



IEC 62477-1

Edition 1.1 2016-07
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

**Safety requirements for power electronic converter systems and equipment –
Part 1: General**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de
conversion de puissance –
Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200

ISBN 978-2-8322-3546-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

**Safety requirements for power electronic converter systems and equipment –
Part 1: General**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de
conversion de puissance –
Partie 1: Généralités**

CONTENTS

FOREWORD	8
INTRODUCTION	10
1 Scope	11
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	14
4 Protection against hazards	24
4.1 General	24
4.2 Fault and abnormal conditions	25
4.3 Short circuit and overload protection	26
4.3.1 General	26
4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short circuit current ability	27
4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)	29
4.3.4 Protection by several devices	29
4.3.5 <i>Input ports short time withstand current, I_{CW}</i>	29
4.4 Protection against electric shock	29
4.4.1 General	29
4.4.2 <i>Decisive voltage class</i>	30
4.4.3 Provision for <i>basic protection</i>	35
4.4.4 Provision for <i>fault protection</i>	37
4.4.5 <i>Enhanced protection</i>	43
4.4.6 Protective measures	44
4.4.7 Insulation	46
4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD)	61
4.4.9 Capacitor discharge	62
4.5 Protection against electrical energy hazards	62
4.5.1 Operator access areas	62
4.5.2 Service access areas	63
4.6 Protection against fire and thermal hazards	63
4.6.1 Circuits representing a fire hazard	63
4.6.2 Components representing a fire hazard	63
4.6.3 <i>Fire enclosures</i>	64
4.6.4 Temperature limits	68
4.6.5 Limited power sources	71
4.7 Protection against mechanical hazards	72
4.7.1 General	72
4.7.2 Specific requirements for liquid cooled <i>PECS</i>	73
4.8 Equipment with multiple sources of supply	74
4.9 Protection against environmental stresses	75
4.10 Protection against sonic pressure hazards	76
4.10.1 General	76
4.10.2 Sonic pressure and sound level	76
4.11 Wiring and connections	76
4.11.1 General	76
4.11.2 Routing	76

4.11.3	Colour coding	77
4.11.4	Splices and connections	77
4.11.5	Accessible connections	77
4.11.6	Interconnections between parts of the <i>PECS</i>	77
4.11.7	Supply connections	78
4.11.8	Terminals	78
4.12	<i>Enclosures</i>	79
4.12.1	General	79
4.12.2	Handles and manual controls	80
4.12.3	Cast metal	80
4.12.4	Sheet metal	80
4.12.5	Stability test for <i>enclosure</i>	83
5	Test requirements	84
5.1	General	84
5.1.1	Test objectives and classification	84
5.1.2	Selection of test samples	84
5.1.3	Sequence of tests	84
5.1.4	Earthing conditions	84
5.1.5	General conditions for tests	84
5.1.6	Compliance	85
5.1.7	Test overview	86
5.2	Test specifications	87
5.2.1	Visual inspections (<i>type test</i> , <i>sample test</i> and <i>routine test</i>)	87
5.2.2	Mechanical tests	87
5.2.3	Electrical tests	91
5.2.4	Abnormal operation and simulated faults tests	105
5.2.5	Material tests	111
5.2.6	Environmental tests (<i>type tests</i>)	115
5.2.7	Hydrostatic pressure test (<i>type test</i> and <i>routine test</i>)	120
6	Information and marking requirements	120
6.1	General	120
6.2	Information for selection	122
6.3	Information for installation and commissioning	123
6.3.1	General	123
6.3.2	Mechanical considerations	123
6.3.3	Environment	123
6.3.4	Handling and mounting	123
6.3.5	<i>Enclosure</i> temperature	123
6.3.6	Connections	124
6.3.7	Protection requirements	124
6.3.8	Commissioning	126
6.4	Information for use	126
6.4.1	General	126
6.4.2	Adjustment	126
6.4.3	Labels, signs and signals	126
6.5	Information for maintenance	128
6.5.1	General	128
6.5.2	Capacitor discharge	129

6.5.3	Auto restart/bypass connection	129
6.5.4	Other hazards	129
6.5.5	Equipment with multiple sources of supply	129
Annex A (normative)	Additional information for protection against electric shock	130
Annex B (informative)	Considerations for the reduction of the pollution degree	150
Annex C (informative)	Symbols referred to in IEC 62477-1	151
Annex D (normative)	Evaluation of clearance and creepage distances	152
Annex E (informative)	Altitude correction for clearances	160
Annex F (normative)	Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz	161
Annex G (informative)	Cross-sections of round conductors	167
Annex H (informative)	Guidelines for RCD compatibility	168
Annex I (informative)	Examples of overvoltage category reduction	172
Annex J (informative)	Burn thresholds for touchable surfaces	179
Annex K (informative)	Table of electrochemical potentials	182
Annex L (informative)	Measuring instrument for <i>touch current</i> measurements	183
Annex M (informative)	Test probes for determining access	184
Annex N (informative)	Guidance regarding short-circuit current	187
Bibliography	200

Figure 1	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in dry skin condition	33
Figure 2	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in water-wet skin condition	33
Figure 3	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in saltwater-wet skin condition	34
Figure 4	– Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i>	39
Figure 5	– Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i>	40
Figure 6	– <i>Fire enclosure</i> bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component	66
Figure 7	– <i>Fire enclosure</i> baffle construction	67
Figure 8	– Supported and unsupported <i>enclosure</i> parts	81
Figure 9	– Impact test using a steel ball	89
Figure 10	– Voltage test procedures	96
Figure 11	– Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the <i>PECS</i> with protection for the power cable	102
Figure 12	– Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the <i>PECS</i>	103
Figure 13	– Circuit for high-current arcing test	112
Figure 14	– Test fixture for hot-wire ignition test	113
Figure A.1	– Protection by <i>DVC As</i> with <i>protective separation</i>	130
Figure A.2	– Protection by means of <i>protective impedance</i>	131
Figure A.3	– Protection by using limited voltages	132
Figure A.4	– Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition	135

Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition.....	135
Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition	136
Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition	137
Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	137
Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition	138
Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition	139
Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	139
Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition.....	140
Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	141
Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition.....	141
Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition	142
Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	143
Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition.....	143
Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition	144
Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	145
Figure A.20 – Typical waveform for a.c. <i>working voltage</i>	146
Figure A.21 – Typical waveform for d.c. <i>working voltage</i>	146
Figure A.22 – Typical waveform for pulsating <i>working voltage</i>	147
Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances	162
Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances	164
Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a <i>PECS</i>	168
Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter devices.....	170
Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid <i>insulation</i> according to Equation (1).....	166
Figure I.1 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i>	172
Figure I.2 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i>	173
Figure I.3 – <i>Basic insulation</i> evaluation for single and three phase equipment not <i>permanently connected</i> to the <i>mains supply</i>	173
Figure I.4 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used	173
Figure I.5 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	174
Figure I.6 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	174
Figure I.7 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	175
Figure I.8 –Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	175
Figure I.9 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the <i>mains supply</i>	175
Figure I.10 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the supply mains	176
Figure I.11 – Functional <i>insulation</i> evaluation within circuits affected by external transients	176

Figure I.12 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits both connected and not connected directly to the <i>mains supply</i>	177
Figure I.13 – <i>Insulation</i> evaluation for accessible circuit of <i>DVC A</i>	177
Figure I.14 – <i>PEC</i> with <i>mains</i> and <i>non-mains supply</i> without galvanic separation	178
Figure I.15 – Transformer (basic) isolated <i>PEC</i> inverter with <i>SPD</i> and transformer to reduce impulse voltage for functional and <i>basic insulation</i>	178
Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal	179
Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 µm, 100 µm and 150 µm.....	180
Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials	180
Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials	181
Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics	181
Figure K.1 – Electrochemical potentials (V).....	182
Figure L.1 – Measuring instrument.....	183
Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA).....	184
Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB)	185
Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X)	186
Figure N.1 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CC}	189
Figure N.2 – Example of tripping characteristic of a circuit breaker	190
Figure N.3 – Example of tripping characteristic of a current-limiting fuse	190
Figure N.4 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CW}	191
Figure N.5 – Two <i>PECS</i> with different specifications	192
Figure N.6 – One <i>PECS</i> with different specification for each input <i>mains supply port</i>	194
Figure N.7 – Flowchart for classification of I_{CC} or I_{CW}	197
Table 1 – Alphabetical list of terms	15
Table 2 – Selection of <i>DVC</i> for touch voltage to protect against <i>ventricular fibrillation</i>	31
Table 3 – Selection of body contact area.....	31
Table 4 – Selection of humidity condition of the skin	31
Table 5 – Steady state voltage limits for the <i>decisive voltage classes</i>	32
Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration	35
Table 7 – <i>PE conductor</i> cross-section ^a	41
Table 8 – Definitions of pollution degrees.....	47
Table 9 – Impulse withstand voltage and <i>temporary overvoltage</i> versus system voltage.....	49
Table 10 – Clearance distances for <i>functional, basic</i> or <i>supplementary insulation</i>	54
Table 11 – Creepage distances (in millimetres).....	56
Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated <i>live parts</i>	58
Table 13 – Permitted openings in <i>fire enclosure</i> bottoms	67
Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components.....	69
Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the <i>PECS</i>	71

Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device	72
Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device	72
Table 18 – Environmental service conditions.....	75
Table 19 – Wire bending space from terminals to <i>enclosure</i>	79
Table 20 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : carbon steel or stainless steel.....	82
Table 21 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : aluminium, copper or brass	83
Table 22 – Test overview	86
Table 23 – Pull values for handles and manual control securement	91
Table 24 – Impulse voltage test	92
Table 25 – Impulse test voltage	93
Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to <i>mains supply</i>	94
Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to <i>non-mains supply</i> without <i>temporary overvoltages</i>	95
Table 28 – Partial discharge test.....	98
Table 29 – Test duration for <i>protective equipotential bonding</i> test	104
Table 30 – Environmental tests	116
Table 31 – Dry heat test (steady state)	117
Table 32 – Damp heat test (steady state).....	118
Table 33 – Vibration test.....	119
Table 34 – Salt mist test	119
Table 35 – Dust and sand test	120
Table 36 – Information requirements.....	121
Table 37 – A.c. short time withstand current test, minimum PECS requirements	111
Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>ventricular fibrillation</i>	133
Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>muscular reaction</i>	134
Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>startle reaction</i>	134
Table A.4 – Examples for protection against electrical shock.....	149
Table C.1 – Symbols used	151
Table D.1 – Width of grooves by pollution degree.....	152
Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and 20 000 m	160
Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes	160
Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005).....	163
Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for approximately homogeneous field conditions	163
Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (Table 2 of IEC 60664-4:2005).....	165
Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors	167

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC
CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –****Part 1: General**

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62477-1 edition 1.1 contains the first edition (2012-07) [documents 22/200/FDIS and 22/204/RVD] and its amendment 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS and 22/274/RVD].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62477-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

It has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

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

A list of all the parts in the IEC 62477 series, published under the general title *Safety requirements for power electronic convertor systems and equipment* can be found on the IEC website.

In this standard, terms in *italic* are defined in Clause 3.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508. The objectives of this document are to establish a common terminology and basis for the safety requirements of products that contain power electronic converters across several IEC technical committees.

This standard has been developed with the intention:

- to be used as a reference document for product committees inside TC 22 in the development of product standards for power electronic converter systems and equipment;
- to replace IEC 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists; and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this standard.

- to be used as a reference document for product committees outside TC 22 in the development of product standards of power electronic converter systems and equipment intended renewable energy sources. TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114, in particular, have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

Technical committees using this document should carefully consider the relevance of each paragraph in this document for the product under consideration and reference, add, replace or modify requirement as relevant. Product specific topics not covered by this document are in the responsibility of the technical committees using this document as reference document.

This group safety standard will not take precedence on any product specific standard according to IEC Guide 104. IEC Guide 104 provides information about the responsibility of product committees to use group safety standards for the development of their own product standards.

SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

Part 1: General

1 Scope

This part of IEC 62477 applies to Power Electronic Converter Systems (PECS) and equipment, their components for *electronic power conversion* and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

This document may also be used as a reference standard for product committees producing product standards for:

- adjustable speed electric power drive systems (PDS);
- standalone uninterruptible power systems (UPS);
- low voltage stabilized d.c. power supplies.

For PECS for which no product standard exists, this standard provides minimum requirements for safety aspects.

This part of IEC 62477 has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for power electronic converter systems and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

According to IEC Guide 104, one of the responsibilities of technical committees is, wherever applicable, to make use of basic safety publications and/or group safety publications in the preparation of their product standards.

This International Standard:

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment;
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS;
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC;
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance;
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer.

This International Standard does not cover:

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus;
- functional safety aspects as covered by e.g. IEC 61508;

- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-68, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

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

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

IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

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

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

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

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

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

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 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat - Ball pressure test*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

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

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis* (available from <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials*

ASTM E162 – 11a, *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	209
INTRODUCTION	211
1 Domaine d'application	212
2 Références normatives.....	213
3 Termes et définitions	215
4 Protection contre les dangers	226
4.1 Généralités	226
4.2 Conditions anormales et de défaut	227
4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités.....	228
4.3.1 Généralités.....	228
4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie.....	229
4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours).....	231
4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs.....	231
4.3.5 <i>Courant de courte durée admissible des accès d'entrée, I_{CW}</i>	231
4.4 Protection contre les chocs électriques	231
4.4.1 Généralités.....	231
4.4.2 <i>Classe de tension déterminante</i>	232
4.4.3 Disposition relative à la <i>protection principale</i>	237
4.4.4 Disposition relative à la <i>protection en cas de défaut</i>	239
4.4.5 <i>Protection renforcée</i>	245
4.4.6 Mesures de protection	246
4.4.7 Isolation.....	248
4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR).....	264
4.4.9 Décharge de condensateurs.....	265
4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique	265
4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur	265
4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance	266
4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques	266
4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie.....	266
4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie	267
4.6.3 <i>Enveloppes contre le feu</i>	268
4.6.4 Limites de température	272
4.6.5 Sources à puissance limitée.....	275
4.7 Protection contre les dangers mécaniques	277
4.7.1 Généralités.....	277
4.7.2 Exigences spécifiques pour le <i>SECP</i> refroidi par liquide	277
4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation.....	278
4.9 Protection contre les contraintes environnementales	279
4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique	280
4.10.1 Généralités.....	280
4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit	280
4.11 Câblage et raccordements	281
4.11.1 Généralités.....	281
4.11.2 Cheminement	281

4.11.3	Codage couleur	281
4.11.4	Epissures et raccordements	281
4.11.5	Connexions accessibles	282
4.11.6	Interconnexions entre les parties d'un <i>SECP</i>	282
4.11.7	Raccordement de l'alimentation	282
4.11.8	Bornes de connexion	282
4.12	Enveloppes	284
4.12.1	Généralités	284
4.12.2	Poignées et organes de commande manuels	285
4.12.3	Métaux coulés	285
4.12.4	Tôle	285
4.12.5	Essai de stabilité pour <i>enveloppe</i>	288
5	Exigences d'essai	289
5.1	Généralités	289
5.1.1	Objectifs et classification des essais	289
5.1.2	Sélection des échantillons pour les essais	289
5.1.3	Séquence d'essais	289
5.1.4	Conditions de mise à la terre	289
5.1.5	Conditions générales d'essai	290
5.1.6	Conformité	290
5.1.7	Vue d'ensemble des essais	291
5.2	Spécifications des essais	293
5.2.1	Inspections visuelles (<i>essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série</i>)	293
5.2.2	Essais mécaniques	293
5.2.3	Essais électriques	298
5.2.4	Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés	314
5.2.5	Essais de matériaux	321
5.2.6	Essais environnementaux (<i>essais de type</i>)	325
5.2.7	Pression hydrostatique (<i>essai de type et essai individuel de série</i>)	330
6	Exigences relatives aux informations et au marquage	330
6.1	Généralités	330
6.2	Informations pour le choix	332
6.3	Informations pour l'installation et la mise en service	333
6.3.1	Généralités	333
6.3.2	Considérations d'ordre mécanique	333
6.3.3	Environnement	333
6.3.4	Manutention et montage	334
6.3.5	Température de l' <i>enveloppe</i>	334
6.3.6	Connexions	334
6.3.7	Exigences de protection	335
6.3.8	Mise en service	336
6.4	Informations pour l'utilisation	337
6.4.1	Généralités	337
6.4.2	Réglage	337
6.4.3	Étiquettes, panneaux et signaux	337
6.5	Informations pour la maintenance	339
6.5.1	Généralités	339

6.5.2	Décharge de condensateurs.....	340
6.5.3	Redémarrage automatique/connexion de dérivation.....	340
6.5.4	Autres dangers	340
6.5.5	Matériels à plusieurs sources d'alimentation	340
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....		341
Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution		362
Annexe C (informative) Symboles référencés dans l'IEC 62477-1.....		363
Annexe D (normative) Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite		364
Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air		371
Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz.....		373
Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds.....		379
Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR		380
Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension		384
Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....		391
Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques		394
Annexe L (informative) Instrument de mesure du <i>courant de contact</i>		395
Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès		396
Annexe N (informative) Lignes directrices relatives au courant de court-circuit		399
Bibliographie		413
Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau sèche.....		235
Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide.....		235
Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide-salée		236
Figure 4 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....		241
Figure 5 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....		242
Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une <i>enveloppe contre le feu</i> sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé.....		270
Figure 7 – Construction de l' <i>enveloppe contre le feu</i> avec plaque écran		271
Figure 8 – Parties d' <i>enveloppe</i> avec et sans châssis support		286
Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier		296
Figure 10 – Procédures d'essai de tension.....		304
Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le <i>SECP</i> avec protection du câble d'alimentation.....		311
Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le <i>SECP</i>		312
Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé		321
Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud		323
Figure A.1 – Protection au moyen de la <i>CTD As</i> avec <i>séparation de protection</i>		341
Figure A.2 – Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i>		342

Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées.....	343
Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	346
Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	347
Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée.....	347
Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	348
Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	348
Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée.....	349
Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	350
Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	350
Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	351
Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	352
Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée.....	352
Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	353
Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	354
Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée.....	354
Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	355
Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	356
Figure A.20 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.a.....	357
Figure A.21 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.c.....	357
Figure A.22 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> pulsante.....	358
Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d’isolement dans l’air.....	374
Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite.....	376
Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l’ <i>isolation</i> solide selon l’Equation (1).....	378
Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d’un <i>SECP</i>	380
Figure H.2 – Formes d’ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance.....	382
Figure I.1 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l’installation</i>	384
Figure I.2 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i>	385
Figure I.3 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les matériels mono et triphasés non connectés en permanence au <i>réseau</i>	385

Figure I.4 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	385
Figure I.5 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	386
Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	386
Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	387
Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	387
Figure I.9 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i>	388
Figure I.10 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i>	388
Figure I.11 – Evaluation de l' <i>isolation</i> fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes	388
Figure I.12 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés et non connectés directement au <i>réseau</i>	389
Figure I.13 – Evaluation de l' <i>isolation</i> pour un circuit accessible de <i>CTD A</i>	389
Figure I.14 – <i>CEP</i> avec <i>réseau</i> et non- <i>réseau</i> sans séparation galvanique	390
Figure I.15 – Convertisseur <i>CEP</i> isolé par des transformateurs (de base) avec <i>dispositif de protection contre les surtensions (SPD)</i> et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l' <i>isolation</i> fonctionnelle et l' <i>isolation principale</i>	390
Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu)	391
Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 μm , 100 μm et 150 μm	392
Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers	392
Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres	393
Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique	393
Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V)	394
Figure L.1 – Instrument de mesure	395
Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA)	396
Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB)	397
Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X)	398
Figure N.1 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CC}	401
Figure N.2 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur	402
Figure N.3 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un fusible limiteur de courant	402
Figure N.4 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CW}	403
Figure N.5 – Deux <i>SECP</i> avec différentes spécifications	405

Figure N.6 – Un SECP avec spécification différente pour chaque accès d'entrée de l'alimentation réseau.....	407
Figure N.7 – Organigramme pour la classification de I_{CC} ou de I_{CW}	410
Tableau 1 – Liste alphabétique des termes	216
Tableau 2 – Sélection de la CTD pour la tension de contact en cas de fibrillation ventriculaire	233
Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps.....	233
Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau	234
Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante	234
Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude.....	237
Tableau 7 – Section du conducteur de mise à la terre de protection ^a	243
Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution	249
Tableau 9 – Tension de choc et surtension temporaire par rapport à la tension système.....	251
Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire	256
Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres)	259
Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des parties actives non isolées.....	261
Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des enveloppes contre le feu	271
Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes	273
Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du SECP	275
Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités	276
Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités	276
Tableau 18 – Conditions environnementales de service	280
Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'enveloppe	284
Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: acier au carbone ou acier inoxydable.....	287
Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: aluminium, cuivre ou laiton	288
Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais.....	292
Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels	298
Tableau 24 – Essai de tension de choc	299
Tableau 25 – Tension d'essai de choc	300
Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au réseau	301
Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au réseau sans surtensions temporaires.....	302
Tableau 28 – Essai de décharge partielle.....	306
Tableau 29 – Durée de l'essai de liaison équipotentielle de protection.....	313
Tableau 30 – Essais environnementaux	326
Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent).....	327

Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent).....	328
Tableau 33 – Essai de vibration	329
Tableau 34 – Essai au brouillard salin.....	329
Tableau 35 – Essai aux poussières et sable.....	330
Tableau 36 – Exigences d'informations	331
Tableau 37 – Essai de tenue au <i>courant alternatif de courte durée admissible</i> , exigences minimales applicables au SECP	320
Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la <i>fibrillation ventriculaire</i>	344
Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un <i>fort effet musculaire</i>	345
Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une <i>réaction de tressaillement</i>	345
Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques	360
Tableau C.1 – Symboles utilisés	363
Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution	364
Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m	371
Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans l'air à des altitudes différentes	371
Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de l'IEC 60664-4:2005).....	375
Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes	375
Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de fréquences (Tableau 2 de l'IEC 60664-4:2005).....	377
Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds	379

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62477-1 édition 1.1 contient la première édition (2012-07) [documents 22/200/FDIS et 22/204/RVD] et son amendement 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS et 22/274/RVD].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62477-1 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Elle a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62477, publiées sous le titre général *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Dans la présente norme, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans l'IEC 61508. Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de l'IEC.

La présente norme a été élaborée afin:

- d'être utilisée comme document de référence par les comités de produits du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance;
- de remplacer l'IEC 62103 en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales pour les aspects de sécurité des systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance dans les appareils pour lesquels il n'existe pas de norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de l'IEC 62103 comporte des aspects relatifs à la fiabilité qui ne sont pas couverts par la présente norme.

- d'être utilisée comme un document de référence par les comités de produits hors du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux convertisseurs électroniques de puissance et matériels destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Au moment de la publication, les TC 82, TC 88, TC 105 et TC 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

Il convient que les comités d'études qui utilisent le présent document tiennent tout particulièrement compte de la pertinence de chaque alinéa du présent document pour le produit à l'étude, et fassent référence, ajoutent, remplacent ou modifient les exigences selon les cas. Les sujets spécifiques aux produits non couverts par le présent document relèvent de la responsabilité des comités d'études qui utilisent le présent document comme document de référence.

La présente norme groupée de sécurité ne prévaut nullement sur toute norme spécifique de produits conformément au Guide 104 de l'IEC. Le Guide 104 de l'IEC fournit des informations sur la responsabilité des comités de produits quant à l'utilisation des normes groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs propres normes de produits.

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la *conversion de puissance électronique* et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c.

Le présent document peut également être utilisé comme norme de référence par les comités de produits qui élaborent des normes de produits applicables aux:

- systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable;
- alimentations sans interruption autonomes (ASI);
- alimentations stabilisées basse tension en courant continu.

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, la présente norme spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

La présente partie de l'IEC 62477 a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC applicable aux systèmes électroniques de conversion de puissance et équipements pour énergie solaire, éolienne, des marée, des vagues, des piles à combustible ou sources d'énergie analogues.

Conformément au Guide 104 de l'IEC, il incombe aux comités d'études d'utiliser, dans toute la mesure du possible, les publications fondamentales de sécurité et/ou les publications groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs normes de produits.

La présente Norme internationale:

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP;
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP;
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP;
- précise des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, en cours d'utilisation et de fonctionnement et, lorsque cela est spécifiquement indiqué, au cours des opérations d'entretien et de maintenance;
- précise les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le fabricant.

La présente Norme internationale ne couvre pas:

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil;
- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités par exemple par l'IEC 61508;
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse: <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60068-2-68, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

IEC 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais uniquement)

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

IEC/TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

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

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible à l'adresse: <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à haute fréquence*

IEC 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*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flamme d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Exigences générales*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flamme d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais uniquement)

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais uniquement)

ISO 3864-1, *Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique* (disponible à l'adresse: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9772, *Plastiques alvéolaires -- Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials* (disponible en anglais uniquement)

ASTM E162 – 11a: *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source* (disponible en anglais uniquement)

FINAL VERSION

VERSION FINALE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

**Safety requirements for power electronic converter systems and equipment –
Part 1: General**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de
conversion de puissance –
Partie 1: Généralités**

CONTENTS

FOREWORD	8
INTRODUCTION	10
1 Scope	11
2 Normative references	12
3 Terms and definitions	14
4 Protection against hazards	24
4.1 General	24
4.2 Fault and abnormal conditions	25
4.3 Short circuit and overload protection	26
4.3.1 General	26
4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short circuit current ability	27
4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)	28
4.3.4 Protection by several devices	28
4.3.5 Input <i>ports short time withstand current, I_{CW}</i>	29
4.4 Protection against electric shock	29
4.4.1 General	29
4.4.2 <i>Decisive voltage class</i>	29
4.4.3 Provision for <i>basic protection</i>	34
4.4.4 Provision for <i>fault protection</i>	36
4.4.5 <i>Enhanced protection</i>	42
4.4.6 Protective measures	43
4.4.7 Insulation	45
4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD)	60
4.4.9 Capacitor discharge	60
4.5 Protection against electrical energy hazards	61
4.5.1 Operator access areas	61
4.5.2 Service access areas	62
4.6 Protection against fire and thermal hazards	62
4.6.1 Circuits representing a fire hazard	62
4.6.2 Components representing a fire hazard	62
4.6.3 <i>Fire enclosures</i>	63
4.6.4 Temperature limits	67
4.6.5 Limited power sources	70
4.7 Protection against mechanical hazards	71
4.7.1 General	71
4.7.2 Specific requirements for liquid cooled <i>PECS</i>	72
4.8 Equipment with multiple sources of supply	73
4.9 Protection against environmental stresses	74
4.10 Protection against sonic pressure hazards	75
4.10.1 General	75
4.10.2 Sonic pressure and sound level	75
4.11 Wiring and connections	75
4.11.1 General	75
4.11.2 Routing	75

4.11.3	Colour coding	76
4.11.4	Splices and connections	76
4.11.5	Accessible connections	76
4.11.6	Interconnections between parts of the <i>PECS</i>	76
4.11.7	Supply connections	77
4.11.8	Terminals	77
4.12	<i>Enclosures</i>	78
4.12.1	General	78
4.12.2	Handles and manual controls	79
4.12.3	Cast metal	79
4.12.4	Sheet metal	79
4.12.5	Stability test for <i>enclosure</i>	82
5	Test requirements	83
5.1	General	83
5.1.1	Test objectives and classification	83
5.1.2	Selection of test samples	83
5.1.3	Sequence of tests	83
5.1.4	Earthing conditions	83
5.1.5	General conditions for tests	83
5.1.6	Compliance	84
5.1.7	Test overview	85
5.2	Test specifications	86
5.2.1	Visual inspections (<i>type test</i> , <i>sample test</i> and <i>routine test</i>)	86
5.2.2	Mechanical tests	86
5.2.3	Electrical tests	90
5.2.4	Abnormal operation and simulated faults tests	104
5.2.5	Material tests	110
5.2.6	Environmental tests (<i>type tests</i>)	114
5.2.7	Hydrostatic pressure test (<i>type test</i> and <i>routine test</i>)	119
6	Information and marking requirements	119
6.1	General	119
6.2	Information for selection	121
6.3	Information for installation and commissioning	122
6.3.1	General	122
6.3.2	Mechanical considerations	122
6.3.3	Environment	122
6.3.4	Handling and mounting	122
6.3.5	<i>Enclosure</i> temperature	122
6.3.6	Connections	123
6.3.7	Protection requirements	123
6.3.8	Commissioning	125
6.4	Information for use	125
6.4.1	General	125
6.4.2	Adjustment	125
6.4.3	Labels, signs and signals	125
6.5	Information for maintenance	127
6.5.1	General	127
6.5.2	Capacitor discharge	128

6.5.3	Auto restart/bypass connection	128
6.5.4	Other hazards	128
6.5.5	Equipment with multiple sources of supply	128
Annex A (normative)	Additional information for protection against electric shock	129
Annex B (informative)	Considerations for the reduction of the pollution degree	149
Annex C (informative)	Symbols referred to in IEC 62477-1	150
Annex D (normative)	Evaluation of clearance and creepage distances	151
Annex E (informative)	Altitude correction for clearances	159
Annex F (normative)	Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz	160
Annex G (informative)	Cross-sections of round conductors	166
Annex H (informative)	Guidelines for RCD compatibility	167
Annex I (informative)	Examples of overvoltage category reduction	171
Annex J (informative)	Burn thresholds for touchable surfaces	178
Annex K (informative)	Table of electrochemical potentials	181
Annex L (informative)	Measuring instrument for <i>touch current</i> measurements	182
Annex M (informative)	Test probes for determining access	183
Annex N (informative)	Guidance regarding short-circuit current	186
	Bibliography	199
Figure 1	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in dry skin condition	32
Figure 2	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in water-wet skin condition	32
Figure 3	– Touch time - d.c. peak voltage zones of <i>ventricular fibrillation</i> in saltwater-wet skin condition	33
Figure 4	– Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i>	38
Figure 5	– Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i>	39
Figure 6	– <i>Fire enclosure</i> bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component	65
Figure 7	– <i>Fire enclosure</i> baffle construction	66
Figure 8	– Supported and unsupported <i>enclosure</i> parts	80
Figure 9	– Impact test using a steel ball	88
Figure 10	– Voltage test procedures	95
Figure 11	– Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the <i>PECS</i> with protection for the power cable	101
Figure 12	– Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the <i>PECS</i>	102
Figure 13	– Circuit for high-current arcing test	111
Figure 14	– Test fixture for hot-wire ignition test	112
Figure A.1	– Protection by <i>DVC As</i> with <i>protective separation</i>	129
Figure A.2	– Protection by means of <i>protective impedance</i>	130
Figure A.3	– Protection by using limited voltages	131
Figure A.4	– Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition	134

Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition.....	134
Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition	135
Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition	136
Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	136
Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition	137
Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition	138
Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	138
Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition.....	139
Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	140
Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition.....	140
Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition	141
Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	142
Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition.....	142
Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition	143
Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition.....	144
Figure A.20 – Typical waveform for a.c. <i>working voltage</i>	145
Figure A.21 – Typical waveform for d.c. <i>working voltage</i>	145
Figure A.22 – Typical waveform for pulsating <i>working voltage</i>	146
Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances	161
Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances.....	163
Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a <i>PECS</i>	167
Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter devices.....	169
Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid <i>insulation</i> according to Equation (1).....	165
Figure I.1 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i>	171
Figure I.2 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i>	172
Figure I.3 – <i>Basic insulation</i> evaluation for single and three phase equipment not <i>permanently connected</i> to the <i>mains supply</i>	172
Figure I.4 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used	172
Figure I.5 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	173
Figure I.6 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	173
Figure I.7 – Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	174
Figure I.8 –Example of <i>protective separation</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	174
Figure I.9 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the <i>mains supply</i>	174
Figure I.10 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits not connected directly to the supply mains	175
Figure I.11 – Functional <i>insulation</i> evaluation within circuits affected by external transients	175

Figure I.12 – <i>Basic insulation</i> evaluation for circuits both connected and not connected directly to the <i>mains supply</i>	176
Figure I.13 – <i>Insulation</i> evaluation for accessible circuit of <i>DVC A</i>	176
Figure I.14 – <i>PEC</i> with <i>mains</i> and non- <i>mains supply</i> without galvanic separation	177
Figure I.15 – Transformer (basic) isolated <i>PEC</i> inverter with <i>SPD</i> and transformer to reduce impulse voltage for functional and <i>basic insulation</i>	177
Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal	178
Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 µm, 100 µm and 150 µm.....	179
Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials	179
Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials	180
Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics	180
Figure K.1 – Electrochemical potentials (V).....	181
Figure L.1 – Measuring instrument.....	182
Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA).....	183
Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB)	184
Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X)	185
Figure N.1 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CC}	188
Figure N.2 – Example of tripping characteristic of a circuit breaker.....	189
Figure N.3 – Example of tripping characteristic of a current-limiting fuse	189
Figure N.4 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CW}	190
Figure N.5 – Two <i>PECS</i> with different specifications	191
Figure N.6 – One <i>PECS</i> with different specification for each input <i>mains supply port</i>	193
Figure N.7 – Flowchart for classification of I_{CC} or I_{CW}	196
Table 1 – Alphabetical list of terms	15
Table 2 – Selection of <i>DVC</i> for touch voltage to protect against <i>ventricular fibrillation</i>	30
Table 3 – Selection of body contact area.....	30
Table 4 – Selection of humidity condition of the skin	31
Table 5 – Steady state voltage limits for the <i>decisive voltage classes</i>	31
Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration	34
Table 7 – <i>PE conductor</i> cross-section ^a	40
Table 8 – Definitions of pollution degrees.....	46
Table 9 – Impulse withstand voltage and <i>temporary overvoltage</i> versus system voltage.....	48
Table 10 – Clearance distances for <i>functional, basic or supplementary insulation</i>	53
Table 11 – Creepage distances (in millimetres).....	55
Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated <i>live parts</i>	57
Table 13 – Permitted openings in <i>fire enclosure</i> bottoms.....	66
Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components.....	68
Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the <i>PECS</i>	70

Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device	71
Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device	71
Table 18 – Environmental service conditions.....	74
Table 19 – Wire bending space from terminals to <i>enclosure</i>	78
Table 20 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : carbon steel or stainless steel.....	81
Table 21 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : aluminium, copper or brass	82
Table 22 – Test overview	85
Table 23 – Pull values for handles and manual control securement	90
Table 24 – Impulse voltage test	91
Table 25 – Impulse test voltage	92
Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to <i>mains supply</i>	93
Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to <i>non-mains supply</i> without <i>temporary overvoltages</i>	94
Table 28 – Partial discharge test.....	97
Table 29 – Test duration for <i>protective equipotential bonding</i> test	103
Table 30 – Environmental tests	115
Table 31 – Dry heat test (steady state)	116
Table 32 – Damp heat test (steady state).....	117
Table 33 – Vibration test.....	118
Table 34 – Salt mist test	118
Table 35 – Dust and sand test	119
Table 36 – Information requirements.....	120
Table 37 – A.c. <i>short time withstand current</i> test, minimum PECS requirements	110
Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>ventricular fibrillation</i>	132
Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>muscular reaction</i>	133
Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against <i>startle reaction</i>	133
Table A.4 – Examples for protection against electrical shock.....	148
Table C.1 – Symbols used	150
Table D.1 – Width of grooves by pollution degree.....	151
Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and 20 000 m	159
Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes	159
Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005).....	162
Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for approximately homogeneous field conditions	162
Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (Table 2 of IEC 60664-4:2005).....	164
Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors	166

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC
CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –****Part 1: General**

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62477-1 edition 1.1 contains the first edition (2012-07) [documents 22/200/FDIS and 22/204/RVD] and its amendment 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS and 22/274/RVD].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62477-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

It has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

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

A list of all the parts in the IEC 62477 series, published under the general title *Safety requirements for power electronic convertor systems and equipment* can be found on the IEC website.

In this standard, terms in *italic* are defined in Clause 3.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508. The objectives of this document are to establish a common terminology and basis for the safety requirements of products that contain power electronic converters across several IEC technical committees.

This standard has been developed with the intention:

- to be used as a reference document for product committees inside TC 22 in the development of product standards for power electronic converter systems and equipment;
- to replace IEC 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists; and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this standard.

- to be used as a reference document for product committees outside TC 22 in the development of product standards of power electronic converter systems and equipment intended renewable energy sources. TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114, in particular, have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

Technical committees using this document should carefully consider the relevance of each paragraph in this document for the product under consideration and reference, add, replace or modify requirement as relevant. Product specific topics not covered by this document are in the responsibility of the technical committees using this document as reference document.

This group safety standard will not take precedence on any product specific standard according to IEC Guide 104. IEC Guide 104 provides information about the responsibility of product committees to use group safety standards for the development of their own product standards.

SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

Part 1: General

1 Scope

This part of IEC 62477 applies to Power Electronic Converter Systems (PECS) and equipment, their components for *electronic power conversion* and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

This document may also be used as a reference standard for product committees producing product standards for:

- adjustable speed electric power drive systems (PDS);
- standalone uninterruptible power systems (UPS);
- low voltage stabilized d.c. power supplies.

For PECS for which no product standard exists, this standard provides minimum requirements for safety aspects.

This part of IEC 62477 has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for power electronic converter systems and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

According to IEC Guide 104, one of the responsibilities of technical committees is, wherever applicable, to make use of basic safety publications and/or group safety publications in the preparation of their product standards.

This International Standard:

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment;
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS;
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC;
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance;
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer.

This International Standard does not cover:

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus;
- functional safety aspects as covered by e.g. IEC 61508;

- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-68, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

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

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

IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

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

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <<http://std.iec.ch/iec60617>>)

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

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

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

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 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat - Ball pressure test*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

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

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis* (available from <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials*

ASTM E162 – 11a, *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	209
INTRODUCTION	211
1 Domaine d'application	212
2 Références normatives.....	213
3 Termes et définitions	215
4 Protection contre les dangers	226
4.1 Généralités	226
4.2 Conditions anormales et de défaut	227
4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités.....	228
4.3.1 Généralités.....	228
4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie.....	229
4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours).....	230
4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs.....	231
4.3.5 <i>Courant de courte durée admissible</i> des accès d'entrée, I_{CW}	231
4.4 Protection contre les chocs électriques	231
4.4.1 Généralités.....	231
4.4.2 <i>Classe de tension déterminante</i>	231
4.4.3 Disposition relative à la <i>protection principale</i>	237
4.4.4 Disposition relative à la <i>protection en cas de défaut</i>	239
4.4.5 <i>Protection renforcée</i>	245
4.4.6 Mesures de protection	246
4.4.7 Isolation.....	248
4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR).....	264
4.4.9 Décharge de condensateurs.....	265
4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique	265
4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur	265
4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance	266
4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques	266
4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie.....	266
4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie	267
4.6.3 <i>Enveloppes contre le feu</i>	268
4.6.4 Limites de température	272
4.6.5 Sources à puissance limitée.....	275
4.7 Protection contre les dangers mécaniques	277
4.7.1 Généralités.....	277
4.7.2 Exigences spécifiques pour le <i>SECP</i> refroidi par liquide	277
4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation.....	278
4.9 Protection contre les contraintes environnementales	279
4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique	280
4.10.1 Généralités.....	280
4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit	280
4.11 Câblage et raccordements	281
4.11.1 Généralités.....	281
4.11.2 Cheminement	281

4.11.3	Codage couleur	281
4.11.4	Epissures et raccordements	281
4.11.5	Connexions accessibles	282
4.11.6	Interconnexions entre les parties d'un <i>SECP</i>	282
4.11.7	Raccordement de l'alimentation	282
4.11.8	Bornes de connexion	282
4.12	Enveloppes	284
4.12.1	Généralités	284
4.12.2	Poignées et organes de commande manuels	285
4.12.3	Métaux coulés	285
4.12.4	Tôle	285
4.12.5	Essai de stabilité pour <i>enveloppe</i>	288
5	Exigences d'essai	289
5.1	Généralités	289
5.1.1	Objectifs et classification des essais	289
5.1.2	Sélection des échantillons pour les essais	289
5.1.3	Séquence d'essais	289
5.1.4	Conditions de mise à la terre	289
5.1.5	Conditions générales d'essai	290
5.1.6	Conformité	290
5.1.7	Vue d'ensemble des essais	291
5.2	Spécifications des essais	293
5.2.1	Inspections visuelles (<i>essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série</i>)	293
5.2.2	Essais mécaniques	293
5.2.3	Essais électriques	298
5.2.4	Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés	314
5.2.5	Essais de matériaux	321
5.2.6	Essais environnementaux (<i>essais de type</i>)	325
5.2.7	Pression hydrostatique (<i>essai de type et essai individuel de série</i>)	330
6	Exigences relatives aux informations et au marquage	330
6.1	Généralités	330
6.2	Informations pour le choix	332
6.3	Informations pour l'installation et la mise en service	333
6.3.1	Généralités	333
6.3.2	Considérations d'ordre mécanique	333
6.3.3	Environnement	333
6.3.4	Manutention et montage	334
6.3.5	Température de l' <i>enveloppe</i>	334
6.3.6	Connexions	334
6.3.7	Exigences de protection	335
6.3.8	Mise en service	336
6.4	Informations pour l'utilisation	336
6.4.1	Généralités	336
6.4.2	Réglage	337
6.4.3	Étiquettes, panneaux et signaux	337
6.5	Informations pour la maintenance	339
6.5.1	Généralités	339

6.5.2	Décharge de condensateurs.....	339
6.5.3	Redémarrage automatique/connexion de dérivation.....	340
6.5.4	Autres dangers	340
6.5.5	Matériels à plusieurs sources d'alimentation	340
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....		341
Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution		362
Annexe C (informative) Symboles référencés dans l'IEC 62477-1.....		363
Annexe D (normative) Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite		364
Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air		371
Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz.....		373
Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds.....		379
Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR		380
Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension		384
Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....		391
Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques		394
Annexe L (informative) Instrument de mesure du <i>courant de contact</i>		395
Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès		396
Annexe N (informative) Lignes directrices relatives au courant de court-circuit		399
Bibliographie		413
Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau sèche.....		235
Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide.....		235
Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la <i>fibrillation ventriculaire</i> pour une condition de peau humide-salée		236
Figure 4 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....		241
Figure 5 – Exemple d'assemblage <i>SECP</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée.....		242
Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une <i>enveloppe contre le feu</i> sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé.....		270
Figure 7 – Construction de l' <i>enveloppe contre le feu</i> avec plaque écran		271
Figure 8 – Parties d' <i>enveloppe</i> avec et sans châssis support		286
Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier		296
Figure 10 – Procédures d'essai de tension.....		304
Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le <i>SECP</i> avec protection du câble d'alimentation.....		311
Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le <i>SECP</i>		312
Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé		321
Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud		323
Figure A.1 – Protection au moyen de la <i>CTD As</i> avec <i>séparation de protection</i>		341
Figure A.2 – Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i>		342

Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées.....	343
Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	346
Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	347
Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée.....	347
Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	348
Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	348
Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée.....	349
Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche.....	350
Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide.....	350
Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	351
Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	352
Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée.....	352
Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	353
Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	354
Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée.....	354
Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche.....	355
Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide.....	356
Figure A.20 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.a.....	357
Figure A.21 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> c.c.....	357
Figure A.22 – Forme d’onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> pulsante.....	358
Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d’isolement dans l’air.....	374
Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite.....	376
Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l’ <i>isolation</i> solide selon l’Equation (1).....	378
Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d’un <i>SECP</i>	380
Figure H.2 – Formes d’ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance.....	382
Figure I.1 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l’installation</i>	384
Figure I.2 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i>	385
Figure I.3 – Evaluation de l’ <i>isolation principale</i> pour les matériels mono et triphasés non connectés en permanence au <i>réseau</i>	385

Figure I.4 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau de l'installation</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	385
Figure I.5 – Évaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	386
Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	386
Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	387
Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la <i>séparation de protection</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	387
Figure I.9 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i>	388
Figure I.10 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits non connectés directement au <i>réseau</i>	388
Figure I.11 – Evaluation de l' <i>isolation</i> fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes	388
Figure I.12 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés et non connectés directement au <i>réseau</i>	389
Figure I.13 – Evaluation de l' <i>isolation</i> pour un circuit accessible de <i>CTD A</i>	389
Figure I.14 – <i>CEP</i> avec <i>réseau</i> et non- <i>réseau</i> sans séparation galvanique	390
Figure I.15 – Convertisseur <i>CEP</i> isolé par des transformateurs (de base) avec <i>dispositif de protection contre les surtensions (SPD)</i> et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l' <i>isolation</i> fonctionnelle et l' <i>isolation principale</i>	390
Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu)	391
Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 µm, 100 µm et 150 µm	392
Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers	392
Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres	393
Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique	393
Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V)	394
Figure L.1 – Instrument de mesure	395
Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA)	396
Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB)	397
Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X)	398
Figure N.1 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CC}	401
Figure N.2 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur	402
Figure N.3 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un fusible limiteur de courant	402
Figure N.4 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CW}	403
Figure N.5 – Deux <i>SECP</i> avec différentes spécifications	405

Figure N.6 – Un SECP avec spécification différente pour chaque accès d'entrée de l'alimentation réseau.....	407
Figure N.7 – Organigramme pour la classification de I_{CC} ou de I_{CW}	410
Tableau 1 – Liste alphabétique des termes	216
Tableau 2 – Sélection de la CTD pour la tension de contact en cas de fibrillation ventriculaire	232
Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps.....	233
Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau	233
Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante	234
Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude.....	237
Tableau 7 – Section du conducteur de mise à la terre de protection ^a	243
Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution	249
Tableau 9 – Tension de choc et surtension temporaire par rapport à la tension système.....	251
Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire	256
Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres)	259
Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des parties actives non isolées.....	261
Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des enveloppes contre le feu	271
Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes	273
Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du SECP	275
Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités	276
Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités	276
Tableau 18 – Conditions environnementales de service	280
Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'enveloppe	284
Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: acier au carbone ou acier inoxydable.....	287
Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'enveloppes: aluminium, cuivre ou laiton	288
Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais.....	292
Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels	298
Tableau 24 – Essai de tension de choc	299
Tableau 25 – Tension d'essai de choc	300
Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au réseau	301
Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au réseau sans surtensions temporaires.....	302
Tableau 28 – Essai de décharge partielle.....	306
Tableau 29 – Durée de l'essai de liaison équipotentielle de protection.....	313
Tableau 30 – Essais environnementaux	326
Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent).....	327

Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent).....	328
Tableau 33 – Essai de vibration	329
Tableau 34 – Essai au brouillard salin.....	329
Tableau 35 – Essai aux poussières et sable.....	330
Tableau 36 – Exigences d'informations	331
Tableau 37 – Essai de tenue au <i>courant alternatif de courte durée admissible</i> , exigences minimales applicables au SECP	320
Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la <i>fibrillation ventriculaire</i>	344
Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un <i>fort effet musculaire</i>	345
Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une <i>réaction de tressaillement</i>	345
Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques	360
Tableau C.1 – Symboles utilisés	363
Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution	364
Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m	371
Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans l'air à des altitudes différentes	371
Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de l'IEC 60664-4:2005).....	375
Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes	375
Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de fréquences (Tableau 2 de l'IEC 60664-4:2005).....	377
Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds	379

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62477-1 édition 1.1 contient la première édition (2012-07) [documents 22/200/FDIS et 22/204/RVD] et son amendement 1 (2016-07) [documents 22/270A/FDIS et 22/274/RVD].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62477-1 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Elle a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62477, publiées sous le titre général *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Dans la présente norme, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans l'IEC 61508. Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de l'IEC.

La présente norme a été élaborée afin:

- d'être utilisée comme document de référence par les comités de produits du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance;
- de remplacer l'IEC 62103 en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales pour les aspects de sécurité des systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance dans les appareils pour lesquels il n'existe pas de norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de l'IEC 62103 comporte des aspects relatifs à la fiabilité qui ne sont pas couverts par la présente norme.

- d'être utilisée comme un document de référence par les comités de produits hors du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux convertisseurs électroniques de puissance et matériels destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Au moment de la publication, les TC 82, TC 88, TC 105 et TC 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

Il convient que les comités d'études qui utilisent le présent document tiennent tout particulièrement compte de la pertinence de chaque alinéa du présent document pour le produit à l'étude, et fassent référence, ajoutent, remplacent ou modifient les exigences selon les cas. Les sujets spécifiques aux produits non couverts par le présent document relèvent de la responsabilité des comités d'études qui utilisent le présent document comme document de référence.

La présente norme groupée de sécurité ne prévaut nullement sur toute norme spécifique de produits conformément au Guide 104 de l'IEC. Le Guide 104 de l'IEC fournit des informations sur la responsabilité des comités de produits quant à l'utilisation des normes groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs propres normes de produits.

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la *conversion de puissance électronique* et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c.

Le présent document peut également être utilisé comme norme de référence par les comités de produits qui élaborent des normes de produits applicables aux:

- systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable;
- alimentations sans interruption autonomes (ASI);
- alimentations stabilisées basse tension en courant continu.

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, la présente norme spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

La présente partie de l'IEC 62477 a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC applicable aux systèmes électroniques de conversion de puissance et équipements pour énergie solaire, éolienne, des marée, des vagues, des piles à combustible ou sources d'énergie analogues.

Conformément au Guide 104 de l'IEC, il incombe aux comités d'études d'utiliser, dans toute la mesure du possible, les publications fondamentales de sécurité et/ou les publications groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs normes de produits.

La présente Norme internationale:

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP;
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP;
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP;
- précise des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, en cours d'utilisation et de fonctionnement et, lorsque cela est spécifiquement indiqué, au cours des opérations d'entretien et de maintenance;
- précise les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le fabricant.

La présente Norme internationale ne couvre pas:

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil;
- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités par exemple par l'IEC 61508;
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse: <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60068-2-68, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

IEC 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais uniquement)

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC/TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

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

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible à l'adresse: <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à haute fréquence*

IEC 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*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flamme d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Exigences générales*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

IEC 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flamme d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

IEC 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais uniquement)

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais uniquement)

ISO 3864-1, *Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique* (disponible à l'adresse: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9772, *Plastiques alvéolaires -- Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials* (disponible en anglais uniquement)

ASTM E162 – 11a: *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source* (disponible en anglais uniquement)