

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 978-2-8322-2199-0

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	11
INTRODUCTION.....	14
1 Scope.....	16
2 Normative references	17
3 Terms and definitions	20
4 Protection against hazards	33
4.1 General.....	33
4.2 <i>Single fault conditions and abnormal operating conditions</i>	33
4.3 Short-circuit and overload protection.....	34
4.3.1 General	34
4.3.2 Input short-circuit withstand strength and <i>output short-circuit current</i> ability.....	36
4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)	37
4.3.4 Protection by several devices	37
4.4 Protection against electric shock.....	37
4.4.1 General	37
4.4.2 <i>Decisive voltage class</i>	40
4.4.3 Means for <i>basic protection</i> (protection against direct contact).....	44
4.4.4 Means for <i>fault protection</i> (protection against indirect contact)	45
4.4.5 Means for <i>enhanced protection</i>	55
4.4.6 Protective means for equipment classes	56
4.4.7 <i>Insulation</i>	58
4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD).....	75
4.4.9 Capacitor discharge.....	76
4.5 Protection against electrical energy hazards	76
4.5.1 <i>General access areas</i>	76
4.5.2 <i>Service access areas</i>	77
4.6 Protection against fire and thermal hazards	77
4.6.1 Circuits representing a fire hazard	77
4.6.2 <i>Components</i> representing a fire hazard	77
4.6.3 <i>Fire enclosures</i>	79
4.6.4 Temperature limits	83
4.6.5 Limited power sources	86
4.7 Protection against mechanical hazards	87
4.7.1 General	87
4.7.2 Specific requirements for liquid cooled <i>PECS</i>	88
4.7.3 Mechanical hazards from rotating parts	89
4.7.4 Sharp edges	90
4.8 <i>PECS</i> with multiple sources of supply	90
4.9 Protection against environmental stresses	91
4.10 Protection against excessive acoustic noise hazards	92
4.11 Wiring and connections.....	93
4.11.1 General	93
4.11.2 <i>Insulation</i> of conductors.....	93
4.11.3 Stranded wire	95
4.11.4 Routing and clamping	95
4.11.5 Identification of conductors and terminals	95

4.11.6	Splices and connections	96
4.11.7	<i>Accessible connections</i>	96
4.11.8	Interconnections between parts of the <i>PECS</i>	97
4.11.9	Supply connections	97
4.11.10	<i>Field wiring terminals</i> and internal terminals	99
4.11.11	Means for shield connection of shielded wire or shielded cable	101
4.12	<i>Enclosures</i>	101
4.12.1	General	101
4.12.2	Handles and manual controls	102
4.12.3	Cast metal	102
4.12.4	Sheet metal	103
4.12.5	Stability requirement for <i>enclosure</i>	105
4.12.6	Strain relief	106
4.12.7	Polymeric <i>enclosure</i> stress relief	106
4.12.8	Polymeric <i>enclosure</i> UV resistance	106
4.13	<i>Components</i>	106
4.13.1	General	106
4.13.2	PTC thermistors	107
4.13.3	<i>Mains supply cords</i>	107
4.13.4	Capacitors and RC units bridging <i>insulation</i>	107
4.13.5	Wound components	107
4.13.6	Plug and socket-outlets	108
4.14	Protection against electromagnetic fields	108
5	Test requirements	108
5.1	General	108
5.1.1	Test objectives and classification	108
5.1.2	Selection of test samples	108
5.1.3	Sequence of tests	108
5.1.4	Earthing conditions	109
5.1.5	General conditions for tests	109
5.1.6	Compliance	110
5.1.7	Test overview	110
5.2	Test specifications	112
5.2.1	<i>Visual inspection (type test and routine test)</i>	112
5.2.2	Mechanical tests	112
5.2.3	Electrical tests	121
5.2.4	<i>Abnormal operation</i> and simulated faults tests	141
5.2.5	Material tests	148
5.2.6	Environmental tests (<i>type tests</i>)	153
5.2.7	Hydrostatic pressure test (<i>type test, routine test</i>)	157
5.2.8	Electromagnetic fields (EMF)	158
6	Information and marking requirements	158
6.1	General	158
6.2	Information for selection	160
6.2.1	General	160
6.2.2	Instructions and markings pertaining to <i>accessories</i>	162
6.3	Information for installation and commissioning	162
6.3.1	General	162
6.3.2	Mechanical considerations	162

6.3.3	Environment	162
6.3.4	Handling and mounting	162
6.3.5	<i>Enclosure</i> temperature.....	163
6.3.6	<i>Open type PECS</i>	163
6.3.7	Connections	163
6.3.8	Commissioning	165
6.3.9	Protection requirements.....	165
6.4	Information for intended use	167
6.4.1	General	167
6.4.2	Adjustment	167
6.4.3	Labels, signs, symbols and signals	168
6.4.4	Hot surfaces	170
6.4.5	Control and device marking	170
6.5	Supplementary information	170
6.5.1	Maintenance	170
6.5.2	Capacitor discharge.....	171
6.5.3	Auto restart/bypass connection.....	171
6.5.4	Other hazards.....	171
6.5.5	<i>PECS</i> with multiple sources of supply	171
6.5.6	Replaceable fuses in neutral of single-phase <i>PECS</i>	171
Annex A	(normative) Additional information for protection against electric shock	173
A.1	General.....	173
A.2	Protection by means of <i>DVC As</i>	173
A.3	Protection by means of <i>protective impedance</i>	173
A.4	Protection by using limited voltages	174
A.5	Evaluation of the <i>working voltage</i> of circuits.....	175
A.5.1	General	175
A.5.2	Classification of the <i>working voltage</i>	175
A.5.3	<i>AC working voltage</i>	176
A.5.4	<i>DC working voltage</i>	176
A.5.5	<i>Pulsating working voltage</i>	177
A.6	The concept of protective means according to 4.4.....	178
A.6.1	General	178
A.6.2	Examples of the use of elements of protective means.....	178
Annex B	(informative) Considerations for the reduction of the <i>pollution degree</i>	180
B.1	General.....	180
B.2	Factors influencing the <i>pollution degree</i>	180
B.3	Reduction of influencing factors	180
Annex C	(informative) Symbols referred to in this document	181
C.1	Symbols used	181
C.2	Determination of contrast	182
Annex D	(normative) Evaluation of <i>clearance</i> and <i>creepage distances</i>	184
D.1	Measurement.....	184
D.2	Relationship of measurement to <i>pollution degree</i>	184
D.3	Examples.....	185
Annex E	(normative) Altitude correction for <i>clearances</i>	191
E.1	Correction factor for <i>clearances</i> at altitudes above 2 000 m	191
E.2	Test voltages for verifying <i>clearances</i> at different altitudes	191

Annex F (normative) <i>Clearance</i> and <i>creepage distance</i> determination for frequencies greater than 30 kHz	193
F.1 General influence of the frequency on the withstand characteristics.....	193
F.2 <i>Clearance</i>	193
F.2.1 General	193
F.2.2 <i>Clearance</i> for inhomogenous fields	194
F.2.3 <i>Clearance</i> for approximately homogenous fields	195
F.3 <i>Creepage distance</i>	196
F.4 <i>Solid insulation</i>	197
F.4.1 General	197
F.4.2 Approximately uniform field distribution without air gaps or voids.....	197
F.4.3 Other cases	198
Annex G (informative) Cross-sections of round conductors	199
Annex H (informative) Guidelines for RCD compatibility	200
H.1 Selection of RCD type.....	200
H.2 Fault current waveforms.....	201
Annex I (informative) Examples of <i>overvoltage category</i> reduction	204
I.1 General.....	204
I.2 Protection to the surroundings (see 4.4.7.2).....	204
I.2.1 Circuits connected to <i>mains supply</i> (see 4.4.7.2.3)	204
I.2.2 Circuits connected to the <i>non-mains supply</i> (see 4.4.7.2.4)	207
I.2.3 Protection between circuits (see 4.4.7.2.7)	207
I.3 <i>Functional insulation</i> (see 4.4.7.3)	208
I.4 Further examples	208
I.5 Circuits with multiple supplies (see 4.4.7.2.1)	209
Annex J (informative) Burn thresholds for touchable surfaces	210
J.1 General.....	210
J.2 Burn thresholds.....	210
Annex K (informative) Table of electrochemical potentials	214
Annex L (informative) Measuring instrument for <i>touch current</i> measurements	215
L.1 Measuring instrument 1.....	215
L.2 Measuring instrument 2.....	215
L.3 Measuring instrument 3.....	216
Annex M (normative) Test probes for determining access	217
Annex N (informative) Guidance regarding short-circuit current.....	220
N.1 General.....	220
N.2 Coordination of short-circuit current	221
N.2.1 General	221
N.2.2 <i>Conditional short-circuit current</i> (I_{CC}) and <i>minimum required prospective short-circuit current</i> ($I_{CP, mr}$)	221
N.2.3 <i>Short-time withstand current</i> (I_{CW})	223
N.3 Guidance for specification of short-circuit current and <i>short-circuit protective device</i>	224
N.3.1 General	224
N.3.2 Example 1: Two or more <i>PECS</i> with different ratings	225
N.3.3 Specification of I_{CC}	226
N.3.4 Specification of I_{CW}	226

N.3.5	Example 2: One <i>PECS</i> with more than one rating	227
N.3.6	Additional explanation on terms, definitions and specifications	228
N.4	Short-circuit rating and <i>single fault conditions</i> testing	229
N.4.1	General	229
N.4.2	Exemption from <i>short-time withstand current</i> testing	231
N.5	Guideline for short-circuit analysis	231
Annex O (informative)	Guidelines for determination of <i>clearance</i> and <i>creepage distances</i>	232
O.1	Guideline for determination of <i>clearances</i>	232
O.2	Guideline for determination of <i>creepage distances</i>	233
O.3	Minimum spacings within <i>solid insulation</i> or similar	233
Annex P (informative)	Protection of persons against electromagnetic fields for frequencies from 0 Hz up to 300 GHz	235
P.1	General influence of electromagnetic fields to persons	235
P.1.1	General	235
P.1.2	Low-frequency electric fields effects (1 Hz to 100 kHz)	235
P.1.3	Low-frequency magnetic fields effects (1 Hz to 100 kHz)	235
P.1.4	Low-frequency electric and magnetic fields effects	235
P.1.5	High-frequency electromagnetic fields effects (100 kHz to 300 GHz)	235
P.1.6	Current knowledge on low-level effects	236
P.1.7	Biological effects versus adverse health effects	236
P.1.8	Influence of EMF on passive and active medical implants	236
P.2	Requirements from ICNIRP LF guidelines against exposure to EMF	236
P.2.1	Adoption of exposure limits from ICNIRP	236
P.2.2	Limits of EMF exposure for transportation and storage	238
P.3	Protection of persons against exposure of EMF	238
P.3.1	General	238
P.3.2	EMF requirements for general public access areas	239
P.3.3	EMF requirements for <i>general access areas</i> , <i>service access areas</i> and <i>restricted access areas</i>	239
P.3.4	EMF requirements for transportation and storage	239
P.4	Electromagnetic fields (EMF) test (<i>type test</i>)	240
P.4.1	General test set up for EMF	240
P.4.2	EMF test (<i>type test</i>)	240
P.5	Electromagnetic fields (EMF) marking	240
Annex Q (informative)	Maximum disconnection times	241
Annex R (informative)	Risk assessment according to IEC Guide 116	242
R.1	General	242
R.2	Risk assessment	242
Annex S (informative)	Guidance to product technical committees	244
Bibliography	245

Figure 1 – Protective means for protection against electric shock considering <i>Class I equipment</i> and <i>Class II equipment</i>	39
--	----

Figure 2 – Protective means for protection against electric shock considering <i>Class III equipment</i> or <i>accessible circuits</i> of <i>DVC As</i>	40
---	----

Figure 3 – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i>	47
---	----

Figure 4 – Example of a <i>PECS</i> assembly and its associated <i>protective equipotential bonding</i> through direct metallic contact.....	48
Figure 5 – Time-voltage zones for <i>accessible circuits</i> of <i>DVC As</i> and <i>DVC B – DC</i> during <i>single fault conditions</i>	52
Figure 6 – Time-voltage zones for <i>accessible circuits</i> of <i>DVC As</i> and <i>DVC B – AC peak</i> during <i>single fault conditions</i>	53
Figure 7 – Time-voltage zones for conductive <i>accessible parts</i> during <i>single fault conditions</i>	54
Figure 8 – <i>Fire enclosure</i> bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous <i>component</i>	81
Figure 9 – <i>Fire enclosure</i> baffle construction.....	82
Figure 10 – Example for interconnections within <i>permanently connected PECS</i> and between parts of them	93
Figure 11 – Example of cable as an arrangement of insulated conductors.....	94
Figure 12 – Detachable <i>mains supply</i> cords and connections.....	98
Figure 13 – Example for evaluation of wire bending space	101
Figure 14 – Supported and unsupported <i>enclosure parts</i>	103
Figure 15 – Impact test using a steel ball.....	118
Figure 16 – Voltage test procedures	127
Figure 17 – Partial discharge test procedure.....	129
Figure 18 – <i>Protective equipotential bonding</i> impedance test for separate <i>PECS</i> with power fed from the <i>PECS</i> with protection for the power cable	134
Figure 19 – <i>Protective equipotential bonding</i> impedance test for sub-assembly with <i>accessible parts</i> and with power fed from the <i>PECS</i>	135
Figure 20 – Electric strength test instrument	138
Figure 21 – Mandrel.....	139
Figure 22 – Initial position of mandrel	139
Figure 23 – Final position of mandrel	139
Figure 24 – Position of metal foil on insulating material.....	140
Figure 25 – Circuit for high-current arcing test	148
Figure 26 – Test fixture for hot-wire ignition test	150
Figure A.1 – Protection by <i>DVC As</i> with <i>enhanced protection</i>	173
Figure A.2 – Protection by means of <i>protective impedance</i>	174
Figure A.3 – Protection by using limited voltages	174
Figure A.4 – Typical waveform for <i>AC working voltage</i>	176
Figure A.5 – Typical waveform for <i>DC working voltage</i>	176
Figure A.6 – Typical waveform for pulsating <i>working voltage</i>	177
Figure D.1 – Example of measurements including a groove	185
Figure D.2 – Example of measurements including a groove	185
Figure D.3 – Example of measurements including a groove	185
Figure D.4 – Example of measurements including a rib.....	186
Figure D.5 – Example of measurements providing protection of type 2.....	186
Figure D.6 – Example of measurements providing protection of type 1.....	186
Figure D.7 – Example of measurements providing protection of type 1.....	187
Figure D.8 – Example of measurements providing protection of type 1.....	187
Figure D.9 – Example of measurements including a barrier (cemented joint).....	187

Figure D.10 – Example of measurements including a barrier.....	188
Figure D.11 – Example of measurements including a gap	188
Figure D.12 – Example of measurements including a gap	189
Figure D.13 – Example of measurements including an isolated conductive part	189
Figure D.14 – Example of measurements in inner layer of PWB	189
Figure D.15 – Example of measurements on <i>enclosure</i> of insulating material to a part inside.....	190
Figure F.1 – Diagram for dimensioning of <i>clearances</i>	194
Figure F.2 – Diagram for dimensioning of <i>creepage distances</i>	196
Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of <i>solid insulation</i> according to Formula (F.1).....	198
Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a <i>PECS</i>	200
Figure H.2 – Symbols for marking depending on the type of RCD	201
Figure H.3 – Fault current waveforms in connections with <i>power electronic converter</i> devices	203
Figure I.1 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i>	204
Figure I.2 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i>	205
Figure I.3 – <i>Basic protection</i> evaluation for single and three phase <i>PECS</i> not <i>permanently connected</i> to the <i>mains supply</i>	205
Figure I.4 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the origin of the <i>installation mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	205
Figure I.5 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used.....	206
Figure I.6 – Example of <i>enhanced protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used	206
Figure I.7 – Example of <i>enhanced protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used	206
Figure I.8 –Example of <i>enhanced protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i> where internal <i>SPDs</i> are used	207
Figure I.9 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>non-mains supply</i>	207
Figure I.10 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the the origin of the <i>installation non-mains supply</i>	207
Figure I.11 – <i>Functional insulation</i> evaluation within circuits affected by external transients.....	208
Figure I.12 – <i>Basic protection</i> evaluation for circuits connected to the <i>mains supply</i>	208
Figure I.13 – <i>Insulation</i> evaluation for <i>accessible circuit</i> of <i>DVC As</i>	208
Figure I.14 – <i>PEC</i> with <i>mains supply</i> and <i>non-mains supply</i> without galvanic isolation	209
Figure I.15 – Transformer (basic protected) <i>PEC</i> inverter with <i>SPD</i> and transformer to reduce impulse voltage for functional and <i>basic protection</i>	209
Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal.....	210
Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish.....	211
Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials	211
Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials	212

Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics	213
Figure L.1 – Measuring instrument 1	215
Figure L.2 – Measuring instrument 2	215
Figure M.1 – Sphere 50 mm probe according to IEC 61032:1997, test probe A	217
Figure M.2 – Jointed test finger according to IEC 61032:1997, test probe B	218
Figure M.3 – Test rod 2,5 mm according to IEC 61032:1997, test probe C	219
Figure M.4 – Sphere 12,5 mm test probe according to IEC 61032:1997, test probe 2	219
Figure N.1 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CC}	222
Figure N.2 – Example of tripping characteristic of a circuit breaker	223
Figure N.3 – Example of tripping characteristic of a current-limiting fuse	223
Figure N.4 – Example of short-circuit current curve under specification of I_{CW}	224
Figure N.5 – Two PECS with different specifications	225
Figure N.6 – One PECS with different specification for each input <i>mains supply port</i>	227
Figure N.7 – Flowchart for classification of I_{CC} or I_{CW}	230
Figure O.1 – Flowchart for determination of <i>clearance</i>	232
Figure O.2 – Flowchart for determination of <i>creepage distance</i>	233
Table 1 – Alphabetical list of terms	20
Table 2 – Voltage limits for the <i>decisive voltage classes DVC</i>	42
Table 3 – Minimum protection requirements for circuit under consideration	43
Table 4 – <i>PE conductor</i> cross-sectional area	49
Table 5 – Limits for access of <i>touch current</i>	56
Table 6 – Definitions of <i>pollution degrees</i>	59
Table 7 – <i>Impulse withstand voltage</i> and <i>temporary overvoltage</i> versus <i>system voltage</i>	61
Table 8 – <i>Clearances</i> for <i>functional insulation</i> , <i>basic insulation</i> or <i>supplementary insulation</i> for inhomogeneous fields	66
Table 9 – <i>Creepage distances</i>	69
Table 10 – Generic materials for the direct support of uninsulated <i>live parts</i>	71
Table 11 – Thin sheet material thickness through <i>insulation</i> requirements	72
Table 12 – Flammability classes and classification standards	78
Table 13 – Permitted openings in <i>fire enclosure</i> bottoms	82
Table 14 – Maximum measured temperatures for internal materials and <i>components</i>	84
Table 15 – Maximum measured temperatures for <i>accessible parts</i> of the PECS	86
Table 16 – Limits for sources without an <i>overcurrent protective device</i>	87
Table 17 – Limits for power sources with an <i>overcurrent protective device</i>	87
Table 18 – Environmental service conditions	92
Table 19 – Wire bending space from terminals to <i>enclosure</i>	100
Table 20 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : carbon steel or stainless steel	104
Table 21 – Thickness of sheet metal for <i>enclosures</i> : aluminium, copper or brass	105
Table 22 – Environmental conditions for tests	109
Table 23 – Test overview	110
Table 24 – Pull values for handles and manual control securement	120

Table 25 – Values for physical tests on strain relief of <i>enclosure</i>	120
Table 26 – <i>Impulse withstand voltage</i> test procedure	122
Table 27 – <i>Impulse withstand voltage test</i>	123
Table 28 – AC or DC test voltage for circuits connected directly to <i>mains supply</i>	125
Table 29 – AC or DC test voltage for circuits connected to <i>non-mains supply</i> without <i>temporary overvoltages</i>	125
Table 30 – Partial discharge test.....	129
Table 31 – Test duration for <i>protective equipotential bonding</i> test.....	136
Table 32 – AC <i>short-time withstand current</i> test, minimum <i>PECS</i> requirements	145
Table 33 – Environmental tests	153
Table 34 – Dry heat test (steady state)	154
Table 35 – Damp heat test (steady state).....	155
Table 36 – Vibration test.....	156
Table 37 – Salt mist test	156
Table 38 – Dust test.....	157
Table 39 – Sand test.....	157
Table 40 – Marking location	159
Table A.1 – Examples for protection against electric shock.....	179
Table C.1 – Symbols used	181
Table D.1 – Width of grooves by <i>pollution degree</i>	184
Table E.1 – Correction factor for <i>clearances</i> at altitudes between 2 000 m and 20 000 m	191
Table E.2 – Test voltages for verifying <i>clearances</i> at different altitudes	192
Table F.1 – Minimum values of <i>clearances</i> in air at atmospheric pressure for inhomogeneous field conditions	195
Table F.2 – Multiplication factors for <i>clearances</i> in air at atmospheric pressure for approximately homogeneous field conditions	195
Table F.3 – Minimum values of <i>creepage distances</i> for different frequency ranges	197
Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors.....	199
Table K.1 – Table of electrochemical potentials	214
Table O.1 – Minimum spacings within <i>solid insulation</i> or similar.....	234
Table P.1 – Limits of EMF for general public exposure.....	237
Table P.2 – Limits of EMF for occupational exposure.....	238
Table P.3 – Limits for magnetic flux density of static magnetic fields (2013/35/EU).....	238
Table P.4 – EMF test overview	240
Table 41.1 – Maximum disconnection times	241
Table R.1 – Risk assessment.....	242

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.

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

This document is developed according to the intent of ISO/IEC Guide 51 and IEC Guide 116.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2012 and Amendment 1:2016. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) PECS emitting or receiving radio waves added in the Scope;
- b) simplification of the concept of DVC As including the voltage-time-zones;

- c) improved consistency of the concept "protection" versus "insulation" according to IEC 61140;
- d) limits for touch current updated and limits for PE conductor currents added;
- e) thin sheet of tape materials reworked and tests added;
- f) inner layers of multi-layer printed wiring boards added;
- g) mechanical hazards updated;
- h) requirements for enclosures updated;
- i) requirements for wiring and connections updated;
- j) polymeric enclosure requirements updated;
- k) requirements for components added;
- l) several test added (e.g. UV, working voltage, SPD, preconditioning);
- m) information and marking requirements updated;
- n) requirements for the contrast of symbols added;
- o) several annexes updated.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
22/355/FDIS	22/356/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

NOTE Due to the requirement in ISO/IEC Directive Part 2, the defined term is in singular. In this document, also the plural is in *italic*.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document 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.

The contents of the corrigendum 1 (2024-04) have been included in this copy.

INTRODUCTION

This document relates to products that include *power electronic converters*, with a rated *system voltage* not exceeding 1 000 V AC or 1 500 V DC. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508 (all parts). 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.

During the update of the document, feedback from technical committees which used the IEC 62477-1 as reference document has been taken into consideration.

Modifications have been made to 4.4.2 and Annex A considering the safe to touch voltage *DVC As* under normal operating conditions and *single fault conditions*. On request from TCs using this document as a reference document, the determination of *DVC As* has been simplified. The determination of *DVC As* in IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 was developed based on IEC TS 60479-1:2005¹ and IEC TR 60479-5:2007 and in details taking different environmental condition, size of body contact area and body reaction into consideration. This change also included time-voltage zones in Annex A for relevant body reactions, environmental conditions and contact area.

NOTE See IEC 60479-1:2018 for further information about effects of current on human beings and livestock.

This document follows the simplified concepts of the basic safety standard IEC 61140:2016, 5.2.6, considering two situations in Table 2 of this document:

- a) dry and large contact areas;
- b) all other cases.

For the temporary increase of voltage during *single fault conditions*, it was decided to use the more simplified approach to limit the voltage to the maximum voltage of *DVC B* which is also used by other committees.

This document 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 62103² 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 and electromagnetic compatibility aspects, which are not covered by this document.

- 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.

¹ This publication has been withdrawn.

² This publication has been withdrawn.

This group safety standard will not take precedence over 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)*, any specified *accessories*, and 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 AC or 1 500 V DC.

This document also applies to *PECS* which intentionally emit or receive radio waves for the purpose of radio communication.

This document can 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 DC power supplies;
- bidirectional power converters.

For *PECS* and their specified *accessories* for which no product standard exists, this document provides minimum requirements for safety aspects.

This document has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for *power electronic converter systems* 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.

Guidance for use of this group safety publication for product committees is given in Annex S.

This document

- establishes a common terminology for safety aspects relating to *PECS*,
- 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 *PECS* portion of products that contain *PECS*,
- 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, and
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to *PECS* designed as pluggable and *permanently connected equipment*, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the *PECS* in the manner prescribed by the manufacturer.

This document does not cover

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus,
- functional safety aspects as covered by, for example, IEC 61508 (all parts), and
- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-112, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 112: Quantities and units* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-113, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 113: Physics for electrotechnology* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-114, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 114: Electrochemistry* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-192, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 426: Explosive atmospheres* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-441, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-442, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 442: Electrical accessories* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-601, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations* (available at www.electropedia.org)

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

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52:2017, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

- IEC 60068-2-68:1994, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*
- IEC 60068-2-78:2012, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*
- IEC 60320 (all parts), *Appliance couplers for household and similar general purposes*
- IEC 60364 (all parts). *Low-voltage electrical installations*
- IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*
IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017
- IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*
IEC 60364-5-54:2011/AMD1:2021
- IEC 60384-14:2013, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*
- IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)
- IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
IEC 60529:1989/AMD1:1999
IEC 60529:1989/AMD2:2013
- IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <http://std.iec.ch/iec60617>)
- IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
- IEC 60664-3:2016, *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 60695-2-10:2013, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*
- IEC 60695-2-11:2021, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*
- IEC 60695-2-13:2010, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*
IEC 60695-2-13:2010/AMD1:2014
- IEC 60695-10-2:2014, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat – Ball pressure test*
- IEC 60695-11-20:2015, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification of environmental conditions – Part 3-3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60721-3-4:1995, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996

IEC 60730-1:2013, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-1:2013/AMD2:2020

IEC 60738-1-1:2008, *Thermistors – Directly heated positive step-function temperature coefficient – Part 1-1: Blank detail specification – Current limiting application – Assessment level EZ*

IEC 60755:2017, *General safety requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60799:2018, *Electrical accessories – Cord sets and interconnection cord sets*

IEC 60947-7 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment*

IEC 60949:1988, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

IEC 60949:1988/AMD1:2008

IEC 60990:2016, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

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

IEC 61180:2016, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Definitions, test and procedure requirements, test equipment*

IEC 61189-3:2007, *Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies – Part 3: Test methods for interconnection structures (printed boards)*

IEC 61204-7:2016, *Low-voltage switch mode power supplies – Part 7: Safety requirements*

IEC 61558-1:2017, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests*

IEC 62109-1:2010, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

IEC Guide 104:2019, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 116:2018, *Guidelines for safety related risk assessment and risk reduction for low voltage equipment*

ISO 3746:2010, *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 3864 (all parts), *Graphical symbols – Safety colours and safety signs*

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

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

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs* (available at <https://www.iso.org/obp>)

ISO 9614-1:1993, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	260
INTRODUCTION	263
1 Domaine d'application	265
2 Références normatives	266
3 Termes et définitions	269
4 Protection contre les dangers	284
4.1 Généralités	284
4.2 <i>Conditions de premier défaut et conditions anormales de fonctionnement</i>	284
4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités	285
4.3.1 Généralités	285
4.3.2 Capacité de tenue au court-circuit en entrée et au <i>courant de court-circuit en sortie</i>	287
4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours)	288
4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs	288
4.4 Protection contre les chocs électriques	289
4.4.1 Généralités	289
4.4.2 <i>Classe de tension déterminante</i>	291
4.4.3 Moyens de <i>protection principale</i> (protection contre le contact direct)	296
4.4.4 Moyens de <i>protection en cas de défaut</i> (protection contre le contact indirect)	297
4.4.5 Moyens de <i>protection renforcée</i>	307
4.4.6 Moyens de protection des classes de matériels	308
4.4.7 <i>Isolation</i>	310
4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR)	328
4.4.9 Décharge de condensateurs	329
4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique	329
4.5.1 <i>Zones d'accès général</i>	329
4.5.2 <i>Zones d'accès pour l'entretien</i>	330
4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques	331
4.6.1 Circuits qui représentent un danger d'incendie	331
4.6.2 <i>Composants</i> qui représentent un danger d'incendie	331
4.6.3 <i>Enveloppes contre le feu</i>	333
4.6.4 Limites de température	337
4.6.5 Sources à puissance limitée	340
4.7 Protection contre les dangers mécaniques	342
4.7.1 Généralités	342
4.7.2 Exigences spécifiques pour le <i>PECS</i> à refroidissement liquide	342
4.7.3 Dangers mécaniques des parties tournantes	344
4.7.4 Bords vifs	345
4.8 <i>PECS</i> à plusieurs sources d'alimentation	345
4.9 Protection contre les contraintes environnementales	346
4.10 Protection contre les dangers dus au bruit acoustique excessif	347
4.11 Câblage et raccordements	348
4.11.1 Généralités	348
4.11.2 <i>Isolation</i> des conducteurs	348
4.11.3 Câbles multibrins	350

4.11.4	Cheminement et serrage.....	350
4.11.5	Identification des conducteurs et des bornes	350
4.11.6	Epissures et raccordements.....	351
4.11.7	<i>Connexions accessibles</i>	351
4.11.8	Interconnexions entre les parties du <i>PECS</i>	352
4.11.9	Raccordement de l'alimentation	353
4.11.10	<i>Bornes de câblage sur site</i> et bornes internes	355
4.11.11	Moyens de raccordement du blindage des fils ou câbles blindés.....	357
4.12	<i>Enveloppes</i>	357
4.12.1	Généralités	357
4.12.2	Poignées et organes de commande manuels	358
4.12.3	Métaux coulés	358
4.12.4	Tôle	359
4.12.5	Exigence de stabilité pour <i>enveloppe</i>	362
4.12.6	Support d'attache	363
4.12.7	Relâchement des contraintes des <i>enveloppes</i> polymères	363
4.12.8	Résistance au rayonnement UV des <i>enveloppes</i> polymères.....	363
4.13	<i>Composants</i>	364
4.13.1	Généralités	364
4.13.2	Thermistances à PTC	364
4.13.3	Cordons d'alimentation <i>réseau</i>	364
4.13.4	Condensateurs et unités RC qui pontent l' <i>isolation</i>	364
4.13.5	Composants bobinés	365
4.13.6	Prises de courant.....	365
4.14	Protection contre les champs électromagnétiques.....	365
5	Exigences d'essai	365
5.1	Généralités	365
5.1.1	Objectifs et classification des essais.....	365
5.1.2	Sélection des échantillons pour les essais	366
5.1.3	Séquence d'essais.....	366
5.1.4	Conditions de mise à la terre	366
5.1.5	Conditions générales d'essai	366
5.1.6	Conformité.....	367
5.1.7	Vue d'ensemble des essais	368
5.2	Spécifications des essais	370
5.2.1	<i>Inspection visuelle (essai de type et essai individuel de série)</i>	370
5.2.2	Essais mécaniques	370
5.2.3	Essais électriques	379
5.2.4	Essais de <i>fonctionnement anormal</i> et de défauts simulés	401
5.2.5	Essais des matériaux.....	409
5.2.6	Essais d'environnement (<i>essais de type</i>)	414
5.2.7	Essai de pression hydrostatique (essai de type, essai individuel de série).....	419
5.2.8	Champs électromagnétiques.....	420
6	Exigences relatives aux informations et au marquage.....	420
6.1	Généralités	420
6.2	Informations pour le choix.....	423
6.2.1	Généralités	423
6.2.2	Instructions et marquages relatifs aux <i>accessoires</i>	424

6.3	Informations pour l'installation et la mise en service.....	424
6.3.1	Généralités.....	424
6.3.2	Considérations d'ordre mécanique.....	424
6.3.3	Environnement.....	425
6.3.4	Manutention et montage.....	425
6.3.5	<i>Température</i> de l'enveloppe.....	425
6.3.6	<i>PECS de type ouvert</i>	425
6.3.7	Connexions.....	426
6.3.8	Mise en service.....	427
6.3.9	Exigences de protection.....	427
6.4	Informations relatives à l'utilisation prévue.....	430
6.4.1	Généralités.....	430
6.4.2	Réglage.....	430
6.4.3	Étiquettes, panneaux, symboles et signaux.....	431
6.4.4	Surfaces brûlantes.....	433
6.4.5	Contrôle et marquage des dispositifs.....	433
6.5	Informations supplémentaires.....	434
6.5.1	Maintenance.....	434
6.5.2	Décharge de condensateurs.....	434
6.5.3	Redémarrage automatique/connexion de dérivation.....	434
6.5.4	Autres dangers.....	435
6.5.5	<i>PECS</i> à plusieurs sources d'alimentation.....	435
6.5.6	Fusibles remplaçables en neutre du <i>PECS</i> monophasé.....	435
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....		436
A.1	Généralités.....	436
A.2	Protection au moyen de la <i>DVC As</i>	436
A.3	Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i>	436
A.4	Protection au moyen de tensions limitées.....	437
A.5	Évaluation de la <i>tension de fonctionnement</i> des circuits.....	438
A.5.1	Généralités.....	438
A.5.2	Classification de la <i>tension de fonctionnement</i>	438
A.5.3	<i>Tension de fonctionnement</i> en courant alternatif.....	439
A.5.4	<i>Tension de fonctionnement</i> en courant continu.....	440
A.5.5	<i>Tension de fonctionnement</i> pulsante.....	440
A.6	Concept des moyens de protection selon 4.4.....	441
A.6.1	Généralités.....	441
A.6.2	Exemples d'utilisation des éléments de moyens de protection.....	441
Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du <i>degré de pollution</i>		444
B.1	Généralités.....	444
B.2	Facteurs d'influence du <i>degré de pollution</i>	444
B.3	Réduction des facteurs d'influence.....	444
Annexe C (informative) Symboles référencés dans le présent document.....		445
C.1	Symboles utilisés.....	445
C.2	Détermination du contraste.....	446
Annexe D (normative) Évaluation des <i>distances d'isolement</i> et des <i>lignes de fuite</i>		448
D.1	Mesure.....	448
D.2	Relation entre la mesure et le <i>degré de pollution</i>	448
D.3	Exemples.....	449

Annexe E (normative) Correction d'altitude pour les <i>distances d'isolement</i>	455
E.1 Facteur de correction pour les <i>distances d'isolement</i> à des altitudes supérieures à 2 000 m	455
E.2 Tensions d'essai pour la vérification des <i>distances d'isolement</i> à des altitudes différentes	455
Annexe F (normative) Détermination de la <i>distance d'isolement</i> et de la <i>ligne de fuite</i> pour des fréquences supérieures à 30 kHz	457
F.1 Influence générale de la fréquence sur les caractéristiques de tenue de tension de choc.....	457
F.2 <i>Distance d'isolement</i>	457
F.2.1 Généralités.....	457
F.2.2 <i>Distance d'isolement</i> pour des champs non homogènes	458
F.2.3 <i>Distance d'isolement</i> pour des champs presque homogènes.....	459
F.3 <i>Ligne de fuite</i>	460
F.4 <i>Isolation solide</i>	461
F.4.1 Généralités.....	461
F.4.2 Distribution de champs presque uniformes sans distances dans l'air ou vides.....	461
F.4.3 Autres cas	462
Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds	463
Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR	464
H.1 Choix du type de DDR	464
H.2 Formes d'ondes des courants de défaut.....	465
Annexe I (informative) Exemples de réduction de <i>catégorie de surtension</i>	468
I.1 Généralités	468
I.2 Protection par rapport à l'environnement (voir 4.4.7.2).....	468
I.2.1 Circuits connectés au <i>réseau</i> (voir 4.4.7.2.3).....	468
I.2.2 Circuits connectés à une <i>alimentation non raccordée directement au réseau</i> (voir 4.4.7.2.4)	471
I.2.3 Protection entre circuits (voir 4.4.7.2.7)	471
I.3 <i>Isolation fonctionnelle</i> (voir 4.4.7.3)	472
I.4 Autres exemples	472
I.5 Circuits avec raccordement multiple à l'alimentation (voir 4.4.7.2.1).....	473
Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....	474
J.1 Généralités	474
J.2 Seuils de brûlure.....	474
Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques	478
Annexe L (informative) Instrument de mesure du <i>courant de contact</i>	479
L.1 Instrument de mesure 1	479
L.2 Instrument de mesure 2	479
L.3 Instrument de mesure 3	480
Annexe M (normative) Calibres d'essai pour détermination de l'accès.....	481
Annexe N (informative) Recommandations relatives au courant de court-circuit.....	484
N.1 Généralités	484
N.2 Coordination du courant de court-circuit.....	485
N.2.1 Généralités.....	485
N.2.2 <i>Courant de court-circuit conditionnel</i> (I_{CC}) et <i>valeur minimale exigée du courant de court-circuit présumé</i> (I_{CP} , mr)	485

N.2.3	<i>Courant de courte durée admissible (I_{CW})</i>	487
N.3	Recommandations relatives à la spécification du courant de court-circuit et du <i>dispositif de protection contre les courts-circuits</i>	488
N.3.1	Généralités	488
N.3.2	Exemple 1: Deux <i>PECS</i> ou plus avec différentes valeurs assignées	489
N.3.3	Spécification de I_{CC}	490
N.3.4	Spécification de I_{CW}	491
N.3.5	Exemple 2: Un <i>PECS</i> avec plusieurs valeurs assignées.....	491
N.3.6	Explications complémentaires sur les termes, définitions et spécifications.....	493
N.4	Courant de court-circuit assigné et essais en <i>conditions de premier défaut</i>	494
N.4.1	Généralités	494
N.4.2	Exemption des essais de <i>courant de courte durée admissible</i>	496
N.5	Lignes directrices pour l'analyse des courts-circuits	497
Annexe O (informative)	Lignes directrices pour la détermination des <i>distances d'isolement</i> et des <i>lignes de fuite</i>	498
O.1	Lignes directrices pour la détermination des <i>distances d'isolement</i>	498
O.2	Lignes directrices pour la détermination des <i>lignes de fuite</i>	499
O.3	Espacements minimaux dans l' <i>isolation solide</i> ou similaire	499
Annexe P (informative)	Protection des personnes contre les champs électromagnétiques pour des fréquences comprises entre 0 Hz et 300 GHz	501
P.1	Influence générale des champs électromagnétiques sur les personnes.....	501
P.1.1	Généralités	501
P.1.2	Effets des champs électriques à basse fréquence (de 1 Hz à 100 kHz).....	501
P.1.3	Effets des champs magnétiques à basse fréquence (de 1 Hz à 100 kHz).....	501
P.1.4	Effets des champs électriques et magnétiques à basse fréquence	501
P.1.5	Effets des champs électromagnétiques à haute fréquence (de 100 kHz à 300 GHz)	502
P.1.6	Connaissances actuelles sur les effets à faible niveau.....	502
P.1.7	Effets biologiques et effets nocifs sur la santé	502
P.1.8	Influence des champs électromagnétiques sur les implants médicaux passifs et actifs.....	502
P.2	Exigences issues des lignes directrices de l'ICNIRP relatives aux basses fréquences concernant l'exposition aux champs électromagnétiques	503
P.2.1	Adoption des limites d'exposition de l'ICNIRP	503
P.2.2	Limites d'exposition aux champs électromagnétiques pour le transport et le stockage	505
P.3	Protection des personnes contre l'exposition aux champs électromagnétiques.....	505
P.3.1	Généralités	505
P.3.2	Exigences relatives aux champs électromagnétiques pour les zones d'accès de la population générale.....	506
P.3.3	Exigences relatives aux champs électromagnétiques pour les <i>zones d'accès général</i> , les <i>zones d'accès pour l'entretien</i> et les <i>zones d'accès limité</i>	506
P.3.4	Exigences relatives aux champs électromagnétiques pour le transport et le stockage	506
P.4	Essai des champs électromagnétiques (<i>essai de type</i>).....	506
P.4.1	Montage d'essai général pour les champs électromagnétiques	506
P.4.2	Essai des champs électromagnétiques (<i>essai de type</i>)	507
P.5	Marquage des champs électromagnétiques.....	507

Annexe Q (informative) Temps de coupure maximaux.....	508
411.3.2 Coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut	508
Annexe R (informative) Appréciation du risque selon le Guide 116 de l'IEC	509
R.1 Généralités	509
R.2 Appréciation du risque	509
Annexe S (informative) Recommandations à l'intention des comités d'études de produits	511
Bibliographie.....	512
Figure 1 – Moyens de protection contre les chocs électriques pour les <i>matériels de classe I</i> et de <i>classe II</i>	290
Figure 2 – Moyens de protection contre les chocs électriques pour les <i>matériels de classe III</i> ou les <i>circuits de DVC As accessibles</i>	291
Figure 3 – Exemple d'assemblage <i>PECS</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée	299
Figure 4 – Exemple d'assemblage <i>PECS</i> et sa <i>liaison équipotentielle de protection</i> associée par contact métallique direct	300
Figure 5 – Zones temps-tension pour les <i>circuits de DVC As</i> et de <i>DVC B accessibles</i> – Tension continue en <i>conditions de premier défaut</i>	304
Figure 6 – Zones temps-tension pour les <i>circuits de DVC As</i> et de <i>DVC B accessibles</i> – Tension alternative de crête en <i>conditions de premier défaut</i>	305
Figure 7 – Zones temps-tension pour les <i>parties accessibles</i> conductrices en <i>conditions de premier défaut</i>	306
Figure 8 – Ouvertures dans le fond d'une <i>enveloppe contre le feu</i> sous un <i>composant</i> qui représente un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé	335
Figure 9 – Construction de l' <i>enveloppe contre le feu</i> avec plaque écran	336
Figure 10 – Exemple d'interconnexions au sein d'un <i>PECS relié en permanence</i> et entre ses parties	348
Figure 11 – Exemple de câble comme dispositif de conducteurs isolés	349
Figure 12 – Cordons d'alimentation <i>réseau</i> détachables et connexions	354
Figure 13 – Exemple d'évaluation de l'espace de courbure des fils	357
Figure 14 – Parties d' <i>enveloppe</i> avec et sans châssis support	359
Figure 15 – Essai de choc en utilisant la sphère d'acier	376
Figure 16 – Procédures d'essai de tension.....	387
Figure 17 – Procédure d'essai de décharge partielle.....	389
Figure 18 – Essai d'impédance de la <i>liaison équipotentielle de protection</i> pour <i>PECS</i> séparé alimenté par le <i>PECS</i> avec protection du câble d'alimentation.....	394
Figure 19 – Essai d'impédance de la <i>liaison équipotentielle de protection</i> pour sous-ensemble avec <i>parties accessibles</i> et alimenté par le <i>PECS</i>	395
Figure 20 – Instrument d'essai de rigidité électrique	398
Figure 21 – Mandrin.....	399
Figure 22 – Position initiale du mandrin	400
Figure 23 – Position finale du mandrin	400
Figure 24 – Position de la feuille métallique sur le matériau isolant.....	400
Figure 25 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé	410
Figure 26 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud	411
Figure A.1 – Protection au moyen de la <i>DVC As</i> avec <i>protection renforcée</i>	436

Figure A.2 – Protection au moyen de l' <i>impédance de protection</i>	437
Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées	437
Figure A.4 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> en courant alternatif	439
Figure A.5 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> en courant continu.....	440
Figure A.6 – Forme d'onde type pour la <i>tension de fonctionnement</i> pulsante	440
Figure D.1 – Exemple de mesures qui comporte une rainure	449
Figure D.2 – Exemple de mesures qui comporte une rainure	449
Figure D.3 – Exemple de mesures qui comporte une rainure	449
Figure D.4 – Exemple de mesures qui comporte une nervure.....	450
Figure D.5 – Exemple de mesures qui assure une protection de type 2.....	450
Figure D.6 – Exemple de mesures qui assure une protection de type 1.....	450
Figure D.7 – Exemple de mesures qui assure une protection de type 1.....	451
Figure D.8 – Exemple de mesures qui assure une protection de type 1.....	451
Figure D.9 – Exemple de mesures qui comprend une barrière (joint scellé).....	451
Figure D.10 – Exemple de mesures qui comprend une barrière.....	452
Figure D.11 – Exemple de mesures qui comporte une ouverture.....	452
Figure D.12 – Exemple de mesures qui comporte une ouverture.....	453
Figure D.13 – Exemple de mesures qui comporte une partie conductrice isolée.....	453
Figure D.14 – Exemple de mesures dans la couche interne d'une carte à circuit imprimé.....	453
Figure D.15 – Exemple de mesures sur une <i>enveloppe</i> d'un matériau isolant par rapport à une partie à l'intérieur	454
Figure F.1 –Schéma de dimensionnement des <i>distances d'isolement</i>	458
Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des <i>lignes de fuite</i>	460
Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l' <i>isolation solide</i> selon la Formule (F.1).....	462
Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d'un <i>PECS</i>	464
Figure H.2 – Symboles de marquage selon le type de DDR	465
Figure H.3 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec <i>convertisseurs électroniques de puissance</i>	467
Figure I.1 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau</i> de l' <i>installation</i>	468
Figure I.2 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i>	469
Figure I.3 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les matériels mono et triphasés non <i>reliés en permanence</i> au <i>réseau</i>	469
Figure I.4 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés à la source du <i>réseau</i> de l' <i>installation</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés.....	469
Figure I.5 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	470
Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la <i>protection renforcée</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	470
Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la <i>protection renforcée</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	470

Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la <i>protection renforcée</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i> où des <i>dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)</i> internes sont utilisés	471
Figure I.9 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés à l' <i>alimentation non raccordée directement au réseau</i>	471
Figure I.10 – Evaluation de l' <i>isolation principale</i> pour les circuits connectés à la source de l' <i>alimentation non raccordée directement au réseau de l'installation</i>	471
Figure I.11 – Evaluation de l' <i>isolation fonctionnelle</i> des circuits affectés par les transitoires externes	472
Figure I.12 – Evaluation de la <i>protection principale</i> pour les circuits connectés au <i>réseau</i>	472
Figure I.13 – Evaluation de l' <i>isolation</i> pour un circuit accessible de <i>DVC As</i>	472
Figure I.14 – <i>PEC</i> avec <i>réseau</i> et <i>alimentation non raccordée directement au réseau</i> sans isolation galvanique.....	473
Figure I.15 – Convertisseur <i>PEC</i> protégé 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 la protection fonctionnelle et la <i>protection principale</i>	473
Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu).....	474
Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque.....	475
Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers	475
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	476
Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique	477
Figure L.1 – Instrument de mesure 1.....	479
Figure L.2 – Instrument de mesure 2.....	479
Figure M.1 – Calibre sphérique de 50 mm selon l'IEC 61032:1997, calibre d'essai A	481
Figure M.2 – Doigt d'essai articulé selon l'IEC 61032:1997, calibre d'essai B.....	482
Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm selon l'IEC 61032:1997, calibre d'essai C	483
Figure M.4 – Calibre d'essai sphérique de 12,5 mm selon l'IEC 61032:1997, calibre d'essai 2	483
Figure N.1 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CC}	486
Figure N.2 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur	487
Figure N.3 – Exemple de caractéristique de déclenchement d'un fusible limiteur de courant	487
Figure N.4 – Exemple de courbe de courant de court-circuit selon la spécification de I_{CW}	488
Figure N.5 – Deux PECS avec différentes spécifications.....	490
Figure N.6 – Un PECS avec spécification différente pour chaque accès d'entrée du <i>réseau</i>	492
Figure N.7 – Organigramme pour la classification de I_{CC} ou de I_{CW}	495
Figure O.1 – Organigramme pour la détermination de la <i>distance d'isolement</i>	498
Figure O.2 – Organigramme pour la détermination de la <i>ligne de fuite</i>	499

Tableau 1 – Liste alphabétique des termes	270
Tableau 2 – Limites de tension pour les <i>classes de tension déterminante DVC</i>	294
Tableau 3 – Exigences minimales de protection pour le circuit à l'étude	295
Tableau 4 – Section du <i>conducteur de mise à la terre de protection</i>	301
Tableau 5 – Limites d'accès du <i>courant de contact</i>	308
Tableau 6 – Définitions des <i>degrés de pollution</i>	311
Tableau 7 – <i>Tension de tenue aux chocs et surtension temporaire</i> par rapport à la <i>tension système</i>	314
Tableau 8 – <i>Distances d'isolement</i> pour l' <i>isolation fonctionnelle</i> , l' <i>isolation principale</i> ou l' <i>isolation supplémentaire</i> pour des champs non homogènes	319
Tableau 9 – <i>Lignes de fuite</i>	322
Tableau 10 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des <i>parties actives</i> non isolées	324
Tableau 11 – Exigences d'épaisseur du matériau pelliculé à travers l' <i>isolation</i>	325
Tableau 12 – Classe d'inflammabilité et normes de classification	331
Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des <i>enveloppes contre le feu</i>	336
Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les <i>composants</i> et matériaux internes	338
Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les <i>parties accessibles</i> du <i>PECS</i>	340
Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans <i>dispositif de protection contre les surintensités</i>	341
Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec <i>dispositif de protection contre les surintensités</i>	342
Tableau 18 – Conditions environnementales de service	347
Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l' <i>enveloppe</i>	356
Tableau 20 – Epaisseur des tôles d' <i>enveloppes</i> : acier au carbone ou acier inoxydable	361
Tableau 21 – Epaisseur des tôles d' <i>enveloppes</i> : aluminium, cuivre ou laiton	362
Tableau 22 – Conditions environnementales des essais	367
Tableau 23 – Vue d'ensemble des essais	368
Tableau 24 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels	378
Tableau 25 – Valeurs pour les essais physiques de relâchement des contraintes de l' <i>enveloppe</i>	379
Tableau 26 – Procédure d'essai de <i>tension de tenue aux chocs</i>	380
Tableau 27 – Essai de <i>tension de tenue aux chocs</i>	382
Tableau 28 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au <i>réseau</i>	384
Tableau 29 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits connectés à une <i>alimentation non raccordée directement au réseau sans surtensions temporaires</i>	384
Tableau 30 – Essai de décharge partielle	389
Tableau 31 – Durée de l'essai de <i>liaison équipotentielle de protection</i>	396
Tableau 32 – Essai de tenue au <i>courant alternatif de courte durée admissible</i> , exigences minimales applicables au <i>PECS</i>	406
Tableau 33 – Essais d'environnement	415
Tableau 34 – Essai de chaleur sèche (régime permanent)	416
Tableau 35 – Essai de chaleur humide (régime permanent)	417

Tableau 36 – Essai de vibration	418
Tableau 37 – Essai au brouillard salin	418
Tableau 38 – Essai de poussière	419
Tableau 39 – Essai de sable	419
Tableau 40 – Emplacement des marquages	421
Tableau A.1 – Exemples de protection contre les chocs électriques	442
Tableau C.1 – Symboles utilisés	445
Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du <i>degré de pollution</i>	448
Tableau E.1 – Facteur de correction pour les <i>distances d'isolement</i> à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m	455
Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des <i>distances d'isolement</i> à des altitudes différentes	456
Tableau F.1 – Valeurs minimales des <i>distances d'isolement</i> dans l'air à la pression atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes	459
Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les <i>distances d'isolement</i> dans l'air à la pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes	459
Tableau F.3 – Valeurs minimales des <i>lignes de fuite</i> pour différentes plages de fréquences	461
Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds	463
Tableau K.1 – Tableau des potentiels électrochimiques	478
Tableau O.1 – Espacements minimaux dans l' <i>isolation solide</i> ou similaire	500
Tableau P.1 – Limites des champs électromagnétiques pour l'exposition de la population générale	504
Tableau P.2 – Limites des champs électromagnétiques pour l'exposition professionnelle	504
Tableau P.3 – Limites pour une induction magnétique de champs magnétiques statiques (2013/35/UE)	505
Tableau P.4 – Vue d'ensemble des essais des champs électromagnétiques	507
Tableau 41.1 – Temps de coupure maximaux	508
Tableau R.1 – Appréciation du risque	509

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.

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

Le présent document a été élaboré conformément à l'objet du Guide 51 de l'ISO/IEC et du Guide 116 de l'IEC.

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2012 et son Amendement 1:2016. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) ajout des PECS qui émettent ou reçoivent des ondes radioélectriques au Domaine d'application;
- b) simplification du concept de DVC As, y compris les zones tension-temps;
- c) amélioration de la cohérence entre le concept de protection et le concept d'isolement conformément à l'IEC 61140;
- d) mise à jour des limites pour le courant de contact et ajout de limites pour les courants de conducteurs de mise à la terre de protection;
- e) révision des matériaux pelliculés ou rubans et ajout d'essais;
- f) ajout des couches internes des cartes à circuit imprimé multicouches;
- g) mise à jour des dangers mécaniques;
- h) mise à jour des exigences relatives aux enveloppes;
- i) mise à jour des exigences relatives aux câblages et raccordements;
- j) mise à jour des exigences relatives aux enveloppes polymères;
- k) ajout d'exigences pour les composants;
- l) ajout de plusieurs essais (par exemple UV, tension de fonctionnement, SPD, préconditionnement);
- m) mise à jour des exigences relatives aux informations et au marquage;
- n) ajout d'exigences relatives au contraste des symboles;
- o) mise à jour de plusieurs annexes.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
22/355/FDIS	22/356/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Dans le présent document, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

NOTE En raison de l'exigence donnée dans la Directive ISO/IEC Partie 2, le terme défini est au singulier. Dans le présent document, les formes au pluriel sont également données en *italique*.

Le comité a décidé que le contenu du présent document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

Le contenu du corrigendum 1 (2024-04) a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

Le présent document porte sur les produits tels que les *convertisseurs de puissance électroniques*, dont la *tension système* assignée ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu. Il spécifie les exigences destinées à réduire les risques d'incendie, de choc électrique, thermiques, mécaniques ou liés au niveau d'énergie, à l'exception de ceux concernant la sécurité fonctionnelle telle que définie dans l'IEC 61508 (toutes les parties). Le présent document a pour objectif d'établir une terminologie et des bases communes à plusieurs comités d'études de l'IEC en matière d'exigences de sécurité pour les produits comprenant des *convertisseurs de puissance électronique*.

Lors de la mise à jour du document, les commentaires des comités d'études qui utilisaient l'IEC 62477-1 comme document de référence ont été pris en compte.

Des modifications ont été apportées au 4.4.2 et à l'Annexe A en prenant en compte la tension de contact de sécurité de *DVC As* en conditions normales de fonctionnement et en *conditions de premier défaut*. A la demande des CE qui utilisent le présent document comme document de référence, la détermination de la *DVC As* a été simplifiée. La détermination de la *DVC As* dans l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 a été établie à partir de l'IEC TS 60479-1:2005¹ et de l'IEC TR 60479-5:2007 et en prenant en compte différentes conditions d'environnement, la taille de la surface de contact du corps et la réaction du corps. Cette modification incluait également les zones temps-tension de l'Annexe A concernant les réactions du corps, les conditions d'environnement et la surface de contact correspondantes.

NOTE Voir l'IEC 60479-1:2018 pour de plus amples informations sur les effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques.

Le présent document suit les concepts simplifiés du 5.2.6 de la norme fondamentale de sécurité IEC 61140:2016, en prenant en compte deux situations du Tableau 2 du présent document:

- a) les grandes surfaces de contact sèches;
- b) tous les autres cas.

Concernant l'augmentation temporaire de la tension en *conditions de premier défaut*, il a été décidé d'utiliser l'approche plus simplifiée pour limiter la tension à la tension maximale de la *DVC B*, qui est également utilisée par d'autres comités.

Le présent document a été élaboré afin:

- d'être utilisé 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 62103² en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales relatives à la sécurité des *systèmes* et matériels *électroniques de conversion de puissance* dans les appareils pour lesquels il n'existe aucune norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de l'IEC 62103 comprend les aspects relatifs à la fiabilité et à la compatibilité électromagnétique, qui ne sont pas couverts par le présent document.

- d'être utilisé comme un document de référence par les comités de produits en dehors du CE 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux *systèmes* et matériels *électroniques de conversion de puissance* destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Les CE 82, CE 88, CE 105 et CE 114, en particulier, ont été identifiés comme comités d'études concernés au moment de la publication.

¹ Cette publication a été annulée.

² Cette publication a été annulée

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 aux exigences, en ajoutent, les remplacent ou les modifient 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 dans l'utilisation de normes groupées de sécurité pour le développement 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 *systèmes électroniques de conversion de puissance (PECS)*, à tout *accessoire* spécifié, ainsi qu'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, qui ont pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une *tension* système assignée qui ne dépasse pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

Le présent document s'applique également aux *PECS* qui émettent ou reçoivent intentionnellement des ondes radioélectriques à des fins de radiocommunication.

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 (*PDS, Power Drive Systems*);
- alimentations sans interruption (ASI) autonomes;
- alimentations stabilisées *basse tension* en courant continu;
- convertisseurs de puissance bidirectionnels.

Pour les *PECS* et leurs *accessoires* spécifiés pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, le présent document spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

Le présent document a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de l'IEC applicable aux *systèmes électroniques de conversion de puissance* pour énergie solaire, éolienne, des marées, 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.

Les recommandations relatives à l'utilisation de la présente publication groupée de sécurité pour les comités de produits sont données à l'Annexe S.

Le présent document

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les *PECS*,
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un *PECS*,
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du *convertisseur électronique de puissance (PEC)* des produits qui comprennent un *PECS*,

- spécifie les exigences qui permettent 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, et
- spécifie les exigences minimales qui permettent de réduire les risques concernant les *PECS* conçus comme des équipements enfichables et *reliés en permanence*, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, qui font l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du *PECS*, comme cela est spécifié par le fabricant.

Le présent document ne couvre pas

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

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-112, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 112: Grandeurs et unités* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-113, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 113: Physique pour l'électrotechnique* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-114, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 114: Electrochimie* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 161: Compatibilité électromagnétique* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-192, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 192: Sûreté de fonctionnement* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-426, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 426: Atmosphères explosives* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-441, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 441: Appareillage et fusibles* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-442, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 442: Petit appareillage* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-551, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551: Electronique de puissance* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-601, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-826, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 826: Installations électriques* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-52:2017, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60068-2-68:1994, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

IEC 60068-2-78:2012, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60320 (toutes les parties), *Connecteurs pour usages domestiques et usages généraux analogues*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*
IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017

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 60364-5-54:2011/AMD1:2021

IEC 60384-14:2013, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes d'antiparasitage et raccordement à l'alimentation*

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

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*
IEC 60529:1989/AMD1:1999
IEC 60529:1989/AMD2:2013

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

IEC 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60664-3:2016, *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 60695-2-10:2013, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC 60695-2-11:2021, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)*

IEC 60695-2-13:2010, *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 60695-2-13:2010/AMD1:2014

IEC 60695-10-2:2014, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-20:2015, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flamme d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

IEC 60721-3-3:1994, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3-3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60721-3-4:1995, *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 60721-3-4:1995/AMD1:1996

IEC 60730-1:2013, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-1:2013/AMD2:2020

IEC 60738-1-1:2008, *Thermistances – Coefficient de température positif de fonction échelon à chauffage direct – Partie 1-1: Spécification particulière cadre – Application de la limitation de courant – Niveau d'assurance EZ*

IEC 60755:2017, *General safety requirements for residual current operated protective devices* (disponible en anglais seulement)

IEC 60799:2018, *Petit appareillage électrique – Cordons-connecteurs et cordons-connecteurs d'interconnexion*

IEC 60947-7 (toutes les parties), *Appareillage à basse tension – Partie 7: Matériels accessoires*

IEC 60949:1988, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

IEC 60949:1988/AMD1:2008

IEC 60990:2016, *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 61180:2016, *Techniques des essais à haute tension pour matériel à basse tension – Définitions, exigences et modalités relatives aux essais, matériel d'essai*

IEC 61189-3:2007, *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles – Partie 3: Méthodes d'essai des structures d'interconnexion (cartes imprimées)*

IEC 61204-7:2016, *Alimentations à découpage basse tension – Partie 7: Exigences de sécurité*

IEC 61558-1:2017, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et des combinaisons de ces éléments – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 62109-1:2010, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 1: Exigences générales*

Guide 51:2014 de l'ISO/IEC, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

Guide 104:2019 de l'IEC, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

Guide 116:2018 de l'IEC, *Guidelines for safety related risk assessment and risk reduction for low voltage equipment* (disponible en anglais seulement)

ISO 3746:2010, *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 3864 (toutes les parties), *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité*

ISO 3864-1:2011, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité et les marquages de sécurité*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Symboles enregistrés* (disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés* (disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>)

ISO 9614-1:1993, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*