

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

**Safety requirements for power electronic converter systems and equipment –
Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV
AC or 54 kV DC**

**Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de
conversion de puissance –
Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V en courant
alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV
en courant continu**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200

ISBN 978-2-8322-5787-6

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
4 Protection against hazards	12
4.1 General.....	12
4.2 Fault and abnormal conditions	13
4.3 Short-circuit and overload protection.....	14
4.3.1 General	14
4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short-circuit current ability	14
4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)	14
4.3.4 Protection by several devices	14
4.3.5 Input ports short time withstand current, I_{CW}	14
4.4 Protection against electric shock.....	14
4.4.1 General	14
4.4.2 Decisive voltage class	15
4.4.3 Provision for basic protection.....	16
4.4.4 Provision for fault protection	17
4.4.5 Enhanced protection	18
4.4.6 Protective measures	18
4.4.7 Insulation.....	19
4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD).....	24
4.4.9 Capacitor discharge.....	24
4.5 Protection against electrical energy hazards	26
4.5.1 Operator access areas.....	26
4.5.2 Service access areas.....	28
4.6 Protection against fire and thermal hazards	28
4.6.1 Circuits representing a fire hazard	28
4.6.2 Components representing a fire hazard	28
4.6.3 Fire enclosures.....	28
4.6.4 Temperature limits	29
4.6.5 Limited power sources	29
4.7 Protection against mechanical hazards	29
4.7.1 General	29
4.7.2 Specific requirements for liquid cooled PECS	29
4.8 Equipment with multiple sources of supply	30
4.9 Protection against environmental stresses	30
4.10 Protection against sonic pressure hazards	30
4.10.1 General	30
4.10.2 Sonic pressure and sound level	31
4.11 Wiring and connections.....	31
4.11.1 General	31
4.11.2 Routing.....	31
4.11.3 Colour coding	31
4.11.4 Splices and connections	31

4.11.5	Accessible connections	31
4.11.6	Interconnections between parts of the PECS	31
4.11.7	Supply connections.....	31
4.11.8	Terminals	31
4.12	Enclosures.....	31
4.12.1	General	31
4.12.2	Handles and manual controls.....	32
4.12.3	Cast metal	32
4.12.4	Sheet metal	32
4.12.5	Stability test for enclosure	32
5	Test requirements.....	32
5.1	General.....	32
5.1.1	Test objectives and classification.....	32
5.1.2	Selection of test samples.....	33
5.1.3	Sequence of tests	33
5.1.4	Earthing conditions	33
5.1.5	General conditions for tests	33
5.1.6	Compliance	33
5.1.7	Test overview	33
5.2	Test specifications	33
5.2.1	Visual inspections (type test, sample test and routine test)	33
5.2.2	Mechanical tests.....	34
5.2.3	Electrical tests.....	35
5.2.4	Abnormal operation and simulated faults tests	38
5.2.5	Material tests.....	42
5.2.6	Environmental tests (type tests).....	42
5.2.7	Hydrostatic pressure test (type test and routine test)	43
6	Information and marking requirements.....	43
6.1	General.....	43
6.2	Information for selection	43
6.3	Information for installation and commissioning.....	43
6.3.1	General	43
6.3.2	Mechanical considerations.....	43
6.3.3	Environment	43
6.3.4	Handling and mounting	43
6.3.5	Enclosure temperature.....	43
6.3.6	Connections	43
6.3.7	Protection requirements.....	44
6.3.8	Commissioning	45
6.4	Information for use.....	45
6.4.1	General	45
6.4.2	Adjustment	45
6.4.3	Labels, signs and signals.....	45
6.5	Information for maintenance.....	45
6.5.1	General	45
6.5.2	Capacitor discharge.....	45
6.5.3	Auto restart/bypass connection.....	45
6.5.4	Other hazards.....	46
6.5.5	Equipment with multiple sources of supply.....	46

Annex A (normative) Additional information for protection against electric shock	47
A.1 General.....	47
A.2 Protection by means of DVC As	47
A.3 Protection by means of protective impedance	47
A.4 Protection by using limited voltages	47
A.5 Evaluation of working voltage and selection of DVC for touch voltage, PELV and SELV circuits	47
A.6 Evaluation of the working voltage of circuits.....	47
A.7 Examples of the use of elements of protective measures	47
Annex B (informative) Considerations for the reduction of the pollution degree	49
Annex C (informative) Symbols referred to in IEC 62477-1	50
Annex D (normative) Evaluation of clearance and creepage distances	51
Annex E (informative) Altitude correction for clearances	52
Annex F (normative) Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz	53
Annex G (informative) Cross-sections of round conductors	54
Annex H (informative) Guidelines for RCD compatibility.....	55
H.1 Selection of RCD type.....	55
Annex I (informative) Examples of overvoltage category reduction.....	56
Annex J (informative) Burn thresholds for touchable surfaces	57
Annex K (informative) Table of electrochemical potentials	58
Annex L (informative) Measuring instrument for touch current measurements	59
L.1 Measuring instrument.....	59
Annex M (informative) Test probes for determining access	60
Annex N (informative) Guidance regarding short-circuit current.....	61
Annex AA (normative) Arc fault test and labelling requirements	62
AA.1 Overview.....	62
AA.2 References	62
AA.3 Terms and definitions.....	62
AA.4 Ratings	65
AA.4.1 General	65
AA.4.2 Internal arc classification	65
AA.5 Testing	70
AA.5.1 General	70
AA.5.2 Test preparation	71
AA.5.3 Test conditions	77
AA.5.4 Assessment.....	86
AA.6 Arc-prohibiting design	89
AA.6.1 General	89
AA.6.2 Requirements	90
AA.6.3 Testing	91
AA.7 Information and marking requirements	92
AA.7.1 General	92
AA.7.2 IAC rating plate	93
AA.7.3 Information in manuals	94
AA.7.4 Product marking – Internal protection	96
AA.8 Internal arc classification concepts	96

AA.8.1	General	96
AA.8.2	Discription of risk and selection of equipment	98
AA.8.3	Causes and preventative measures	98
AA.8.4	Protection	99
AA.8.5	Considerations for selection and installation	100
AA.8.6	Requirements for concepts 5 and 6.....	101
AA.8.7	Installation of PECS with general public access	101
Bibliography.....		103
Figure AA.1	– Mounting frame for vertical indicators	72
Figure AA.2	– Horizontal indicator.....	73
Figure AA.3	– Arrangement of indicators for different height of equipment	75
Figure AA.4	– Example for two adjacent accessible sides	75
Figure AA.5	– Examples for an accessible side to a non-accessible side	76
Figure AA.6	– General setup for testing – Details.....	78
Figure AA.7	– General setup for calibration.....	78
Figure AA.8	– General setup for testing	78
Figure AA.9	– General setup for user installation	79
Figure AA.10	– Power drive system with 12-pulse diode rectifier supplied by an external transformer and a motor at the output.....	80
Figure AA.11	– Power drive system with integrated transformer and a motor at the output	81
Figure AA.12	– Grid interconnection between 50 Hz and 60 Hz grids.....	82
Figure AA.13	– Example for test of sub-assemblies of a PECS	86
Figure AA.14	– Installation example of mix of accessibility types including 4a or 4b.....	102
Table 5	– Steady state voltage limits for the decisive voltage classes	15
Table 6	– Protection requirements for circuit under consideration	16
Table 101	– Impulse withstand voltage and temporary overvoltage versus system voltage from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC.....	20
Table 102	– Clearance distances for functional, basic or supplementary insulation	22
Table 103	– Creepage distances (in millimetres).....	23
Table 104	– Limits for power sources without an overcurrent protective device.....	27
Table 105	– Limits for power sources with an overcurrent protective device.....	28
Table 22	– Test overview	33
Table 23	– Pull values for handles and manual control securement.....	35
Table 106	– Impulse test voltage	36
Table 107	– AC or DC test voltage for circuits connected directly to HV mains supply.....	37
Table A.4	– Examples for protection against electrical shock	48
Table C.1	– Symbols used	50
Table AA.1	– Definition of accessibility types	67
Table AA.2	– Single phase-to-earth internal arc fault current depending on the network neutral earthing.....	69
Table AA.3	– Parameters for internal fault test according to compartment construction.....	85
Table AA.4	– Information requirements	92

Table AA.5 – Example for concepts 2 and 3 (see Clause AA.8).....	93
Table AA.6 – Example for concept 4 (see Clause AA.8)	93
Table AA.7 – Example for not tested or test failed for concepts 5 and 6 (see Clause AA.8)...	93
Table AA.8 – Example for concept 1 (see Clause AA.8)	94
Table AA.9 – Example for accessibility type 0+ for concepts 5 and 6 (see Clause AA.8)	94
Table AA.10 – Internal arc fault safety concepts	97
Table AA.11 – Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal arc faults	99

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC
CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –**
**Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or
1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC**

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.

International Standard IEC 62477-2 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

FDIS	Report on voting
22/290/FDIS	22/293/RVD

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

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

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

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016.

This document supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016. Where this document states "addition", "modification" or "replacement", the relevant requirement, test specification or explanatory matter in IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 is adapted accordingly. Where no change is necessary, this document indicates that the relevant clause or subclause applies. Where this document states "does not apply" this clause of the mentioned version of IEC 62477-1 does not apply to any section of the equipment. Products that are designed to be compliant to IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 are acceptable as components within the equipment designed to this document. Additional subclauses, tables and figures are numbered starting at 101. Additional annexes are numbered with double capital characters, starting with AA.

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.

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.

INTRODUCTION

This part of IEC 62477 relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV 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.

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 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists, and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this 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. Especially TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114 have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

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

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

The most significant differences compared to IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 are the following:

- this document extends the range of rated system voltages for high-voltage (HV) up to 36 kV AC or 54 kV DC;
- this document adds arc fault rating label requirements with testing instructions.

SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC

1 Scope

This part of IEC 62477 applies to power electronic converter systems (PECS) and equipment, their components for electronic power conversion and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC.

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), and
- stabilized DC power supplies.

For PECS 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 and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

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

This document

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment,
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS,
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC,
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance,
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer,
- establishes an arc fault rating label requirement with testing instructions for PEC and PECS, and
- covers power electronic converters and systems in open type design, which are catalog (pre-defined commercially available) power electronic converters and systems or engineered solutions from same.

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),
- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles, and
- power electronic converters and systems in open type design, which are – in their major part – dimensioned, designed and constructed according to the user's individual requirements and specifications and follow power installation standards, for example IEC 61936-1.

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 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

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

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

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

IEC 61230, *Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting*

IEC 62271-102, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*
IEC 62477-1:2012/AMD1:2016

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	111
INTRODUCTION.....	113
1 Domaine d'application	114
2 Références normatives	115
3 Termes et définitions	116
4 Protection contre les dangers	116
4.1 Généralités	116
4.2 Conditions anormales et de défaut.....	117
4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités	118
4.3.1 Généralités	118
4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie	118
4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours)	118
4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs	119
4.3.5 Courant de courte durée admissible des accès d'entrée, I_{CW}	119
4.4 Protection contre les chocs électriques	119
4.4.1 Généralités	119
4.4.2 Classe de tension déterminante	119
4.4.3 Dispositions relatives à la protection principale.....	121
4.4.4 Disposition relative à la protection en cas de défaut	122
4.4.5 Protection renforcée	123
4.4.6 Mesures de protection	123
4.4.7 Isolation.....	124
4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR).....	129
4.4.9 Décharge de condensateurs	129
4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique.....	131
4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur	131
4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance	133
4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques.....	134
4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie	134
4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie.....	134
4.6.3 Enveloppes contre le feu	134
4.6.4 Limites de température	134
4.6.5 Sources à puissance limitée	135
4.7 Protection contre les dangers mécaniques	135
4.7.1 Généralités	135
4.7.2 Exigences spécifiques pour le SECP refroidi par liquide	135
4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation	136
4.9 Protection contre les contraintes environnementales.....	136
4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique	136
4.10.1 Généralités	136
4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit	136
4.11 Câblage et raccordements	136
4.11.1 Généralités	136
4.11.2 Cheminement	136
4.11.3 Codage couleur	136

4.11.4	Épissures et raccordements.....	136
4.11.5	Connexions accessibles	136
4.11.6	Interconnexions entre les parties d'un SECP	136
4.11.7	Raccordement de l'alimentation	137
4.11.8	Bornes de connexion	137
4.12	Enveloppes	137
4.12.1	Généralités	137
4.12.2	Poignées et organes de commande manuels	137
4.12.3	Métaux coulés	137
4.12.4	Tôle	137
4.12.5	Essai de stabilité pour enveloppe	137
5	Exigences d'essai	138
5.1	Généralités	138
5.1.1	Objectifs et classification des essais	138
5.1.2	Sélection des échantillons pour les essais	138
5.1.3	Séquence d'essais	138
5.1.4	Conditions de mise à la terre	138
5.1.5	Conditions générales d'essai	138
5.1.6	Conformité	139
5.1.7	Vue d'ensemble des essais	139
5.2	Spécifications des essais	139
5.2.1	Inspections visuelles (essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série)	139
5.2.2	Essais mécaniques	139
5.2.3	Essais électriques	141
5.2.4	Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés	145
5.2.5	Essais de matériaux	148
5.2.6	Essais environnementaux (essais de type)	148
5.2.7	Pression hydrostatique (essai de type et essai individuel de série)	149
6	Exigences relatives aux informations et au marquage.....	149
6.1	Généralités	149
6.2	Informations pour le choix	149
6.3	Informations pour l'installation et la mise en service	149
6.3.1	Généralités	149
6.3.2	Considérations d'ordre mécanique	149
6.3.3	Environnement	149
6.3.4	Manutention et montage	150
6.3.5	Température de l'enveloppe.....	150
6.3.6	Connexions	150
6.3.7	Exigences de protection	150
6.3.8	Mise en service	151
6.4	Informations pour l'utilisation	151
6.4.1	Généralités	151
6.4.2	Réglage	151
6.4.3	Étiquettes, panneaux et signaux	151
6.5	Information pour la maintenance	152
6.5.1	Généralités	152
6.5.2	Décharge de condensateurs	152

6.5.3	Redémarrage automatique/connexion de dérivation.....	152
6.5.4	Autres dangers	152
6.5.5	Matériels à plusieurs sources d'alimentation.....	152
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques.....		154
A.1	Généralités	154
A.2	Protection au moyen de la CTD As	154
A.3	Protection au moyen de l'impédance de protection.....	154
A.4	Protection au moyen de tensions limitées	154
A.5	Évaluation de la tension de fonctionnement et choix de la CTD pour la tension de contact, et les circuits TBTP et TBTS.....	154
A.6	Évaluation de la tension de fonctionnement des circuits.....	154
A.7	Exemples d'utilisation des éléments de mesures de protection	154
Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution		156
Annexe C (informative) Symboles référencés dans l'IEC 62477-1		157
Annexe D (normative) Évaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite		158
Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air.....		159
Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz.....		160
Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds		161
Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR		162
H.1	Choix du type de DDR	162
Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension		163
Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher.....		164
Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques		165
Annexe L (informative) Instrument de mesure du courant de contact		166
L.1	Instrument de mesure	166
Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès.....		167
Annexe N (informative) Lignes directrices relatives au courant de court-circuit		168
Annexe AA (normative) Essai de défaut d'arc et exigences d'étiquetage.....		169
AA.1	Généralités	169
AA.2	Références	169
AA.3	Termes et définitions	169
AA.4	Caractéristiques assignées	172
AA.4.1	Généralités	172
AA.4.2	Classification d'arc interne.....	173
AA.5	Essai	177
AA.5.1	Généralités	177
AA.5.2	Préparation de l'essai	178
AA.5.3	Conditions d'essai	185
AA.5.4	Évaluation	195
AA.6	Conception anti-arc.....	199
AA.6.1	Généralités	199
AA.6.2	Exigences.....	200
AA.6.3	Essais	200
AA.7	Exigences relatives aux informations et au marquage	201
AA.7.1	Généralités	201

AA.7.2	Plaque signalétique IAC	202
AA.7.3	Informations dans les manuels	204
AA.7.4	Marquage de produit – Protection interne	206
AA.8	Concepts de classification d'arc interne	206
AA.8.1	Généralités	206
AA.8.2	Risque de défaut d'arc interne et choix de matériel	208
AA.8.3	Causes et mesures préventives	208
AA.8.4	Protection	209
AA.8.5	Considérations relatives au choix et à l'installation	210
AA.8.6	Exigences relatives aux concepts 5 et 6	211
AA.8.7	Installation du SECP avec accès public	211
	Bibliographie	213
Figure AA.1	– Cadre de montage des indicateurs verticaux	180
Figure AA.2	– Indicateur horizontal	180
Figure AA.3	– Disposition des indicateurs pour différentes hauteurs du matériel	183
Figure AA.4	– Exemple pour deux faces accessibles adjacentes	183
Figure AA.5	– Exemples pour une face accessible vers une face non accessible	184
Figure AA.6	– Montage général pour l'essai – Détails	186
Figure AA.7	– Montage général pour le calibrage	186
Figure AA.8	– Montage général pour les essais	186
Figure AA.9	– Montage général pour l'installation utilisateur	187
Figure AA.10	– Entraînement électrique de puissance avec redresseur à diode 12 impulsions alimenté par un transformateur externe et un moteur en sortie	189
Figure AA.11	– Entraînement électrique de puissance avec transformateur intégré et un moteur en sortie	189
Figure AA.12	– Interconnexion entre des réseaux de 50 Hz et de 60 Hz	190
Figure AA.13	– Exemple d'essai de sous-ensembles d'un SECP	195
Figure AA.14	– Exemple d'installation d'un mélange de classes d'accessibilité, y compris 4a ou 4b	212
Tableau 5	– Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante	120
Tableau 6	– Exigences de protection pour le circuit à l'étude	121
Tableau 101	– Tension de tenue aux chocs et surtension temporaire par rapport à la tension système entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu	125
Tableau 102	– Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire	127
Tableau 103	– Lignes de fuite (en millimètres)	128
Tableau 104	– Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités	133
Tableau 105	– Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités	133
Tableau 22	– Vue d'ensemble des essais	139
Tableau 23	– Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels	141
Tableau 106	– Tension d'essai de choc	142

Tableau 107 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au réseau HT	143
Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques	155
Tableau C.1 – Symboles utilisés	157
Tableau AA.1 – Définition des classes d'accessibilité	174
Tableau AA.2 – Courant de défaut d'arc interne monophasé phase-terre dépendant de la mise à la terre du neutre du réseau	176
Tableau AA.3 – Paramètres de l'essai de défaut interne en fonction de la construction du compartiment	194
Tableau AA.4 – Exigences relatives aux informations	202
Tableau AA.5 – Exemple pour les concepts 2 et 3 (voir l'Article AA.8)	203
Tableau AA.6 – Exemple pour le concept 4 (voir l'Article AA.8)	203
Tableau AA.7 – Exemple pour les concepts 5 et 6 non soumis à l'essai ou dont l'essai n'a pas été concluant (voir l'Article AA.8)	203
Tableau AA.8 – Exemple pour le concept 1 (voir l'Article AA.8)	203
Tableau AA.9 – Exemple pour la classe d'accessibilité 0+ pour les concepts 5 et 6 (voir l'Article AA.8)	203
Tableau AA.10 – Concepts de sécurité en cas de défaut d'arc interne	207
Tableau AA.11 – Emplacements, causes et exemples de mesures à prendre pour diminuer la probabilité de défaut d'arc interne	209

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET
MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –****Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V
en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV
en courant alternatif ou 54 kV en courant continu**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62477-2 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

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

FDIS	Rapport de vote
22/290/FDIS	22/293/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

Cette Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016.

Le présent document complète ou modifie les articles correspondants de l'IEC 62477-1:2012 et de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016. Lorsque le présent document spécifie "addition", "modification", ou "remplacement", l'exigence correspondante, la spécification d'essai correspondante ou la note correspondante de l'IEC 62477-1:2012 et de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 est adaptée en conséquence. Lorsque le présent document n'indique aucune modification, l'article ou le paragraphe correspondant s'applique. Lorsque le présent document spécifie "ne s'applique pas", l'article correspondant de la version mentionnée de l'IEC 62477-1 ne s'applique à aucune partie du matériel. Les produits conçus conformes à l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 sont admis en tant que composants du matériel conçu selon le présent document. Les paragraphes, tableaux et figures complémentaires sont numérotés à partir de 101. Les annexes supplémentaires sont numérotées par des lettres majuscules doubles à partir de AA.

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

Le comité a décidé que le contenu de ce 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. À cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62477 concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance d'une tension système assignée entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie et de choc électrique ainsi que les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans l'IEC 61508 (toutes les parties). Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de l'IEC.

Le présent document a été élaboré afin

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

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

- d'être utilisé comme un document de référence par les comités de produits hors 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. Au moment de la publication, les CE 82, CE 88, CE 105 et CE 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

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

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

Les différences majeures par rapport à l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 sont les suivantes:

- le présent document élargit la plage des hautes tensions (HT) assignées du système jusqu'à 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu;
- le présent document ajoute des exigences en matière de marquage de caractéristiques assignées de défaut d'arc avec des instructions d'essai.

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

Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la conversion de puissance électronique et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu.

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

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

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produit, 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 et matériels 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.

Le présent document

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP,
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP,
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP,
- spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie et de choc électrique ainsi que 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,
- spécifie les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le constructeur,

- établit les exigences en matière de marquage de caractéristiques assignées de défaut d'arc avec des instructions d'essai pour les CEP et SECP, et
- couvre les convertisseurs et systèmes électroniques de puissance de type ouvert, qui sont des convertisseurs et systèmes électroniques de puissance de catalogue (prédéfinis comme étant disponibles sur le marché) ou des solutions techniques de catalogue.

Le présent document ne couvre pas

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil,
- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités, par exemple, par l'IEC 61508 (toutes les parties),
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques, et
- les convertisseurs et systèmes électroniques de puissance de type ouvert qui sont, pour la plupart, dimensionnés, conçus et fabriqués selon les exigences et spécifications individuelles de l'utilisateur et qui fournissent des normes d'installation de puissance, par exemple l'IEC 61936-1.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60204-11, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

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

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

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

IEC 61230, *Travaux sous tension – Équipements portables de mise à la terre ou de mise à la terre et en court-circuit*

IEC 62271-102, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

IEC 62477-1:2012, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités*
IEC 62477-1:2012/AMD1:2016

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

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