la spécification concernant les sectionneurs*, le matériel étant à l'état neuf, en tenant compte des tolérances de fabrication et du jeu dû à l'usure.

7.1.2.3 Propriétés diélectriques

Lorsque, pour un ou des circuits d'un ENSEMBLE, une tension assignée de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur, les prescriptions de 7.1.2.3.1 à 7.1.2.3.6 s'appliquent, et le ou les circuits doivent satisfaire aux essais diélectriques et aux vérifications spécifiées en 8.2.2.6 et 8.2.2.7.

Dans les autres cas, les circuits d'un ENSEMBLE doivent satisfaire aux essais diélectriques spécifiés en 8.2.2.2, 8.2.2.3, 8.2.2.4 et 8.2.2.5.

NOTE Il convient cependant de noter que, dans ce cas, les spécifications concernant la coordination de l'isolement ne peuvent pas être vérifiées.

Le concept de coordination de l'isolement reposant sur une caractéristique de tension de choc est préférable.

7.1.2.3.1 Généralités

Les dispositions ci-après reposent sur les principes exposés dans la CEI 60664-1 et donnent la possibilité de coordonner l'isolement d'un matériel avec les conditions rencontrées dans l'installation.

Le ou les circuits d'un ENSEMBLE doivent pouvoir supporter la tension assignée de tenue aux chocs (voir 4.1.3) correspondant à la catégorie de surtension figurant à l'annexe G ou, le cas échéant, les tensions alternatives ou continues correspondantes données au tableau 13. La tension de tenue entre les distances d'isolement des matériels aptes au sectionnement ou des parties débrochables est donnée au tableau 15.

NOTE La corrélation entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du ou des circuits d'un ENSEMBLE est donnée à l'annexe G.

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.

7.1.2.3.2 Tension de tenue aux chocs du circuit principal

- a) 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 supporter la tension d'essai donnée au tableau 13 en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

* Voir la CEI 60947-3.

- b) Pour les parties débrochables en position de sectionnement, les distances d'isolement entre les contacts ouverts doivent tenir la tension d'essai donnée au tableau 15 correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs.
- c) L'isolation solide des ENSEMBLES associée aux distances d'isolement a) et/ou b) doit supporter les tensions spécifiées en a) et/ou b), suivant le cas.

7.1.2.3.3 Tensions de tenue aux chocs des circuits auxiliaires

- a) Les circuits auxiliaires qui sont directement alimentés à partir du circuit principal, à la tension assignée d'emploi sans aucun dispositif de réduction des surtensions, doivent répondre aux dispositions des points a) et c) de 7.1.2.3.2.
- b) Les circuits auxiliaires qui ne sont pas directement alimentés à partir du circuit principal peuvent avoir une tenue aux surtensions différente de celle du circuit principal. Les distances d'isolement et l'isolation solide associée de ces circuits, alternatifs ou continus, doivent supporter la tension appropriée, conformément à l'annexe G.

7.1.2.3.4 Distances d'isolement

Les distances d'isolement doivent avoir une valeur suffisante pour permettre aux circuits de supporter la tension d'essai, conformément à 7.1.2.3.2 et 7.1.2.3.3.

Les distances d'isolement doivent avoir des valeurs au moins aussi élevées que celles du tableau 14, cas B – champ homogène.

Aucun essai n'est exigé si les distances d'isolement correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs et au degré de pollution sont supérieures aux valeurs figurant au tableau 14 pour le cas A – champ non homogène.

La méthode de mesure des distances d'isolement est donnée à l'annexe F.

7.1.2.3.5 Lignes de fuite

a) Dimensions

Pour les degrés de pollution 1 et 2, les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux distances d'isolement associées, déterminées conformément à 7.1.2.3.4. Pour les degrés de pollution 3 et 4, les lignes de fuite ne doivent pas être inférieures aux distances d'isolement du cas A pour réduire les risques de décharge disruptive occasionnée par des surtensions, même si ces distances d'isolement sont inférieures aux valeurs du cas A, comme le paragraphe 7.1.2.3.4 le permet.

La méthode de mesure des lignes de fuite est donnée à l'annexe F.

Les lignes de fuite doivent correspondre au degré de pollution dans les conditions spécifiées en 6.1.2.3 et au groupe de matériau correspondant à la tension assignée d'isolement ou à la tension locale figurant au tableau 16.

Les groupes de matériaux sont classés comme suit, suivant le domaine de valeurs de l'indice de résistance au cheminement (IRC) (voir 2.9.18):

- Groupe de matériaux I $600 \leq \text{IRC}$
- Groupe de matériaux II $400 \leq \text{IRC} < 600$
- Groupe de matériaux IIIa $175 \leq \text{IRC} < 400$
- Groupe de matériaux IIIb $100 \leq \text{IRC} < 175$

NOTE 1 Les valeurs de l'IRC se réfèrent aux valeurs obtenues suivant la méthode A de la CEI 60112, pour le matériau isolant utilisé.

NOTE 2 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 plus grandes que leur distance d'isolement associée; il convient toutefois de tenir compte du risque d'amorçage.

b) Emploi de nervures

Une ligne de fuite peut être réduite à 0,8 fois la valeur appropriée du tableau 16 en utilisant des nervures de 2 mm de hauteur minimale, quel que soit le nombre de nervures. La largeur minimale de la base de la nervure est déterminée par des conditions mécaniques (voir article F.2).

c) Applications spéciales

Les circuits prévus pour certaines applications où les graves conséquences d'un défaut d'isolement sont à considérer doivent avoir un ou plusieurs des facteurs d'influence du tableau 16 (distances, matériaux isolants, pollution au micro-environnement) déterminés de manière à obtenir une tension d'isolement plus élevée que la tension assignée d'isolement indiquée conformément au tableau 16.

7.1.2.3.6 Espacements entre circuits distincts

Pour fixer les dimensions des distances d'isolement, des lignes de fuite et de l'isolation solide entre des circuits distincts, il faut utiliser les tensions les plus élevées (tension assignée de tenue aux chocs pour les distances d'isolement et l'isolation solide associée, et tension assignée d'isolement pour les lignes de fuite).

7.1.3 Bornes pour conducteurs extérieurs

7.1.3.1 Le constructeur 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 extérieurs 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 permanence.

7.1.3.2 En l'absence d'accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur, les bornes doivent être susceptibles de recevoir des conducteurs et des câbles de 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, les bornes prévues pour les conducteurs à âme massive ou à âme câblée ayant les dimensions maximales figurant dans le tableau A.1 conviennent habituellement. Dans les circonstances où l'emploi d'un conducteur en aluminium de la taille maximale empêche d'utiliser la totalité du courant assigné au circuit, des moyens de raccordement pour un conducteur en aluminium de la taille immédiatement supérieure devront être fournis après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Dans le cas où des conducteurs extérieurs 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 (voir note 2 du tableau A.1).

7.1.3.3 L'espace disponible pour le branchement doit permettre le raccordement correct des conducteurs extérieurs du matériau indiqué et l'épanouissement des câbles à âmes multiples.

Les conducteurs ne doivent pas être soumis à des contraintes qui réduisent leur durée de vie normale.

NOTE Aux Etats-Unis, les règles nationales définissent des prescriptions d'espace minimal pour la courbure des conducteurs pour le raccordement correct des conducteurs extérieurs.

7.1.3.4 Sauf accord contraire entre le constructeur et l'utilisateur, dans le cas de circuits triphasés et avec neutre, les bornes de raccordement du conducteur neutre doivent permettre le raccordement de conducteurs en cuivre ayant un courant admissible

- égal à la moitié du courant admissible du conducteur de phase, avec un minimum de 10 mm², si la dimension du conducteur de phase dépasse 10 mm²;

- égal au courant admissible total du conducteur de phase, si la dimension de ce dernier est égale ou inférieure à 10 mm².

NOTE 1 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 2 Pour certaines applications dans lesquelles le courant dans le conducteur neutre peut atteindre des valeurs élevées, par exemple des installations importantes d'éclairage fluorescent, un conducteur neutre ayant le même courant admissible que les conducteurs de phase peut être nécessaire, selon accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur.

7.1.3.5 Si des possibilités de raccordement des conducteurs neutres, des conducteurs de protection et des conducteurs PEN d'entrée et de sortie sont prévues, elles doivent être placées dans le voisinage des bornes des conducteurs de phase associés.

7.1.3.6 Les ouvertures dans les entrées de câbles, les plaques de fermeture, etc., doivent être conçues de telle sorte que, quand les câbles sont installés convenablement, les mesures indiquées de protection contre les contacts et le degré de protection soient obtenues. Cela implique le choix de dispositifs d'entrée de câbles adaptés à l'utilisation prévue par le constructeur.

7.1.3.7 Identification des bornes de raccordement

Il est préconisé que l'identification des bornes de raccordement soit conforme à la CEI 60445.

7.1.4 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties des matériaux isolants qui sont susceptibles d'être exposées à des contraintes thermiques résultant d'effets électriques, et dont la détérioration pourrait altérer la sécurité de l'ENSEMBLE, ne doivent pas être affectées défavorablement par la chaleur anormale et par le feu.

L'aptitude des matériaux utilisés doit être vérifiée par les essais décrits dans la CEI 60695-2-10 et la CEI 60695-2-11.

Les parties des matériaux isolants nécessaires pour maintenir en position les pièces sous tension doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent de 8.2.9 à une température d'essai égale à 960 °C.

Les parties des matériaux isolants autres que celles mentionnées dans le paragraphe précédent, y compris les parties nécessaires pour maintenir le conducteur de protection, doivent satisfaire aux exigences de l'essai au fil incandescent de 8.2.9 à une température d'essai égale à 650 °C.

Cette prescription ne s'applique pas aux parties ou composants qui ont été essayés au préalable selon la présente norme ou selon leur propre norme de produit.

Pour les petites parties (ayant des dimensions de surface n'excédant pas 14 mm × 14 mm), un autre essai peut être choisi (par exemple l'essai au brûleur-aiguille selon la CEI 60695-2-2). 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.

7.2 Enveloppe et degré de protection

7.2.1 Degré de protection

7.2.1.1 Le degré de protection fourni par un ENSEMBLE contre les contacts avec des parties actives, contre la pénétration de corps étrangers solides et liquides est indiqué par la désignation IP.... conformément à la CEI 60529.

Pour des ENSEMBLES destinés à être utilisés à l'intérieur et pour lesquels aucune protection contre la pénétration d'eau n'est requise, les références IP suivantes sont recommandées:

IP00, IP2X, IP3X, IP4X, IP5X.

7.2.1.2 Le degré de protection d'un ENSEMBLE ou de la face avant pour un ENSEMBLE ouvert à protection frontale sous enveloppe doit être au moins égal à IP2X, après installation conformément aux instructions du constructeur.

7.2.1.3 Dans le cas des ENSEMBLES pour emploi à l'extérieur n'ayant pas de protection supplémentaire, le second chiffre caractéristique doit être au moins égal à 3.

NOTE Pour l'installation à l'extérieur, la protection supplémentaire peut être un toit ou une protection analogue.

7.2.1.4 Sauf spécification contraire, le degré de protection indiqué par le constructeur s'applique à l'ENSEMBLE complet lorsqu'il est installé conformément aux instructions du constructeur (voir aussi 7.1.3.6), par exemple avec obturation de la surface de montage laissée ouverte d'un ENSEMBLE, si nécessaire.

Le constructeur doit aussi déclarer le ou les degrés de protection contre les contacts directs, contre la pénétration de corps étrangers solides et liquides dans les conditions nécessitant l'accessibilité des parties internes de l'ENSEMBLE en service à du personnel autorisé (voir 7.4.6). Pour les ENSEMBLES avec parties amovibles et/ou débrochables, voir 7.6.4.3.

7.2.1.5 Si le degré de protection d'une partie de l'ENSEMBLE, par exemple de la face de service, diffère de celui de la partie principale, le constructeur doit indiquer séparément le degré de protection de cette partie. Exemple: IP00 – face de service IP20.

7.2.1.6 Pour les EDS, on ne peut pas donner de codes IP sauf si les vérifications appropriées peuvent être effectuées conformément à la CEI 60529 ou si l'on utilise des enveloppes préfabriquées essayées au préalable.

7.2.2 Mesures à prendre pour tenir compte de l'humidité atmosphérique

Dans le cas d'un ENSEMBLE pour installation à l'extérieur et dans le cas d'un ENSEMBLE sous enveloppe pour installation à l'intérieur en des lieux où règnent une humidité élevée et des températures variant dans de grandes limites, 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. Cependant, le degré de protection spécifié doit être maintenu en même temps (pour les appareils incorporés, voir 7.6.2.4).

7.3 Echauffement

Les limites d'échauffement données au tableau 2 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 8.2.1.

NOTE L'échauffement d'un élément ou d'une pièce est la différence entre la température de cet élément ou de cette pièce mesurée conformément à 8.2.1.5 et la température de l'air ambiant à l'extérieur de l'ENSEMBLE.

Tableau 2 – Limites d'échauffement

Parties de l'ENSEMBLE	Echauffement K
Constituants incorporés ¹⁾	Conforme aux prescriptions correspondantes pour les constituants eux-mêmes ou, à défaut, aux instructions du constructeur ⁶⁾ , en tenant compte de la température à l'intérieur de l'ENSEMBLE.
Bornes pour conducteurs extérieurs	70 ²⁾
Jeux de barres et conducteurs, contacts embrochables des parties amovibles ou débrochables se raccordant aux jeux de barres	Limité par: – la résistance mécanique du matériau conducteur ⁷⁾; – l'influence éventuelle du matériau voisin; – la limite de température admissible des matériaux isolants en contact avec le conducteur; – l'influence de la température du conducteur sur les appareils qui lui sont raccordés; – pour les contacts embrochables, par la nature et le traitement de surface du matériau du contact.
Organes manuels de commande: – en métal – en matériau isolant	15 ³⁾ 25 ³⁾
Enveloppes et panneaux extérieurs accessibles: – surfaces métalliques – surfaces isolantes	30 ⁴⁾ 40 ⁴⁾
Dispositions particulières de raccordement du type à prise et à fiche	Déterminé par la limite de température des éléments des matériels dont ils font partie ⁵⁾
1) Le terme «constituants incorporés» signifie: – l'appareillage conventionnel; – les sous-ensembles électroniques (par exemple pont redresseur, circuit imprimé); – les parties de l'équipement (par exemple régulateur, alimentation de puissance stabilisée, amplificateur opérationnel). 2) La limite d'échauffement de 70 K est une valeur basée sur l'essai conventionnel de 8.2.1. Un ENSEMBLE utilisé ou essayé dans les conditions d'installation peut avoir des raccordements dont le type, la nature et la disposition ne seront pas les mêmes que ceux adoptés pour l'essai, et un échauffement différent des bornes peut en résulter et être demandé ou accepté. Lorsque les bornes du constituant incorporé sont aussi les bornes de conducteurs isolés extérieurs, la plus basse des limites d'échauffement correspondante doit être appliquée. 3) Pour les organes manuels de commande à l'intérieur des ENSEMBLES qui ne sont accessibles qu'après ouverture de l'ENSEMBLE, par exemple poignées de débrochage qui ne sont pas utilisées fréquemment, on peut admettre que les limites d'échauffement soient augmentées de 25 K. 4) Sauf spécification contraire, dans le cas de panneaux et d'enveloppes qui sont accessibles mais qui n'ont pas besoin d'être touchés en service normal, on peut admettre que les limites d'échauffement soient augmentées de 10 K. 5) Cela permet un certain degré de souplesse vis-à-vis du matériel (par exemple dispositifs électroniques) ayant des limites d'échauffement différentes de celles qui sont normalement attribuées à l'appareillage. 6) Pour les essais d'échauffement selon 8.2.1, les limites d'échauffement doivent être spécifiées par le constructeur de l'ENSEMBLE. 7) En admettant que tous les autres critères listés sont satisfaits, l'échauffement maximal pour les jeux de barres et conducteurs en cuivre ne doit pas dépasser 105 K. L'échauffement de 105 K est lié à la température au-dessus de laquelle un recuit du cuivre est susceptible de se produire.	

7.4 Protection contre les chocs électriques

Les prescriptions suivantes sont destinées à assurer que les mesures de protection requises soient assurées après insertion d'un ENSEMBLE dans une installation conforme à sa spécification.

Les mesures de protection généralement acceptées se trouvent dans la CEI 60364-4-41.

Les mesures de protection particulièrement importantes pour un ENSEMBLE sont reproduites ci-après en détail et tiennent compte des besoins spécifiques aux ENSEMBLES.

7.4.1 Protection contre les contacts directs et indirects

7.4.1.1 Protection par très basse tension de sécurité

(Voir l'article 411.1 de la CEI 60364-4-41.)

7.4.2 Protection contre les contacts directs (voir 2.6.8)

La protection contre les contacts directs peut être obtenue soit par la construction même de l'ENSEMBLE, soit par des dispositions complémentaires à prendre lors de son installation; cela peut exiger que le constructeur fournisse des indications.

Un exemple de mesures complémentaires à prendre est l'installation d'un ENSEMBLE ouvert dans un emplacement dont l'accès est seulement réservé au personnel autorisé.

Une ou plusieurs des mesures de protection définies ci-dessous peuvent être choisies, en tenant compte des prescriptions spécifiées aux paragraphes suivants. Le choix des mesures de protection doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE Les renseignements donnés dans les catalogues du constructeur peuvent tenir lieu d'un tel accord.

7.4.2.1 Protection par isolation des parties actives

Les parties actives 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 Exemples: câbles, composants électriques enrobés dans l'isolant.

Les peintures, vernis, laques et produits analogues ne sont, en général, pas considérés comme assurant une isolation suffisante pour la protection contre les chocs électriques en service normal.

7.4.2.2 Protection au moyen d'écrans ou d'enveloppes

Les prescriptions suivantes doivent être respectées.

7.4.2.2.1 Toutes les surfaces extérieures doivent présenter un degré de protection contre les contacts directs au moins égal à IP2X ou IPXXB. La distance entre les dispositifs mécaniques prévus pour la protection et les parties actives qu'ils protègent ne doit pas être inférieure aux valeurs spécifiées pour les distances d'isolement et les lignes de fuite en 7.1.2, à moins que ces dispositifs mécaniques ne soient en matériau isolant.

7.4.2.2.2 Tous les écrans et enveloppes doivent être fixés de façon sûre. Compte tenu de leur nature, de leurs dimensions et de leur disposition, ils doivent être d'une robustesse et d'une durabilité suffisantes pour résister aux efforts et contraintes susceptibles de se présenter en service normal, sans réduire les distances d'isolement conformément à 7.4.2.2.1.

7.4.2.2.3 Lorsqu'il est nécessaire de retirer les écrans, d'ouvrir des enveloppes ou d'enlever des parties d'enveloppe (portes, boîtiers, couvercles, etc.), une des conditions suivantes doit être remplie.

- a) Le retrait, l'ouverture ou l'enlèvement doit nécessiter l'emploi d'une clef ou d'un outil.
- b) Toutes les parties actives qui peuvent être touchées inopinément après l'ouverture de la porte doivent être sectionnées avant que la porte puisse être ouverte. Dans les schémas TN-C, le conducteur PEN ne doit être sectionné ni coupé. Dans les schémas TN-S, le conducteur neutre peut ne pas être sectionné ni coupé (voir CEI 60364-4-46).

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 par déblocage du verrouillage ou à l'aide d'un outil.

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, le verrouillage doit être rétabli automatiquement lors de la refermeture de la ou des portes.

- c) L'ENSEMBLE doit comporter un obstacle intérieur ou un volet protégeant toutes les parties actives de telle sorte qu'elles ne puissent pas être touchées inopinément quand la porte est ouverte. Cet obstacle ou ce volet doit remplir les conditions de 7.4.2.2.1 (pour les exceptions, voir le point d)) et 7.4.2.2.2. Il doit soit être fixé à demeure, soit se mettre de lui-même en place au moment où la porte est ouverte. Il ne doit pas être possible d'enlever cet obstacle ou ce volet sauf à l'aide d'une clef ou d'un outil.

Il peut être nécessaire de prévoir des étiquettes d'avertissement.

- d) Lorsque des parties installées derrière une barrière ou à l'intérieur d'une enveloppe doivent être tenues à la main occasionnellement pour certaines opérations (telles que le remplacement d'une lampe ou d'un élément de remplacement d'un coupe-circuit à fusibles), l'enlèvement, l'ouverture ou le déblocage sans l'aide d'une clef ou d'un outil et sans mise hors tension préalable ne doit être possible que si les conditions suivantes sont remplies (voir 7.4.6):

- un obstacle doit être prévu derrière la barrière ou à l'intérieur de l'enveloppe afin d'empêcher les personnes de toucher inopinément des parties actives qui ne sont pas protégées par une autre mesure de protection. Il n'est cependant pas exigé que cet obstacle empêche un contact qui pourrait résulter d'une tentative de contournement intentionnel de l'obstacle par la main. L'obstacle ne doit pouvoir être enlevé qu'à l'aide d'une clef ou d'un outil;
- les parties actives dont la tension répond aux conditions de la très basse tension de sécurité n'ont pas besoin d'être protégées.

7.4.2.3 Protection au moyen d'obstacles

Cette mesure s'applique aux ENSEMBLES ouverts, voir l'article 412.3 de la CEI 60364-4-41.

7.4.3 Protection contre les contacts indirects (voir 2.6.9)

L'utilisateur doit indiquer la mesure de protection qui est appliquée à l'installation pour laquelle l'ENSEMBLE est prévu. En particulier, l'attention est attirée sur la CEI 60364-4-41 dans laquelle des prescriptions concernant la protection contre les contacts indirects sont données pour l'installation complète, par exemple par l'utilisation de conducteurs de protection.

7.4.3.1 Protection par utilisation de circuits de protection

Dans un ENSEMBLE, un circuit de protection est constitué soit d'un conducteur de protection séparé, soit des parties conductrices de la structure, ou des deux. Il assure:

- la protection contre les conséquences de défauts à l'intérieur de l'ENSEMBLE;
- la protection contre les conséquences de défauts dans les circuits extérieurs alimentés par l'intermédiaire de l'ENSEMBLE.

Les prescriptions à satisfaire sont données dans les paragraphes suivants.

7.4.3.1.1 Des dispositions constructives doivent être prises pour assurer la continuité électrique entre les masses de l'ENSEMBLE (voir 7.4.3.1.5), et entre ces masses et les circuits de protection de l'installation (voir 7.4.3.1.6).

Pour les EDS, à moins qu'un dispositif essayé conformément à un essai de type ne soit utilisé, ou qu'une vérification de la tenue aux courts-circuits ne soit pas nécessaire, conformément aux paragraphes 8.2.3.1.1 à 8.2.3.1.3, un conducteur de protection distinct doit être utilisé pour le circuit de protection; ce conducteur sera disposé par rapport aux jeux de barres de façon telle que les effets des forces électromagnétiques soient négligeables.

7.4.3.1.2 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 taille (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 aux circuits 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 (sauf s'ils sont munis d'une borne de raccordement ou d'un conducteur de protection), certaines pièces de déclencheurs, etc., quelles que soient leurs dimensions.

7.4.3.1.3 Les organes manuels de commande (poignées, volants, etc.) doivent être

- soit connectés électriquement d'une façon sûre et permanente avec les parties réunies aux circuits de protection,
- soit munis d'une isolation supplémentaire qui les isole des autres parties conductrices de l'ENSEMBLE. Cette isolation doit avoir une valeur assignée au moins égale à la tension maximale d'isolement assigné de l'appareil associé.

Il est préférable que les parties des organes manuels de commande qui sont normalement saisies par la main pendant leur usage soient faites ou recouvertes du matériau isolant prévu pour la tension maximale d'isolement assignée de l'équipement.

7.4.3.1.4 Les pièces métalliques recouvertes d'une couche de vernis ou d'émail ne peuvent généralement pas être considérées comme étant suffisamment isolées pour répondre à ces prescriptions.

7.4.3.1.5 La continuité des circuits de protection doit être assurée par des interconnexions effectives, soit directement, soit au moyen de conducteurs de protection.

- a) Quand une partie de l'ENSEMBLE est retirée de l'enveloppe, par exemple pour la maintenance normale, les circuits de protection 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 une bonne conductivité en permanence et une valeur de courant admissible suffisante pour supporter le courant de défaut à la terre qui peut s'écouler dans l'ENSEMBLE.

NOTE On n'utilisera pas de conduits métalliques souples comme conducteurs de protection.

- b) Quand les parties amovibles ou débrochables comportent des surfaces portantes métalliques, ces surfaces sont considérées comme suffisantes pour assurer la continuité des circuits de protection à condition que la pression exercée sur elles soit suffisamment élevée. Il peut être nécessaire de prendre des précautions pour garantir en permanence une bonne conductivité. Dans le cas d'une partie débrochable, la continuité des circuits de protection doit demeurer effective de la position raccordée jusqu'à et y compris la position de sectionnement.

- c) Pour les couvercles, portes, plaques de fermeture et autres pièces analogues, les connexions métalliques à vis et boulonnées utilisées couramment (charnières métalliques) sont considérées comme suffisantes pour assurer la continuité à condition qu'aucun matériel électrique n'y soit fixé.

Si des appareils ayant une tension dépassant les limites de la très basse tension sont fixés à des couvercles, portes, plaques de fermeture, etc., des mesures doivent être prises pour assurer la continuité des circuits de protection. Il est recommandé que ces pièces soient pourvues d'un conducteur de protection (PE) dont la section est conforme au tableau 3A et dépend du courant assigné d'emploi I_e le plus élevé de l'appareil. Une connexion électrique équivalente spécialement conçue dans ce but (contact glissant, charnières protégées contre la corrosion) doit aussi être considérée comme suffisante.

- d) Toutes les parties du circuit de protection à l'intérieur de l'ENSEMBLE doivent être conçues de telle sorte qu'elles soient capables de supporter les contraintes thermiques et dynamiques les plus élevées pouvant se produire au lieu d'installation de l'ENSEMBLE.
- e) Lorsque l'enveloppe d'un ENSEMBLE est utilisée comme partie d'un circuit de protection, la section de cette enveloppe doit être au moins électriquement équivalente à la section minimale spécifiée en 7.4.3.1.7.
- f) 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.
- g) En principe, à l'exception des cas mentionnés au point f), les circuits de protection à l'intérieur d'un ENSEMBLE ne doivent pas comprendre de dispositif de sectionnement (interrupteur, sectionneur, etc.). Les seuls moyens autorisés dans les circuits des conducteurs de protection doivent être des barrettes qui peuvent être enlevées à l'aide d'un outil et qui ne sont accessibles qu'au personnel autorisé (de telles barrettes peuvent être nécessaires pour certains essais).

7.4.3.1.6 Les bornes pour le raccordement des conducteurs de protection extérieurs et des armatures de câbles métalliques 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. Dans le cas d'enveloppes et de conducteurs en aluminium ou en alliage d'aluminium, il faut prêter une attention spéciale au danger de corrosion électrolytique. Dans le cas d'ENSEMBLES possédant des structures conductrices, des enveloppes, etc., il faut prévoir des moyens pour assurer la continuité électrique entre les masses (le circuit de protection) de l'ENSEMBLE et la gaine métallique des câbles de connexion (conduit d'acier, gaine de plomb, etc.). Les moyens de connexion prévus pour assurer la continuité des masses avec les conducteurs de protection extérieurs ne doivent avoir aucune autre fonction.

NOTE Des précautions spéciales peuvent être nécessaires quand 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.

7.4.3.1.7 La section des conducteurs de protection (PE, PEN) dans un ENSEMBLE vers lequel des conducteurs extérieurs doivent être raccordés doit être déterminée par l'une des méthodes suivantes.

- a) La section des conducteurs de protection (PE, PEN) ne doit pas être inférieure à la valeur appropriée indiquée au tableau 3.

Si l'application de ce tableau conduit à des dimensions non normalisées, les conducteurs de protection (PE, PEN) de la section normalisée supérieure la plus proche sont à utiliser.

Tableau 3 – Section des conducteurs de protection (PE et PEN)

Section des conducteurs de phase S mm ²	Section minimale du conducteur de protection (PE, PEN) correspondant S_p mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

Les valeurs du tableau 3 ne sont valables que si le conducteur de protection (PE, PEN) est fait du même métal que celui des conducteurs de phase. Si cela n'est pas le cas, la section du conducteur de protection (PE, PEN) doit être déterminée de manière à offrir une conductance équivalente à celle qui résulte de l'application du tableau 3.

Pour les conducteurs PEN, les prescriptions complémentaires suivantes doivent s'appliquer:

- la section minimale doit être de 10 mm² Cu ou 16 mm² Al;
- il n'est pas nécessaire que les conducteurs PEN soient isolés dans l'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;
- le tableau 3 présume que les valeurs des courants de conducteur neutre n'excèdent pas de 30 % les valeurs des courants des conducteurs de phase.

- 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 constructeur et l'utilisateur.

b) La section du conducteur de protection (PE, PEN) doit être calculée à l'aide de la formule indiquée à l'annexe B ou obtenue par quelque autre méthode, par exemple par un essai.

Pour déterminer la section des conducteurs de protection (PE, PEN), les conditions suivantes doivent être remplies simultanément:

- 1) quand on effectue l'essai spécifié en 8.2.4.2, la valeur de l'impédance de la boucle de défaut doit remplir les conditions requises pour le fonctionnement du dispositif de protection;
- 2) les conditions de fonctionnement du dispositif de protection électrique doivent être choisies de manière à éliminer la possibilité pour le courant de défaut dans le conducteur de protection (PE, PEN) de provoquer un échauffement tendant à endommager ce conducteur ou à nuire à sa continuité électrique.

7.4.3.1.8 Dans le cas d'un ENSEMBLE contenant des pièces de structure, 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 (pour les exceptions, voir 7.4.3.1.9).

7.4.3.1.9 Les conducteurs reliés à certains dispositifs de protection – y compris les conducteurs reliant ces dispositifs à une prise de terre séparée – doivent être isolés soigneusement. 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.

NOTE L'attention est attirée sur les précautions spéciales à prendre en appliquant les prescriptions relatives à de tels dispositifs.

7.4.3.1.10 Les masses qui ne peuvent être raccordées au circuit de protection par les moyens de fixation de l'appareil doivent être raccordées au circuit de protection de l'ENSEMBLE pour équipotentialité de protection par un conducteur dont la section est choisie conformément au tableau 3A.

Tableau 3A – Section du conducteur d'équipotentialité en cuivre

Courant assigné d'emploi I_e A	Section minimale du conducteur d'équipotentialité mm ²
$I_e \leq 20$	S*
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
* S = section du conducteur de phase (mm ²).	

7.4.3.2 Protection par des mesures autres que l'utilisation des circuits de protection

Les ENSEMBLES peuvent fournir une protection contre les contacts indirects au moyen des mesures suivantes qui ne nécessitent pas de circuit de protection:

- séparation électrique des circuits;
- isolation totale.

7.4.3.2.1 Séparation électrique des circuits

(Voir l'article 413.5 de la CEI 60364-4-41.)

7.4.3.2.2 Protection par isolation totale*

Pour assurer, par isolation totale, la protection contre les contacts indirects, les prescriptions suivantes doivent être observées.

- a) Les appareils doivent être complètement enveloppés dans un matériau isolant. L'enveloppe doit porter le symbole  qui doit rester visible de l'extérieur.
- b) L'enveloppe doit être faite en matériau isolant capable de résister aux contraintes mécaniques, électriques et thermiques auxquelles elle est susceptible d'être soumise dans les conditions d'emploi normales ou spéciales (voir 6.1 et 6.2) et doit être résistante au vieillissement et au feu.
- c) 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 pièces 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, le cas échéant, 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'une matière isolante), il doit être pourvu d'une isolation conçue pour la tension assignée d'isolement maximale et, le cas échéant, 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 sous tension, pour la tension assignée d'isolement maximale et, le cas échéant, pour la tension assignée maximale de tenue aux chocs de tous les circuits de l'ENSEMBLE.

- d) 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 IP2XC*.

Si un conducteur de protection, prolongé de manière à atteindre l'équipement électrique connecté 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 extérieurs 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.

* Selon 413.2.1.1 de la CEI 60364-4-41, cette protection est équivalente au matériel de la classe II.

* Voir la CEI 60529.

- e) 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.
- f) 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 un obstacle 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, cet obstacle ne doit pas pouvoir être enlevé sans l'aide d'un outil.

7.4.4 Suppression des charges électriques

Si l'ENSEMBLE contient des matériels qui peuvent conserver des charges électriques dangereuses 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 de 120 V en courant continu, moins de 5 s après débranchement de l'alimentation.

7.4.5 Passages de service et d'entretien à l'intérieur des ENSEMBLES (voir 2.7.1 et 2.7.2)

Les passages de service et d'entretien à l'intérieur d'un ENSEMBLE doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 60364-4-481.

NOTE Les espaces à l'intérieur des ENSEMBLES d'une profondeur limitée à environ 1 m ne sont pas considérés comme étant des passages.

7.4.6 Prescriptions relatives à l'accessibilité en service par du personnel autorisé

L'accessibilité en service par du personnel autorisé, suivant accord entre le constructeur et l'utilisateur, est soumise à une ou plusieurs des prescriptions suivantes selon un accord à réaliser entre le constructeur et l'utilisateur. Ces prescriptions doivent s'ajouter aux mesures de protection spécifiées en 7.4.

NOTE Cette exigence implique que les prescriptions ayant fait l'objet d'un accord s'appliquent quand une personne autorisée peut accéder à l'ENSEMBLE, par exemple à l'aide d'outils ou par neutralisation d'un verrouillage (voir 7.4.2.2.3), lorsque l'ENSEMBLE ou une partie de celui-ci est sous tension.

7.4.6.1 Prescriptions relatives à l'accessibilité en vue d'une inspection ou d'opérations analogues

L'ENSEMBLE doit être conçu et disposé de telle sorte que certaines opérations, soumises à un accord entre le constructeur et l'utilisateur, puissent être effectuées quand l'ENSEMBLE est en service et sous tension.

De telles opérations peuvent être:

- l'inspection visuelle
 - 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 appareils 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.

7.4.6.2 Prescriptions relatives à l'accessibilité en vue de la maintenance

Pour permettre la maintenance, prévue par un accord entre le constructeur et l'utilisateur, d'une unité ou d'un groupe fonctionnel sectionné de l'ENSEMBLE, alors que des unités ou groupes fonctionnels adjacents sont maintenus sous tension, il est nécessaire d'adopter certaines mesures. Le choix de ces mesures, qui fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, dépend de facteurs tels que les conditions de service, la fréquence d'entretien, la compétence du personnel autorisé, les règles locales d'installation, etc. De telles mesures comprennent le choix d'une forme appropriée de séparation (voir 7.7) et peuvent également être:

- 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 conçues et disposées pour protéger contre tout contact direct avec les équipements dans les unités ou groupes fonctionnels adjacents;
- l'utilisation de compartiments pour chaque unité ou groupe fonctionnel;
- l'insertion de moyens supplémentaires de protection fournis ou spécifiés par le constructeur.

7.4.6.3 Prescriptions relatives à l'accessibilité en vue d'une extension sous tension

Lorsqu'il est prescrit de rendre possible une extension future de l'ENSEMBLE par des unités ou des groupes fonctionnels supplémentaires alors que le reste de l'ENSEMBLE est maintenu sous tension, on applique, sous réserve d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur, les prescriptions spécifiées en 7.4.6.2. On applique également ces prescriptions lors de l'insertion et du raccordement à l'ENSEMBLE de sorties supplémentaires lorsque les câbles, déjà en place, sont sous tension.

L'extension des jeux de barres et le raccordement d'unités supplémentaires à leur alimentation d'entrée ne doit pas être effectué sous tension, sauf si la conception de l'ENSEMBLE le permet.

7.5 Protection contre les courts-circuits et tenue aux courts-circuits

NOTE Pour le moment, ce paragraphe s'applique essentiellement au matériel pour courant alternatif; les prescriptions relatives au matériel pour courant continu sont à l'étude.

7.5.1 Généralités

Les ENSEMBLES doivent être construits de manière à résister aux contraintes thermiques et dynamiques résultant de courants de court-circuit ne dépassant pas les valeurs assignées.

NOTE Les contraintes de court-circuit peuvent être réduites par l'utilisation de dispositifs limiteurs de courant (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 Pour les ENSEMBLES conçus pour être utilisés dans les systèmes IT*, il convient que le dispositif de protection contre les courts-circuits ait un pouvoir de coupure suffisant sur chaque pôle à la tension composée pour éliminer un double défaut à la terre.

Lorsque l'utilisateur commande un ENSEMBLE, il doit spécifier les conditions de court-circuit au lieu d'installation.

NOTE Il est souhaitable que le plus haut degré possible de protection pour le personnel soit fourni en cas de défaut amenant la formation d'un arc à l'intérieur d'un ENSEMBLE, bien que l'objectif primordial consiste à éviter de tels arcs par une conception appropriée ou de limiter leur durée.

Pour les EDS, il est recommandé d'utiliser des dispositifs essayés conformément à un essai de type, par exemple jeux de barres, à moins que les exceptions de 8.2.3.1.1 à 8.2.3.1.3 ne s'appliquent. Dans des cas exceptionnels, où l'utilisation de dispositifs essayés conformément à un essai de type n'est pas possible, la tenue aux courts-circuits de ces parties (voir 8.2.3.2.6) doit être vérifiée par extrapolation à partir de dispositifs essayés conformément à des essais de type similaires (voir la CEI 60865 et la CEI 61117).

7.5.2 Indications concernant la tenue aux courts-circuits

7.5.2.1 Lorsqu'un ENSEMBLE comporte une seule unité d'arrivée, le constructeur doit définir la tenue aux courts-circuits comme suit.

7.5.2.1.1 Pour les ENSEMBLES où un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) est incorporé à l'unité d'arrivée, le constructeur doit indiquer la valeur maximale permise du courant de court-circuit présumé aux bornes de l'unité d'arrivée. Cette valeur ne doit pas être supérieure à la ou aux caractéristiques assignées (voir 4.3, 4.4, 4.5 et 4.6). Le facteur de puissance et les valeurs de crête correspondants doivent être ceux qui sont indiqués en 7.5.3.

Si le dispositif de protection contre les courts-circuits est un coupe-circuit à fusible ou un disjoncteur limiteur de courant, le constructeur doit indiquer les caractéristiques du DPCC (valeur du courant assigné, pouvoir de coupure, courant coupé limité, I^2t , etc.).

Si l'on utilise un disjoncteur à déclenchement temporisé, le constructeur doit spécifier la temporisation maximale et le réglage correspondant au courant de court-circuit présumé indiqué.

7.5.2.1.2 Pour les ENSEMBLES dont le dispositif de protection contre les courts-circuits n'est pas incorporé à l'unité d'arrivée, le constructeur doit indiquer la tenue aux courts-circuits d'une ou plusieurs des manières suivantes:

- a) courant assigné de courte durée admissible ainsi que la durée correspondante, si elle diffère de 1 s (voir 4.3) et courant assigné de crête admissible (voir 4.4);

NOTE Pour les durées n'excédant pas 3 s, la relation entre le courant assigné de courte durée admissible 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.

- b) courant assigné de court-circuit conditionnel (voir 4.5);

Pour le point b), le constructeur doit indiquer les caractéristiques (valeur de courant assigné, pouvoir de coupure, courant limité, I^2t , etc.) des dispositifs de protection nécessaires à la protection de l'ENSEMBLE.

NOTE Quand le remplacement des éléments fusibles des coupe-circuit à fusibles est nécessaire, on suppose que des éléments de mêmes caractéristiques sont utilisés.

* Voir CEI 60364-3.

7.5.2.2 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 7.5.2.1.

7.5.2.3 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 machines tournantes de grande puissance, de nature à alimenter le court-circuit, un accord spécial doit 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.

7.5.3 Relation entre le courant de crête et le courant de court-circuit

Pour déterminer les contraintes électrodynamiques, la valeur du courant de crête doit être obtenue en multipliant le courant de court-circuit par le facteur n . Les valeurs normalisées du facteur n et le facteur de puissance correspondant sont données au tableau 4.

Tableau 4 – Valeurs normalisées du facteur n

Valeur efficace du courant de court-circuit 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

NOTE Les valeurs de ce tableau correspondent à la majorité des applications. Dans des endroits spéciaux, par exemple à proximité de transformateurs ou de générateurs, le facteur de puissance pourra atteindre des valeurs plus faibles: la valeur de crête du courant présumé maximal deviendra donc la valeur limite au lieu de la valeur efficace du courant de court-circuit.

7.5.4 Coordination des dispositifs de protection contre les courts-circuits

7.5.4.1 La coordination des dispositifs de protection doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. Les indications données dans le catalogue du constructeur peuvent tenir lieu d'un tel accord.

7.5.4.2 Si les conditions de service exigent une continuité maximale d'alimentation, les réglages ou le choix des dispositifs de protection contre les courts-circuits à l'intérieur de l'ENSEMBLE seront, 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.

7.5.5 Circuits à l'intérieur d'un ENSEMBLE

7.5.5.1 Circuits principaux

7.5.5.1.1 Les jeux de barres (nus ou isolés) doivent être disposés de telle sorte qu'un court-circuit interne ne soit pas à craindre dans les conditions normales de service. Sauf spécification contraire, ils doivent être dimensionnés conformément aux renseignements concernant la tenue aux courts-circuits (voir 7.5.2) et conçus pour résister au moins aux contraintes de court-circuit limitées par le ou les dispositifs de protection situés en amont des jeux de barres.

7.5.5.1.2 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'un court-circuit interne entre phases et/ou entre phase et terre n'ait que peu de risque de se produire dans des conditions normales de service (voir 7.5.5.3). De tels conducteurs sont de préférence rigides à âme massive.

7.5.5.2 Circuits auxiliaires

L'étude 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 accessible ne provoquera 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. Dans un cas semblable, les conducteurs des circuits auxiliaires doivent être disposés d'une manière telle que des courts-circuits ne soient pas à redouter dans les conditions normales de service (voir 7.5.5.3).

7.5.5.3 Sélection 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 un dispositif contre les courts-circuits (voir 7.5.5.1.2 et 7.5.5.2) doivent être choisis et installés dans tout l'ENSEMBLE de façon telle que, dans les conditions normales de fonctionnement, un court-circuit interne entre phases ou entre phase et terre soit très peu probable. Des exemples de types de conducteurs et de prescriptions d'installation sont donnés au tableau 5.

Tableau 5 – Choix des conducteurs et prescriptions d'installation

Type de conducteur	Prescriptions
Conducteurs nus ou conducteurs à âme unique avec isolation principale, par exemple câbles selon la CEI 60227-3	Le contact mutuel ou le contact avec les parties conductrices doit être évité, par exemple en utilisant des séparateurs.
Conducteurs à âme unique avec isolation principale et une température maximale autorisée pour l'utilisation du conducteur égale à au moins 90 °C, par exemple câbles selon la CEI 60245-3, ou câbles isolés au PVC, résistant à la chaleur selon la CEI 60227-3	Le contact mutuel ou le contact avec les parties conductrices est permis s'il n'y a pas d'application de pression externe. Le contact avec des arêtes vives doit être évité. Il ne doit pas y avoir de risque de dommage mécanique. Ces conducteurs peuvent uniquement être chargés de façon que la température de fonctionnement ne soit pas supérieure à 80 % de la température maximale autorisée pour l'utilisation du conducteur.
Conducteurs à isolation principale, par exemple câbles selon la CEI 60227-3, ayant une isolation secondaire supplémentaire, par exemple câbles recouverts individuellement de manchons rétractables ou posés individuellement dans des conduits en matière plastique	Pas de prescription complémentaire s'il n'y a pas de risque de dommage mécanique.
Conducteurs isolés par un matériau ayant une très grande résistance mécanique, par exemple isolation à l'éthylène tétrafluore éthylène (ETFE), ou conducteurs à double isolation avec gaine extérieure renforcée pour utilisation jusqu'à 3 kV, par exemple câbles selon la CEI 60502	
Câbles sous gaine mono- ou multiconducteurs, par exemple câbles selon la CEI 60245-4 ou selon la CEI 60227-4.	
NOTE Les conducteurs nus ou isolés, installés selon ce tableau et ayant un dispositif de protection contre les courts-circuits relié du côté de la charge peuvent avoir jusqu'à 3 m de longueur.	

7.6 Appareils de connexion et constituants installés dans les ENSEMBLES

7.6.1 Choix des appareils de connexion et des constituants

Les appareils de connexion et les constituants incorporés dans les ENSEMBLES doivent être conformes aux normes correspondantes de la CEI.

Les appareils de connexion et les constituants 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 (tension assignée d'isolement, tension assignée de tenue aux chocs, etc.), 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 constituants 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, il convient de tenir compte des valeurs maximales admissibles spécifiées par le constructeur de l'appareil, en tenant bien compte de la coordination (voir 7.5.4).

La coordination des appareils de connexion et des constituants, 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 un circuit pour lequel le constructeur spécifie une tension assignée de tenue aux chocs, les appareils de connexion et les constituants ne doivent pas créer de surtensions de manoeuvre supérieures à la tension assignée de tenue aux chocs du circuit, et il ne faut pas les soumettre à des surtensions de manoeuvre supérieures à la tension assignée de tenue aux chocs du circuit. Il est recommandé de tenir compte de ce fait lors du choix des appareils de connexion et des constituants pour emploi dans un circuit donné.

Exemple:

Des appareils de connexion et des constituants ayant une tension assignée de tenue aux chocs $U_{imp} = 4\,000\text{ V}$, une tension assignée d'isolement $U_i = 250\text{ V}$ et une surtension de manoeuvre maximale de $1\,200\text{ V}$ (à une tension d'emploi assignée de 230 V) peuvent être utilisés dans les catégories de surtensions I, II, III et même IV si l'on utilise des moyens appropriés de protection contre les surtensions.

NOTE Pour la catégorie de surtension, Voir 2.9.12 et l'annexe G.

7.6.2 Installation

Les appareils de connexion et les constituants doivent être installés conformément aux instructions de leur constructeur (position d'utilisation, distances à observer pour les arcs électriques ou pour le remplacement des chambres d'extinction d'arcs, etc.).

7.6.2.1 Accessibilité

Les appareils et les unités fonctionnelles montés sur le même support (plaque de montage, cadre), ainsi que les bornes pour les conducteurs extérieurs doivent être disposés de manière à être accessibles pour le montage, le câblage, l'entretien et le remplacement. En particulier, il est recommandé que les bornes soient situées au moins à $0,2\text{ m}$ au-dessus de la base des ENSEMBLES montés sur le sol et, de plus, qu'elles soient placées de façon telle que les conducteurs puissent leur être facilement raccordés.

Les dispositifs de réglage et de réarmement qui doivent être manoeuvrés à l'intérieur de l'ENSEMBLE doivent être facilement accessibles.

En général, pour les ENSEMBLES montés sur le sol, les appareils indicateurs qui ont besoin d'être lus par l'opérateur ne seront pas placés à une hauteur supérieure à 2 m au-dessus de la base de l'ENSEMBLE. Les organes de commande tels que poignées, boutons-poussoirs, etc., seront installés à une hauteur telle qu'ils puissent être facilement manoeuvrés: cela signifie qu'en général leur ligne médiane ne devra pas se trouver à une hauteur supérieure à 2 m au-dessus de la base de l'ENSEMBLE.

NOTE 1 Il convient que les organes de commande des dispositifs de coupure d'urgence (voir l'article 537.4 de la CEI 60364-5-537) soient accessibles à l'intérieur d'une zone entre 0,8 m et 1,6 m au-dessus du plancher de service.

NOTE 2 Il est recommandé que les ENSEMBLES fixés aux murs ou montés sur le sol soient installés à une hauteur au-dessus du plancher de service telle que les prescriptions ci-dessus pour l'accessibilité et les hauteurs de commande soient observées.

7.6.2.2 Influences mutuelles

Les appareils de connexion et les constituants doivent être installés et câblés dans l'ENSEMBLE de telle sorte que le bon fonctionnement de l'ENSEMBLE ne soit pas compromis par les influences mutuelles, par exemple: chaleur, arcs, vibrations, 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 les circuits de commande des circuits de puissance.

Dans le cas d'enveloppes destinées à recevoir des coupe-circuit à fusibles, il faut prendre spécialement en considération les effets thermiques (voir 7.3). Le constructeur doit indiquer le type et les valeurs assignées des éléments fusibles à utiliser.

7.6.2.3 Ecrans

Les écrans pour les appareils de connexion à commande manuelle doivent être conçus de telle sorte que les arcs de coupure ne présentent pas de danger pour l'opérateur.

Pour diminuer tout danger lors du remplacement des éléments fusibles, des écrans entre phases doivent être installés, à moins que la structure et l'emplacement des coupe-circuit à fusibles ne rendent cette précaution inutile.

7.6.2.4 Conditions existant sur le lieu de l'installation

Les appareils de connexion et les constituants des ENSEMBLES sont choisis sur la base des conditions normales d'emploi de l'ENSEMBLE définies en 6.1 (voir aussi 7.6.2.2).

Quand cela est nécessaire, des précautions appropriées (chauffage, ventilation) doivent être prises pour que les conditions de service essentielles au bon fonctionnement soient maintenues, c'est-à-dire la température minimale pour un fonctionnement correct des relais, des compteurs, des composants électroniques, etc., selon les spécifications les concernant.

7.6.2.5 Refroidissement

Les ENSEMBLES peuvent être munis soit d'un système de refroidissement naturel, soit d'un système de refroidissement forcé. Si des précautions spéciales sont nécessaires sur le lieu d'installation pour assurer un refroidissement convenable, le constructeur doit fournir les renseignements nécessaires (par exemple indication de la nécessité d'avoir des distances d'isolement entre les pièces susceptibles d'empêcher la dissipation de chaleur ou de produire elles-mêmes de la chaleur).

7.6.3 Parties fixes

Dans le cas de parties fixes (voir 2.2.5), les connexions des circuits principaux (voir 2.1.2) ne peuvent être établies ou coupées que lorsque l'ENSEMBLE est mis hors tension. En général, l'enlèvement et l'installation de parties fixes exigent l'utilisation d'un outil.

Le sectionnement d'une partie fixe peut nécessiter le sectionnement de tout l'ENSEMBLE 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 Si, dans certaines conditions, il est permis de travailler sur les circuits sous tension, il faut prendre les précautions de sécurité qui s'imposent.

7.6.4 Parties amovibles et parties débrochables

7.6.4.1 Construction

Les parties amovibles et les parties débrochables doivent être conçues de telle sorte que leur équipement électrique puisse être sectionné du circuit principal ou connecté à celui-ci en toute sécurité tandis que ce circuit est sous tension. Les parties amovibles et débrochables peuvent être équipées d'un verrouillage d'insertion (voir 2.4.17). Les valeurs minimales des distances d'isolement et des lignes de fuite (voir 7.1.2.1) doivent être respectées dans les différentes positions aussi bien qu'au cours du passage d'une position à une autre.

NOTE 1 Il peut être nécessaire de s'assurer que ces manoeuvres ne sont pas effectuées en charge.

Les parties amovibles doivent avoir une position raccordée (voir 2.2.8) et une position retirée (voir 2.2.11).

Les parties débrochables doivent avoir en outre une position de sectionnement (voir 2.2.10) et peuvent avoir une position d'essai (voir 2.2.9) ou une condition d'essai (voir 2.1.9). Elles doivent être repérées de manière distincte dans ces positions. Ces positions doivent être clairement reconnaissables.

Voir le tableau 6 pour les connexions électriques correspondant aux différentes positions des parties débrochables.

7.6.4.2 Verrouillage et cadenassage des parties débrochables

Sauf spécification contraire, les parties débrochables doivent être munies d'un dispositif assurant que les appareils ne peuvent être retirés et/ou réinsérés que si leur circuit principal a été préalablement ouvert.

Afin d'empêcher toute manoeuvre non autorisée, les parties débrochables peuvent être munies de cadenas ou de serrures pour les immobiliser dans une ou plusieurs de leurs positions (voir 7.1.1).

7.6.4.3 Degré de protection

Le degré de protection (voir 7.2.1) indiqué pour les ENSEMBLES s'applique normalement à la position raccordée (voir 2.2.8) des parties amovibles et/ou débrochables. Le constructeur doit indiquer le degré de protection obtenu dans les autres positions et pendant le passage entre positions différentes.

Les ENSEMBLES ayant des parties débrochables peuvent être conçus de telle sorte que le degré de protection s'appliquant à la position raccordée, soit aussi maintenu dans les positions d'essai et de sectionnement et pendant le passage d'une position à une autre.

Si, après l'enlèvement d'une partie amovible et/ou débrochable, le degré antérieur de protection n'est pas maintenu, un accord doit être conclu au sujet des mesures à prendre pour assurer une protection appropriée. Les renseignements donnés dans le catalogue du constructeur peuvent tenir lieu d'un tel accord.

7.6.4.4 Mode de connexion des circuits auxiliaires

Les circuits auxiliaires peuvent être conçus de telle sorte qu'ils puissent être ouverts avec ou sans l'usage d'outils.

Dans le cas de parties débrochables, la connexion des circuits auxiliaires doit, de préférence, être possible sans utiliser un outil.

7.6.5 Identification

7.6.5.1 Identification des conducteurs des circuits principaux et auxiliaires

A l'exception des cas mentionnés en 7.6.5.2, 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 constructeur et doivent être conformes aux indications des schémas et dessins de câblage. Lorsqu'ils conviennent, les repères d'identification définis dans la CEI 60445 et la CEI 60446 doivent être utilisés.

Tableau 6 – Raccordements électriques correspondant aux positions des parties débrochables

Circuit	Méthode de raccordement	Position			
		Position raccordée (voir 2.2.8)	Conditions position d'essai (voir 2.1.9/2.2.9)	Position de sectionnement (voir 2.2.10)	Position retirée (voir 2.2.11)
Circuit principal d'arrivée	Entrée par prises et fiches ou autres dispositifs de raccordement		┘	○	○
Circuit principal de départ	Sortie par prises et fiches ou autres dispositifs de raccordement		┘ ¹⁾ ou	○ ¹⁾ ou	○
Circuit auxiliaire	Prises et fiches ou autres moyens de raccordement			○	○
Etat des circuits à l'intérieur des parties débrochables		Sous tension	Sous tension Circuits auxiliaires prêts pour les essais de fonctionnement	Hors tension s'il n'y a pas de tension de retour	○
Etat des bornes de sortie des circuits principaux de l'ENSEMBLE		Sous tension	Sous tension ou hors tension 2)	Hors tension s'il n'y a pas de tension de retour	Hors tension s'il n'y a pas de tension de retour
Les prescriptions de 7.4.4 doivent être satisfaites					
La continuité du circuit de terre doit rester conforme au point b) de 7.4.3.1.5 et maintenue jusqu'à ce que la distance de sectionnement soit établie.					
1) Dépend de la conception					
2) Si les bornes peuvent être mises sous tension par une autre source telle qu'une alimentation de secours.					
○ ┘ = raccordé = sectionné = ouvert, mais pas nécessairement sectionné					

7.6.5.2 Identification du conducteur de protection (PE, PEN) et du conducteur neutre (N) des circuits principaux

Le conducteur de protection doit être facile à distinguer par sa forme, son emplacement, son repère ou sa couleur. Si on utilise l'identification par la couleur, celle-ci doit consister en la double coloration vert/jaune. Lorsque le conducteur de protection est un câble isolé à un conducteur, cette identification par la couleur doit être utilisée, de préférence sur toute la longueur.

NOTE La double coloration vert/jaune d'identification est strictement réservée au conducteur de protection.

Il convient que tout conducteur neutre du circuit principal soit facile à distinguer par sa forme, son emplacement, son repère ou sa couleur. Si on utilise l'identification par la couleur, il est recommandé de choisir une couleur bleu clair.

Les bornes de raccordement des conducteurs de protection extérieurs doivent être marqués conformément à la CEI 60445, par exemple avec le symbole graphique  n° 5019 de la CEI 60417. Ce symbole n'est pas nécessaire lorsque le conducteur de protection extérieur est prévu pour être raccordé à un conducteur de protection intérieur qui est identifié clairement avec la double coloration vert/jaune.

7.6.5.3 Sens de manoeuvre et indication des positions de commande

La position de commande des composants ou dispositifs doit être clairement identifiée. Le sens de manoeuvre doit être clairement identifié s'il n'est pas conforme à la CEI 60447.

7.6.5.4 Voyants lumineux de signalisation et boutons-poussoirs

La CEI 60073 donne la couleur des voyants lumineux et des boutons-poussoirs.

7.7 Séparation à l'intérieur d'un ENSEMBLE au moyen de barrières (écrans) ou de cloisons

On peut obtenir une ou plusieurs des conditions suivantes en divisant les ENSEMBLES, au moyen de cloisons ou de barrières (métalliques ou non), en compartiments séparés ou en espaces protégés clos:

- protection contre les contacts avec des parties dangereuses appartenant aux unités fonctionnelles adjacentes. Le degré de protection doit être au moins égal à IPXXB;
- protection contre le passage de corps solides étrangers d'une unité d'un ENSEMBLE à une unité adjacente. Le degré de protection doit être au moins égal à IP2X.

NOTE Le degré de protection IP2X couvre le degré de protection IPXXB.

Les formes indiquées ci-après sont des formes représentatives de séparation par barrières (écrans) ou cloisons (voir exemples à l'annexe D).

Tableau 6A – Formes de séparations intérieures

Critère principal	Sous-critère	Forme
Aucune séparation intérieure		Forme 1
Séparation entre jeux de barres et unités fonctionnelles	Bornes pour conducteurs extérieurs non séparés des jeux de barres	Forme 2a
	Bornes pour conducteurs extérieurs séparés des jeux de barres	Forme 2b
Séparation entre jeux de barres et unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles. Séparation des bornes pour conducteurs extérieurs des unités fonctionnelles, mais pas des bornes des autres unités fonctionnelles.	Bornes pour conducteurs extérieurs non séparés des jeux de barres	Forme 3a
	Bornes pour conducteurs extérieurs séparés des jeux de barres	Forme 3b
Séparation entre les jeux de barres et toutes les unités fonctionnelles, et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles. Séparation des bornes pour conducteurs extérieurs associés à une unité fonctionnelle de celles de toutes les autres unités fonctionnelles et des jeux de barres.	Bornes pour conducteurs extérieurs dans le même compartiment que l'unité fonctionnelle à laquelle elles sont associées	Forme 4a
	Bornes pour conducteurs extérieurs qui ne sont pas dans le même compartiment que l'unité fonctionnelle à laquelle elles sont associées, mais dans des espaces protégés ou des compartiments individuels, séparés et fermés	Forme 4b

La forme de la séparation et des degrés de protection plus élevés doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Voir 7.4.2.2.2 pour ce qui concerne la robustesse et la durabilité des barrières (écrans) et des cloisons.

Voir 7.4.6.2 pour ce qui concerne l'accessibilité en vue de la maintenance des unités fonctionnelles sectionnées.

Voir 7.4.6.3 pour ce qui concerne l'accessibilité en vue d'une extension sous tension.

7.8 Liaisons électriques à l'intérieur d'un ENSEMBLE: barres et conducteurs isolés

7.8.1 Généralités

Les connexions des pièces parcourues par le courant ne doivent pas subir de modifications inadmissibles à la suite d'un échauffement normal, du vieillissement des matériaux isolants et des vibrations se produisant en service normal. En particulier, les effets de la dilatation thermique et des couples électrochimiques dans le cas de métaux différents ainsi que 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 assurant une pression de contact suffisante et durable.

7.8.2 Dimensions et valeurs assignées des jeux de barres et des conducteurs isolés

Le choix des sections des conducteurs à l'intérieur de l'ENSEMBLE relève de la responsabilité du constructeur. En plus du courant admissible, ce choix est guidé par les contraintes mécaniques auxquelles l'ENSEMBLE est soumis, par le mode de pose des conducteurs, par le type d'isolation et, s'il y a lieu, par le type des éléments raccordés (par exemple éléments électroniques).

7.8.3 Câblage (voir aussi 7.8.2)

7.8.3.1 Les conducteurs isolés doivent être définis au moins en fonction de la tension assignée d'isolement (voir 4.1.2) du circuit considéré.

7.8.3.2 Les câbles entre deux dispositifs de connexion ne doivent pas avoir de raccordements intermédiaires avec une épissure ou une soudure.

7.8.3.3 Les conducteurs isolés ne doivent pas reposer contre les parties nues sous tension portées à des potentiels différents ni contre des arêtes vives et ils doivent être maintenus convenablement.

7.8.3.4 Les conducteurs d'alimentation des appareils et des instruments de mesure, montés sur des panneaux ou des portes, doivent être disposés de manière qu'aucun dommage mécanique ne puisse être causé aux conducteurs à la suite du mouvement des panneaux ou des portes.

7.8.3.5 Les connexions soudées à des appareils ne sont autorisées dans les ENSEMBLES que dans le cas où les appareils sont prévus pour ce type de connexion.

Lorsque le matériel est sujet à de fortes vibrations en service normal, les conducteurs (câbles ou fils) raccordés par soudure doivent être fixés mécaniquement par des moyens complémentaires à courte distance du point de soudure.

7.8.3.6 Dans les endroits où se produisent de fortes vibrations 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. Pour les appareils autres que ceux qui sont mentionnés en 7.8.3.5, les pattes soudées ou les extrémités soudées des conducteurs à âme câblée ne sont pas autorisées dans des conditions de vibrations importantes.

7.8.3.7 De façon générale, on ne raccordera qu'un seul conducteur par borne; on ne peut admettre le raccordement de deux ou plusieurs conducteurs à une seule borne que si celle-ci a été conçue à cet effet.

7.9 Prescriptions concernant les circuits d'alimentation des matériels électroniques

Sauf indication contraire stipulée dans les spécifications correspondantes de la CEI concernant les matériels électroniques, on applique les conditions suivantes.

7.9.1 Variations de la tension d'entrée*

- 1) La plage de tensions d'alimentation par accumulateur est égale à la tension d'alimentation assignée $\pm 15\%$.

NOTE Cette plage ne comprend pas la plage de tensions supplémentaires demandée pour la charge des accumulateurs.

- 2) La plage de la tension continue d'alimentation est celle obtenue par redressement de la tension alternative d'alimentation (voir point 3).
- 3) La plage de tensions alternatives d'alimentation est égale à la tension assignée d'entrée $\pm 10\%$.
- 4) Si une tolérance plus grande est nécessaire, elle doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

* En conformité avec la CEI 60146-2.

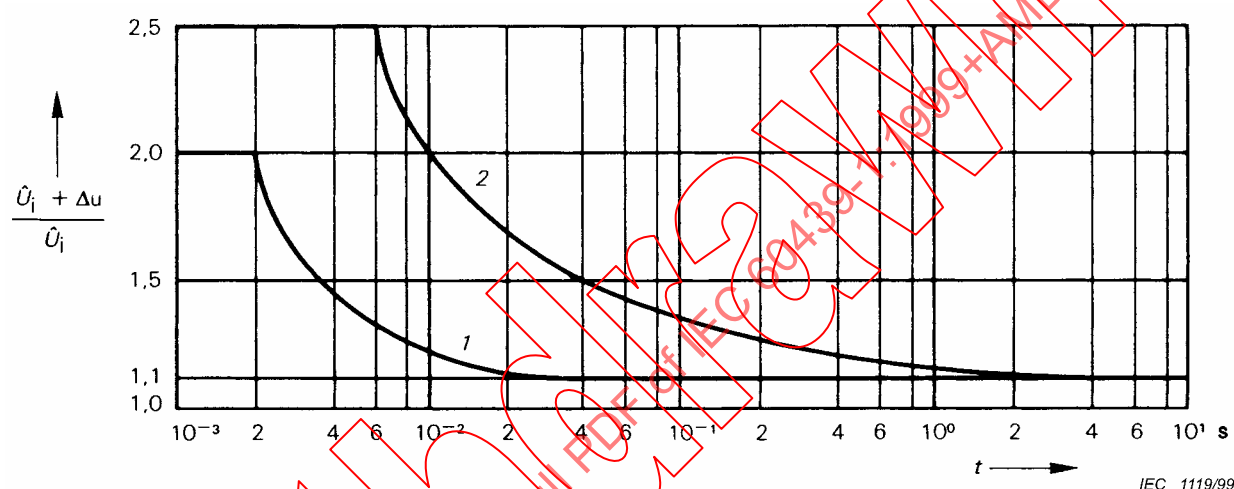
7.9.2 Surtensions*

Les surtensions d'alimentation sont précisées à la figure 1. Cette figure s'applique aux surtensions apériodiques en tant qu'écart par rapport à la valeur de crête de la tension assignée dans le domaine de courte durée. Les ENSEMBLES doivent être conçus de façon à pouvoir fonctionner avec des surtensions de valeurs inférieures à celles de la courbe 1.

S'il se produit des surtensions de valeurs comprises entre celles des courbes 1 et 2, le fonctionnement peut être interrompu par l'action d'un dispositif protégeant l'ENSEMBLE, aucun dommage ne devant être causé à l'ENSEMBLE jusqu'à une valeur de crête de la tension égale à $2 U_i + 1\,000\text{ V}$.

NOTE 1 Les durées transitoires inférieures à 1 ms sont à l'étude.

NOTE 2 Les surtensions supérieures à celles indiquées ci-dessus sont supposées être limitées par des moyens appropriés.



$\hat{U}_i$ = valeur sinusoïdale de crête de la tension assignée d'isolement

Δu = tension de crête apériodique superposée

t = temps

Figure 1 – Rapport $\frac{\hat{U}_i + \Delta u}{\hat{U}_i}$ en fonction du temps

7.9.3 Forme d'onde*

Les harmoniques des tensions d'entrée alternatives d'alimentation des ENSEMBLES comprenant des matériels électroniques sont limitées comme suit.

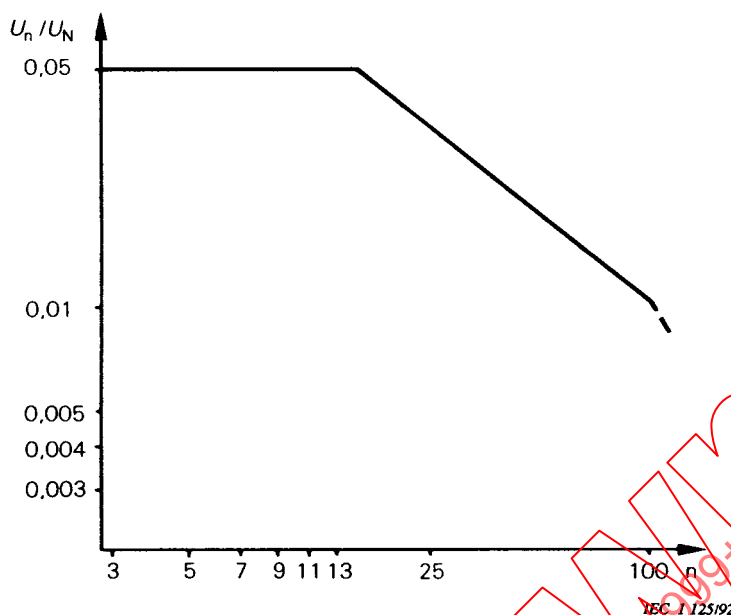
- 1) Le résidu relatif ne doit pas dépasser 10 %, c'est-à-dire que la teneur relative en fondamentale est supérieure ou égale à 99,5 %.
- 2) Les composantes harmoniques ne doivent pas être supérieures aux valeurs indiquées à la figure 2.

NOTE 1 Le sous-ensemble est supposé être débranché et l'impédance interne de la source d'alimentation est, en principe, spécifiée dans l'accord passé entre le constructeur et l'utilisateur, si cette impédance a une valeur appréciable.

NOTE 2 Les mêmes valeurs sont conseillées pour l'électronique de commande et de contrôle.

- 3) La plus haute valeur périodique momentanée de la tension d'alimentation alternative ne doit pas être plus de 20 % supérieure à la valeur de crête de la fondamentale.

* En conformité avec la CEI 60146-2.



n = rang de la composante harmonique

U_n = valeur efficace de l'harmonique de rang n

U_N = valeur efficace de la tension nominale du réseau

Figure 2 – Composante harmonique maximale autorisée de la tension nominale du réseau

7.9.4 Variations temporaires de la tension et de la fréquence

Les appareils doivent fonctionner sans dommage lors de variations temporaires dans les conditions suivantes.

- Chutes de tension ne dépassant pas 15 % de la tension assignée et de durées non supérieures à 0,5 s.
- Variation de la fréquence d'alimentation inférieure ou égale à ± 1 % de la fréquence assignée. Si une tolérance plus large est nécessaire, elle fera l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.
- La durée maximale admissible d'une interruption de la tension d'alimentation d'un matériel doit être indiquée par le constructeur.

7.10 Compatibilité électromagnétique (CEM)

7.10.1 Généralités

Pour la plupart des ENSEMBLES entrant dans le domaine d'application de la présente norme, on considère deux catégories d'environnement désignées comme suit:

- Environnement A;
- Environnement B.

Environnement A: concerne principalement les réseaux/locaux/installations basse tension non publics ou industriels comprenant des sources de perturbations importantes.

NOTE 1 L'Environnement A correspond aux Equipements de Classe A dans le CISPR 11 et la CEI 61000-6-4.

NOTE 2 Les locaux industriels se caractérisent par une ou plusieurs des conditions suivantes:

- des équipements industriels, scientifiques et médicaux, par exemple des machines-outils sont présents;
- des charges fortement inductives ou capacitives sont fréquemment connectées ou déconnectées;
- les courants et champs magnétiques associés sont élevés.

Environnement B: concerne principalement les réseaux publics basse tension tels que les locaux/installations à usage d'habitation, de type commercial et destinés à la petite industrie. Les sources de perturbations importantes telles que les appareils de soudage à l'arc ne sont pas incluses dans cet environnement.

NOTE 3 L'Environnement B correspond aux Équipements de Classe B dans le CISPR 11 et la CEI 61000-6-3.

NOTE 4 La liste suivante, bien que non exhaustive, donne une indication des locaux qui sont concernés:

- les propriétés résidentielles, par exemple les maisons, appartements;
- les points de vente, par exemple les magasins, magasins de grande surface;
- les locaux professionnels, par exemple les bureaux, banques;
- les lieux de divertissement, par exemple les cinémas, bars publics, salles de danse;
- les locaux extérieurs, par exemple les stations d'essence, les parkings, les centres sportifs;
- les locaux destinés à la petite industrie, par exemple les ateliers, les laboratoires, les centres de services.

L'Environnement A et/ou B pour lequel l'ENSEMBLE est approprié doit être spécifié par le constructeur de l'ENSEMBLE.

7.10.2 Prescriptions d'essai

Dans la plupart des cas, les ENSEMBLES sont fabriqués ou assemblés à l'unité, incorporant une combinaison plus ou moins aléatoire de dispositifs et de composants.

Aucun essai d'immunité ou d'émission CEM n'est exigé sur les ENSEMBLES finis si les conditions suivantes sont remplies:

- a) Les dispositifs et composants incorporés sont en conformité avec les exigences de CEM pour l'environnement spécifié (voir 7.10.1) comme prescrit par la norme de produit ou norme CEM générique applicable.
- b) L'installation interne et le câblage sont effectués en conformité avec les instructions des constructeurs de dispositifs et de composants (disposition concernant les influences mutuelles, câbles, blindage, mise à la terre, etc.).

Dans tous les autres cas, les prescriptions CEM doivent être vérifiées par l'essai indiqué en H.8.2.8.

7.10.3 Immunité

7.10.3.1 ENSEMBLES n'incorporant pas de circuits électroniques

Dans des conditions normales d'emploi, les ENSEMBLES n'incorporant pas de circuits électroniques ne sont pas sensibles aux perturbations électromagnétiques et ne nécessitent pas d'essais d'immunité.

7.10.3.2 ENSEMBLES incorporant des circuits électroniques

Les circuits électroniques incorporés dans les ENSEMBLES doivent être conformes aux prescriptions d'immunité de la norme de produit ou de la norme CEM générique applicable et doivent être adaptés à l'environnement spécifié par le constructeur de l'ENSEMBLE.

Dans tous les autres cas, les prescriptions CEM doivent être vérifiées par l'essai indiqué en H.8.2.8.

NOTE Un équipement utilisant des circuits électroniques dans lesquels tous les composants sont passifs (par exemple des diodes, résistances, varistances, condensateurs, limiteurs de surcharge, bobines d'inductance) ne nécessite pas d'essai d'immunité.

Le constructeur de dispositifs et/ou composants doit spécifier les critères de performance spécifiques de ses produits sur la base des critères d'acceptation donnés dans la norme de produit correspondante.

7.10.4 Emission

7.10.4.1 ENSEMBLES n'incorporant pas de circuits électroniques

Pour les ENSEMBLES n'incorporant pas de circuits électroniques, des perturbations électromagnétiques peuvent être générées uniquement pendant les coupures occasionnelles. La durée de ces perturbations est de l'ordre de quelques millisecondes. La fréquence, le niveau et les conséquences de ces émissions sont considérés comme faisant partie de l'environnement électromagnétique normal des installations à basse tension. En conséquence, les prescriptions relatives aux émissions électromagnétiques sont considérées comme satisfaites et aucune vérification n'est nécessaire.

7.10.4.2 ENSEMBLES incorporant des circuits électroniques

Les circuits électroniques incorporés dans l'ENSEMBLE doivent être en conformité avec les prescriptions d'émission de la norme de produit ou de la norme CEM générique applicable et doivent être adaptés à l'environnement spécifié par le constructeur de l'ENSEMBLE.

7.10.4.2.1 Fréquences supérieures ou égales à 9 kHz

Les ENSEMBLES incorporant des circuits électroniques (tels que alimentations électriques à mode commuté, circuits incorporant des microprocesseurs avec horloges haute fréquence) peuvent générer des perturbations électromagnétiques continues.

De telles émissions ne doivent pas excéder les limites spécifiées dans la norme de produit applicable, ou doivent être basées sur le tableau H.1 pour un Environnement A et/ou le tableau H.2 pour un Environnement B. Ces essais ne sont nécessaires que lorsque les circuits principaux et/ou auxiliaires comportent des composants qui n'ont pas été essayés selon la norme de produit applicable et dont les fréquences de commutation fondamentales sont supérieures ou égales à 9 kHz.

Les essais doivent être effectués selon les prescriptions de la norme de produit applicable éventuelle, ou autrement selon H.8.2.8.

7.10.4.2.2 Fréquences inférieures à 9 kHz

Les ENSEMBLES incorporant des circuits électroniques et qui génèrent des harmoniques à basse fréquence sur le réseau d'alimentation doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 61000-3-2 pour autant qu'elles s'appliquent.

7.11 Description des types de connexions électriques des unités fonctionnelles

Les types de connexions électriques des unités fonctionnelles dans les ENSEMBLES ou parties d'ENSEMBLES peuvent être désignés par un code de trois lettres:

- la première lettre désigne le type de connexion électrique du circuit d'arrivée principal;
- la deuxième lettre désigne le type de connexion électrique du circuit de départ principal;
- la troisième lettre désigne le type de connexion électrique des circuits auxiliaires.

Les lettres suivantes doivent être utilisées:

- F pour les connexions fixes (voir 2.2.12.1);
- D pour les connexions déconnectables (voir 2.2.12.2);
- W pour les connexions débrochables (voir 2.2.12.3).

8 Prescriptions concernant les essais

8.1 Classification des essais

Les essais destinés à vérifier les caractéristiques d'un ENSEMBLE comprennent:

- des essais de type (voir 8.1.1 et 8.2);
- des essais individuels (voir 8.1.2 et 8.3).

Le constructeur doit, sur demande, préciser les bases de ces vérifications.

NOTE Les vérifications et les essais à effectuer sur les ES et les EDS sont indiqués au tableau 7.

8.1.1 Essais de type (voir 8.2)

Les essais de type sont destinés à vérifier la conformité aux prescriptions exposées dans la présente norme pour un type donné d'ENSEMBLE.

Les essais de type seront effectués sur un échantillon d'un tel ENSEMBLE ou sur des parties d'ENSEMBLES fabriquées d'après le même plan ou d'après des plans semblables.

Ils doivent être effectués à l'initiative du constructeur.

Les essais de type comprennent:

- a) la vérification des limites d'échauffement (8.2.1);
- b) la vérification des propriétés diélectriques (8.2.2);
- c) la vérification de la tenue aux courts-circuits (8.2.3);
- d) la vérification de l'efficacité du circuit de protection (8.2.4);
- e) la vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite (8.2.5);
- f) la vérification du fonctionnement mécanique (8.2.6);
- g) la vérification du degré de protection (8.2.7);
- h) les essais CEM (voir 7.10 et l'annexe H, si applicable).

Ces essais peuvent être effectués dans n'importe quel ordre et/ou sur différents échantillons du même type.

Si des modifications sont apportées aux constituants de l'ENSEMBLE, de nouveaux essais de type ne doivent être effectués que dans la mesure où de telles modifications sont de nature à affecter, d'une manière défavorable, les résultats de ces essais.

8.1.2 Essais individuels (voir 8.3)

Les essais individuels sont destinés à détecter les défauts affectant les matériaux et la fabrication. Ils sont effectués sur tout nouvel ENSEMBLE après son montage ou sur chaque unité de transport. Un autre essai individuel sur le lieu d'installation n'est pas nécessaire.

Les ENSEMBLES qui sont montés à partir de constituants normalisés en dehors des ateliers du constructeur de ces constituants, en utilisant exclusivement des pièces et des accessoires spécifiés ou fournis par le constructeur dans ce but, doivent être soumis à des essais individuels par l'établissement qui a assemblé l'ENSEMBLE.

Les essais individuels comportent

- a) l'inspection de l'ENSEMBLE y compris l'inspection de la filerie et, si cela est nécessaire, un essai de fonctionnement électrique (8.3.1);
- b) un essai diélectrique (8.3.2);
- c) une vérification des mesures de protection et de la continuité électrique du circuit de protection (8.3.3).

Ces essais peuvent être effectués dans n'importe quel ordre.

NOTE Le fait que les essais individuels soient effectués dans les ateliers du constructeur ne libère pas l'établissement installant l'ENSEMBLE de l'obligation de vérifier celui-ci après son transport et son installation.

8.1.3 Essais des appareils et des constituants indépendants incorporés dans l'ENSEMBLE

Des essais de type ou des essais individuels ne sont pas exigés pour les appareils et les constituants indépendants incorporés dans l'ENSEMBLE lorsque ceux-ci ont été choisis conformément à 7.6.1 et installés conformément aux instructions du constructeur.

8.2 Essais de type

8.2.1 Vérification des limites d'échauffement

8.2.1.1 Généralités

L'essai d'échauffement est prévu pour vérifier que les limites d'échauffement spécifiées en 7.3 pour les différentes pièces de l'ENSEMBLE ne sont pas dépassées.

L'essai doit normalement être effectué aux valeurs du courant assigné conformément à 8.2.1.3, les appareils de l'ENSEMBLE étant installés.

L'essai peut être effectué à l'aide de résistances chauffantes de puissance dissipée équivalente conformément à 8.2.1.4.

Il est permis d'essayer des pièces individuelles (panneaux, coffrets, enveloppes, etc.) de l'ENSEMBLE (voir 8.2.1.2), à condition que des précautions convenables soient prises pour rendre l'essai représentatif.

Les essais d'échauffement sur le(s) circuit(s) principal(aux) de courant assigné supérieur à 800 A effectués à 50 Hz sont valides si le courant assigné à 60 Hz est réduit à 95 %. Pour les courants assignés inférieurs ou égaux à 800 A, les essais effectués à 50 Hz sont normalement applicables pour 60 Hz.

L'essai d'échauffement sur les circuits individuels doit être fait avec le type de courant pour lequel ils sont conçus et à la fréquence prévue. Les tensions d'essai utilisées doivent être telles qu'un courant égal au courant déterminé selon 8.2.1.3 passe dans les circuits. Les bobines des relais, des contacteurs, des déclencheurs, etc., doivent être alimentées à la tension assignée.

Les ENSEMBLES ouverts n'ont pas besoin d'être soumis à l'essai d'échauffement s'il ressort clairement des essais de type effectués sur les parties individuelles, ou de la dimension des conducteurs et de la disposition des appareils, qu'il n'y aura pas d'échauffement excessif et qu'aucun dommage ne sera causé à l'équipement connecté à l'ENSEMBLE ni aux pièces adjacentes en matière isolante.

Tableau 7 – Liste des vérifications et des essais à exécuter sur les ES et les EDS

N°	Caractéristiques à vérifier	Para-graphes	ES	EDS
1	Limites d'échauffement	8.2.1	Essai de type: vérification des limites d'échauffement	Vérification des limites d'échauffement par essai ou par extrapolation
2	Propriétés diélectriques	8.2.2	Essai de type: vérification des propriétés diélectriques	Vérification des propriétés diélectriques par essai conformément à 8.2.2 ou 8.3.2, ou vérification de la résistance d'isolation conformément à 8.3.4 (voir nos 9 et 11)
3	Tenue aux courts-circuits	8.2.3	Essai de type: vérification de la tenue aux courts-circuits	Vérification de la tenue aux courts-circuits par essai ou par extrapolation à partir de dispositifs similaires ayant satisfait aux essais de type
4	Efficacité du circuit de protection Connexion réelle entre les parties conductrices de l'ENSEMBLE et le circuit de protection Tenue aux courts-circuits du circuit de protection	8.2.4 8.2.4.1 8.2.4.2	 Essai de type: vérification de la connexion réelle entre les masses de l'ENSEMBLE et le circuit de protection Essai de type: vérification de la tenue aux courts-circuits du circuit de protection	 Vérification de la connexion réelle entre les masses de l'ENSEMBLE et le circuit de protection Vérification de la tenue aux courts-circuits du circuit de protection par essai ou par une étude appropriée de la conception et de la disposition du conducteur de protection (voir 7.4.3.1.1, dernier alinéa)
5	Distances d'isolement et lignes de fuite	8.2.5	Essai de type: vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite	Vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite
6	Fonctionnement mécanique	8.2.6	Essai de type: vérification du fonctionnement mécanique	Vérification du fonctionnement mécanique
7	Degré de protection	8.2.7	Essai de type: vérification du degré de protection	Vérification du degré de protection
8	Câblage, fonctionnement électrique	8.3.1	Essai individuel: inspection de l'ENSEMBLE comprenant l'examen des câbles et, en cas de nécessité, un essai de fonctionnement électrique	Inspection de l'ENSEMBLE comprenant l'examen des câbles et, en cas de nécessité, un essai de fonctionnement électrique
9	Isolément	8.3.2	Essai individuel: essai diélectrique	Essai diélectrique ou vérification de la résistance d'isolement conformément à 8.3.4 (voir nos 2 et 11)
10	Mesures de protection	8.3.3	Essai individuel: vérification des mesures de protection et de la continuité électrique des circuits de protection	Vérification des mesures de protection
11	Résistance d'isolement	8.3.4		Vérification de la résistance d'isolement sauf si l'essai de 8.2.2 ou de 8.3.2 a été effectué (voir nos 2 et 9)

La vérification des limites d'échauffement des EDS doit être effectuée:

- soit par un essai conformément à 8.2.1;
- soit par extrapolation, par exemple en conformité avec la CEI 60890.