

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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

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*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 apply, except as follows.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.24 mains supply

Replacement:

power distribution system that supply power to a PEC or PECS

Note 1 to entry: The voltage level can be any voltage within the range between 0 V and 36 kV AC or 54 kV DC.

3.27 open type

Addition:

Note 1 to entry: Open type HV equipment can also be installed behind a barrier, fence, building structure, etc. which is intended to provide the same protection as an enclosure.

Additional terms and definitions:

3.101 high voltage PEC or PECS HV PEC or PECS

PEC or PECS with a system voltage from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC

3.102 operator access area

area for which, under normal operating conditions,

- a) access is gained without the use of a tool, or
- b) the means of access is deliberately provided to the operator, or
- c) the operator is instructed to enter regardless of whether or not tools are needed to gain access

Note 1 to entry: In this document, the terms "access" and "accessible", unless qualified, relate to operator access as defined above.

4 Protection against hazards

4.1 General

4.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

This document is written primarily addressing equipment contained within an enclosure. This document makes allowance for its usage with open type equipment. It is recommended when using this document for open type equipment to also use an installation standard.

If the manufacturer allows operation after a single fault condition, the manufacturer is responsible to provide all appropriate safety information in the product documentation (see 6.4.3.101).

In cases where components are used as part of a PECS, and where the relevant product standard for the component does not provide safety requirements that are equal to or more severe than the requirements of this document, the components and the complete PECS cannot claim to meet this document, unless the PECS containing these components can be qualified according to the requirements of this document.

4.2 Fault and abnormal conditions

Replacement:

The PECS shall be designed to avoid operating modes or sequences that can cause a fault condition or component failure leading to a hazard, unless other measures to prevent the hazard are provided by the installation and are described in the installation information provided with the PECS. The requirements in 4.2 also apply to abnormal operating conditions as applicable.

Circuit analysis or testing shall be performed to determine whether or not a failure of a particular component, including insulation systems, ports, etc., would result in a hazard.

This analysis shall include situations where a failure of the component or the insulation (functional, basic and supplementary) would result in

- an impact on the decisive voltage determination according to 4.4.2,
- a risk of electric shock due to
 - degradation of the basic protection according to 4.4.3, or
 - degradation of the fault protection according to 4.4.4,
- a risk of energy hazard according to 4.5,
- a risk of degradation of materials associated with the PECS including the enclosure due to flame, burning particles or molten metal caused by a fire or thermal hazard according to 4.6.1 to 4.6.3,
- a risk of thermal hazard due to high temperature according to 4.6.4,
- a risk of mechanical hazard according to 4.7,
- electromagnetic force and thermal hazard according to 4.3.

NOTE This document does not provide any requirement to protect against chemical hazard. Product committees or manufacturers can consider this when it applies to their products.

Testing is necessary unless analysis can conclusively show that no hazard will result from failure of the component. The analysis or testing shall include the effect of short-circuit and open-circuit conditions of the component. Compliance shall be checked by test of 5.2.4.6.

The evaluation of components shall be based on the expected stress occurring in the specified lifetime of the PECS including, but not limited to

- specified climatic and mechanical conditions according to 4.9 (temperature, humidity, vibration, etc.),
- electrical characteristics according to 4.4.7 (expected impulse voltage, working voltage, temporary overvoltage, etc.), and
- micro environment according to 4.4.7 (pollution degree, humidity, etc.).

Components evaluated for their reliability according to relevant product standards are considered to meet these requirements and do not need any further investigation, if tested under conditions that meet the requirements of this document.

Clearance and creepage distances on printed wiring boards (PWBs) including components mounted on PWBs, for functional, basic, supplementary and reinforced insulation, designed according to 4.4.7.4 and 4.4.7.5, are considered to meet these requirements and do not need any further investigation.

Functional insulation on PWB and between legs of components assembled on PWBs not fulfilling the requirements for clearance and creepage distance in 4.4.7.4 and 4.4.7.5 shall meet the requirement of 4.4.7.7.

Consideration shall be given to potential safety hazards associated with major component parts of the PECS, such as flammability of transformer and capacitor fluids.

4.3 Short-circuit and overload protection

4.3.1 General

4.3.1 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 applies, except as follows:

Reference to 4.6.5 to be replaced by reference to the new clause 4.5.1.101 included in this standard.

Addition:

The short-circuit withstand requirements, I_{cw} or I_{cc} , do not apply to HV PEC and PECS.

NOTE 101 This does not remove the requirements for output short-circuit, overload, and breakdown of components or any pass criteria.

4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short-circuit current ability

4.3.2.1 General

4.3.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.3.2.2 Specification of the rated conditional short-circuit current (I_{cc}) on input ports

4.3.2.2 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

4.3.2.3 Output short-circuit current ability

4.3.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.3.2.4 Combined input and output ports

4.3.2.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)

4.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.3.4 Protection by several devices

4.3.4 of IEC 62477-1:2012 does not apply.

4.3.5 Input ports short time withstand current, I_{cw}

4.3.5 of IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

4.4 Protection against electric shock

4.4.1 General

4.4.1 of IEC 62477-1 applies.

4.4.2 Decisive voltage class

4.4.2.1 General

4.4.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

DVC D circuits shall not be accessible while energized.

4.4.2.2 Determination of decisive voltage class

4.4.2.2.1 General

4.4.2.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.2.2.2 Selection tables for contact area and skin humidity condition

4.4.2.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.2.2.3 Limits of the working voltage for the DVC

4.4.2.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement of Table 5:

Table 5 – Steady state voltage limits for the decisive voltage classes

DVC	Limits of working voltage V		
	AC voltage (r.m.s.) U_{ACL}	AC voltage (peak) U_{ACPL}	DC voltage (mean) U_{DCL}
A1	8	11,3	22
A2	12	17	28
A3	20	28,3	48
A	30 ^a	42,4	60
B	50	71	120
C	1 000	4 500 ^b	1 500
D	> 1 000	> 4 500	> 1 500
NOTE In some standards, SELV and PELV have similar limits to DVC B.			
^a In this document, the DVC A limits are considered for one circuit only. When more than one DVC A circuit of the PECS is accessible and evaluation from 4.2 shows that the voltage of the two circuit can add together under single fault condition, the limit is 25 V for AC voltage r.m.s. ^b The value of 4 500 V allows all low-voltage PECS to be covered by Table 9 of IEC 62477-1:2012 (possible reflections up to $3 \times \sqrt{2} \times 1\,000\text{ V} = 4\,242\text{ V}$).			

4.4.2.3 Requirements for protection against electric shock

4.4.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement of Table 6:

Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration

DVC of circuit under consideration	Protection against accessibility	Protection to accessible conductive parts connected to PE	Protection to accessible conductive parts that are not connected to PE ^g	Protection to adjacent circuit of DVC:			
				As ^a	B or Ax > As	C	D
As ^a	No	1 ^b	1	1 ^c or 2 ^d	2	Enhanced protection	Enhanced protection
B or Ax > As	Basic protection ^e	Basic protection ^e	Basic protection		1 ^c or 2 ^d	Enhanced protection	Enhanced protection
C	Enhanced protection	Basic protection	Enhanced protection			1 or 2 ^f	Enhanced protection
D	Enhanced protection	Basic protection	Enhanced protection				2
Key 1 Protection is not necessary for safety, but can be required for functional reasons according to 4.4.7.3. 2 Basic protection for circuit of higher voltage. 1 or 2 Depending on separation with other circuits. Ax > As Voltage less than DVC B but higher than DVC As, that does not meet 4.4.2.2. ^a A, A1, A2 or A3, whichever is appropriate according to 4.4.2.2. ^b If the considered circuit is designated as a SELV circuit, basic protection is required from earth and from PELV circuits. ^c Both circuits under consideration have the same DVC As level. ^d Both circuits under consideration have different DVC As level. ^e Except for "Finger tip", see Table 2. ^f Basic protection is required between galvanically isolated circuits (e.g. mains supply, UPS output, PV or generator output, auxiliaries). ^g Also applies to conductive parts connected to functional earth.							

4.4.3 Provision for basic protection

4.4.3.1 General

4.4.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.3.2 Protection by means of basic insulation of live parts

4.4.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition, in the first paragraph, of the words "or D" after "DVC C".

4.4.3.3 Protection by means of enclosures or barriers

4.4.3.3. of IEC 62477-1:2012 applies except as follows.

Replacement of the last paragraph with the following two paragraphs:

Products containing circuits of DVC A, B, C or D, intended for installation in restricted access areas as defined in 3.48 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, need not have protective measures for protection against direct contact to hazardous live parts.

In the case of a PECS intended to be installed and operated without an enclosure, open type equipment, the user documentation shall require that other means of protection are provided by the installation (see 6.3.7.101).

Addition:

Additional requirements for DVC D circuits are located in 4.4.101.

4.4.3.4 Protection by means of limitation of touch current and charge

4.4.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies except as follows.

Replacement of the first paragraph, including the bullet list:

The limitation of touch current shall not exceed a value of 3,5 mA AC or 10 mA DC.

Product committees using this document as reference document may consider the touch current level of 0,5 mA AC/2 mA DC as threshold of perception as recommended by IEC 61140.

4.4.3.5 Protection by means of limited voltages

4.4.3.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4 Provision for fault protection

4.4.4.1 General

4.4.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.2 Protective equipotential bonding

4.4.4.2.1 General

4.4.4.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.2.2 Rating of protective equipotential bonding

4.4.4.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.3 PE conductor

4.4.4.3.1 General

4.4.4.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

For IT systems, the manufacturer may consider designing the PE conductor following 4.4.4.2.2.

NOTE 1 For IT systems not operating under earth fault condition, the prospective short-circuit current can be low, because the only path of the current is through parasitic capacitance and leakage resistance and is not driven by any shorted supply. This could allow for reducing the size of the earth conductor. Reduction of the earth conductor can be enhanced by monitoring of earth faults and appropriate circuit disconnection to avoid damage to the earth conductor.

NOTE 2 When considering the sizing of the PE conductor, the installer follows local regulations.

4.4.4.3.2 Means of connection for the PE conductor

4.4.4.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.3.3 Touch current in case of failure of PE conductor

4.4.4.3.3. of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.4 Automatic disconnection of supply

4.4.4.4 of IEC 62477-1:2012 only applies to the low-voltage parts or sections of the PEC or PECS.

4.4.4.5 Supplementary insulation

4.4.4.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.6 Simple separation between circuits

4.4.4.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.4.7 Electrically protective screening

4.4.4.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.5 Enhanced protection

4.4.5.1 General

4.4.5.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.5.2 Reinforced insulation

4.4.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.5.3 Protective separation between circuits

4.4.5.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.5.4 Protection by means of protective impedance

4.4.5.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.6 Protective measures

4.4.6.1 General

4.4.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.6.2 Protective measures for protective class I equipment

4.4.6.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.6.3 Protective measures for protective class II equipment

4.4.6.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.6.4 Protective measures for protective class III equipment or circuits

4.4.6.4.1 General

4.4.6.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.6.4.2 Connection to PELV and SELV circuits

4.4.6.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7 Insulation

4.4.7.1 General

4.4.7.1.1 Influencing factors

4.4.7.1.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.1.2 Pollution degree

4.4.7.1.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.1.3 Overvoltage category (OVC)

4.4.7.1.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.1.4 Supply system earthing

4.4.7.1.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.1.5 Determination of impulse withstand voltage and temporary overvoltage

4.4.7.1.5 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

For system voltages up to and including 1 000 V AC or 1 500 V DC, Table 9 of IEC 62477-1:2012 applies. For system voltages from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC, Table 101 applies.

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

Column 1		2	3	4	5	6
System voltage V (4.4.7.1.6) Up to and including		Impulse withstand voltage V				Temporary overvoltage V
		Overvoltage Category				
AC	DC	I	II	III	IV	r.m.s./peak
> 1 000	> 1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	3 000 / 4 250 ^c
3 600	5 400	9 000 ^a	16 000 ^a	20 000 ^b	40 000 ^b	10 000 / 14 150 ^b
7 200	10 800	17 500 ^a	29 000 ^a	40 000 ^b	60 000 ^b	20 000 / 28 300 ^b
12 000	18 000	29 000 ^a	42 500 ^a	60 000 ^b	75 000 ^b	28 000 / 39 600 ^b
17 500	26 300	40 000 ^a	55 000 ^a	75 000 ^b	95 000 ^b	38 000 / 53 750 ^b
24 000	36 000	52 000 ^a	75 000 ^a	95 000 ^b	125 000 ^b	50 000 / 70 700 ^b
36 000	54 000	75 000 ^a	95 000 ^a	125 000 ^b	145 000 ^b	70 000 / 99 000 ^b

Interpolation is permitted.

NOTE 1 Basic impulse level (BIL) and lightning impulse (LI) are identical to impulse withstand voltage.

NOTE 2 Table 101 differs for 1 000 V from Table 9 of IEC 62477-1:2012 because the values have been taken out of different reference standards.

^a These values have been derived or extrapolated from Tables 4 and 5 of IEC 62103:2003.

^b These values have been derived or extrapolated from Table 2 of IEC 60071-1:2006.

^c This value has been taken from IEC 60146-1-1.

4.4.7.1.6 Determination of the system voltage

4.4.7.1.6.1 For mains supply

4.4.7.1.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

For HV PEC and PECS supplied by an AC mains supply, the system voltage is the r.m.s. value of the supply voltage between phases.

4.4.7.1.6.2 For non-mains supply

4.4.7.1.6.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Note 4 and Note 5 of 4.4.7.1.6.1 of IEC 62477-1:2012 also apply for non-mains supply.

4.4.7.1.7 Components bridging insulation

4.4.7.1.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.2 Insulation to the surroundings

4.4.7.2.1 General

4.4.7.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.2.2 Circuits connected to mains supply

4.4.7.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The surge protective device shall consider the rated voltage, the available energy that the system is allowed to be connected to, and any other design criteria required.

4.4.7.2.3 Circuits connected to non-mains supply

4.4.7.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.2.4 Insulation between circuits

4.4.7.2.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.3 Functional insulation

4.4.7.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.4 Clearance distances

4.4.7.4.1 Determination

4.4.7.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The altitude correction factors may be calculated according to IEC 60071-2.

For HV PEC and PECS, clearances for reinforced insulation shall be dimensioned to withstand 1,6 times the impulse withstand voltage, temporary over-voltage or working voltage (see Table 102)

Table 102 – Clearance distances for functional, basic or supplementary insulation

Impulse withstand voltage ^a (from Table 101)	Temporary overvoltage ^{a b} (peak) ^d	Working voltage ^{a b} (recurring peak) ^c	Minimum clearance distances in air up to 2 000 m above sea level			
V	V	V	mm			
			Pollution degree			
			1	2	3	4
20 000	12 000	7 600	25			
40 000	26 000	16 000	60			
60 000	37 000	23 000	90			
75 000	48 000	30 000	120			
95 000	61 000	38 000	160			
125 000	80 000	50 000	220			
145 000	99 000	60 000	270			
170 000	116 000	70 000	320			
250 000	170 000	103 000	480			
^a Interpolation is permitted for non-mains supply.						
^b Interpolation is permitted, when clearance is determined from temporary overvoltage and working voltage.						
^c This voltage is approximately 0,8 times the voltage required to break down the associated clearance.						
^d Only relevant for determining insulation between surroundings and circuits (from IEC 60071-1:2006).						

4.4.7.4.2 Electric field homogeneity

4.4.7.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.4.3 Clearance to conductive enclosures

4.4.7.4.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Also refer to 4.12.1.

4.4.7.5 Creepage distances**4.4.7.5.1 Insulating material groups**

4.4.7.5.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.5.2 Determination

4.4.7.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Creepage distances for PEC and PECS shall be dimensioned according to Table 103.

Table 103 – Creepage distances (in millimetres)

Column 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Working voltage (r.m.s.)	PWBs ^a		Other insulators								
	Pollution degree		Pollution degree								
V	1	2	1	2				3			
	b, f	c, f	b	Insulating material group				Insulating material group			
				I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
12 500			50	63	90	125		d	d	d	d, e
16 000			63	80	110	150					
20 000			80	100	140	200					
25 000			100	125	180	250					
32 000			125	160	220	320					
40 000			160	200	280	400					
50 000			200	250	360	500					
63 000			250	320	450	600					
Interpolation is permitted.											
^a These columns also apply to components and parts on PWBs, and to other creepage distances with a comparable control of tolerances.											
^b All material groups.											
^c All material groups except IIIb.											
^d Values for creepage distances are not determined for this range. For values, see IEC 60071-2:1996, Table 1.											
^e Insulating materials of group IIIb are not normally recommended for pollution degree 3 above 630 V.											
^f Above 12 500 V, use the values from columns 4 to 11, as appropriate.											

4.4.7.6 Coating

4.4.7.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.7 PWB spacings for functional insulation

4.4.7.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8 Solid insulation**4.4.7.8.1 General**

4.4.7.8.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.2 Material requirements

4.4.7.8.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.3 Thin sheet or tape material**4.4.7.8.3.1 General**

4.4.7.8.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.3.2 Material thickness equal to or more than 0,2 mm

4.4.7.8.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.3.3 Material thickness less than 0,2 mm

4.4.7.8.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.3.4 Compliance

4.4.7.8.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.4 Printed wiring boards (PWBs)

4.4.7.8.4.1 General

4.4.7.8.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.4.2 Use of coating materials

4.4.7.8.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.5 Wound components

4.4.7.8.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.8.6 Potting materials

4.4.7.8.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.9 Connection of parts of solid insulation (cemented joints)

4.4.7.9 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.10 Requirements for electrical withstand capability

4.4.7.10.1 Basic or supplementary insulation

4.4.7.10.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.10.2 Double or reinforced insulation

4.4.7.10.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.7.11 Insulation requirements above 30 kHz

4.4.7.11 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD)

4.4.8 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.4.9 Capacitor discharge

Replacement:

For protection against electric shock hazard, capacitors within a PECS shall be discharged to a voltage less than 50 V, and not capable of creating a touch current greater than the values specified in 4.4.3.4 after the removal of power from the PECS:

- for PECS pluggable equipment type A and B, the discharge time shall not exceed 1 s, or the hazardous live parts shall be protected against direct contact by at least IPXXB (see 4.4.3.3);

- for permanently connected PECS, the discharge time shall not exceed 5 s;
- for pluggable and permanently connected PECS with an appropriate interlock measure that prevents access to the capacitors until discharged, no discharge time is required.

For any capacitor(s) that do not meet the above requirements, the information and marking requirements of 6.5.2 apply.

Compliance is checked by test of 5.2.3.8 and 5.2.3.7.

This requirement also applies to capacitors used for power factor correction, filtering, etc.

NOTE Product committees using this document as reference document can consider the charge level $0,5 \mu\text{C}$ as threshold of perception as recommended by IEC 61140.

Additional subclause:

4.4.101 Access conditions for HV PEC or PECS

Personnel shall be prevented from accessing the HV sections (transformer, converter, motor, etc.) of a PEC or PECS. This protection is either provided by an appropriate housing enclosure according to 4.12 with respect to personnel safety, or will be governed by the rules of the installation.

a) Operating conditions

If an enclosure is used, interlocks shall be used to prevent any access inside the enclosure of the HV PEC or PECS section when main circuit breaker(s) providing the high voltage to the circuit are on, and if hazardous live parts have not been earthed (see b)). Interlocks are required on doors that have quick opening mechanisms like a handle with a one, three or five point latch systems, or doors that have one point latch with key tool latches on the corners. Interlocks are not required where the door is fastened by bolts on all four sides (this could be three bolted sides and a bolted or welded hinge).

b) Access for maintenance – Earthing instructions

HV section(s) shall have provisions for safe earthing of de-energized HV parts during maintenance.

Manufacturers are responsible to provide a safe method of attaching the site earthing to the product.

If an earthing switch is provided with the PEC or PECS, the manufacturer shall provide instructions on its operation (see 6.5.101).

The earthing contacts, or an indication that the contacts of the switches are closed, shall be visible by the maintenance personnel before accessing the equipment.

NOTE 1 In particular cases (for example, load-commutated inverters), two earthing devices (one line side, one load side) can be required.

If an earthing switch is not provided with the PEC or PECS, the manufacturer shall provide a method of connection for earthing which can be connected safely to the PEC or PECS (see 6.5.101).

Earthing devices shall comply with the relevant requirements of IEC 62271-102 or IEC 61230.

The operation of the earthing provisions shall be safe even in case of a fault in a discharge circuit. The requirements of 4.4.9 apply in normal and in fault condition of a discharge circuit and shall take into account stray capacitances of cables, load(s), transformers, etc.

NOTE 2 It is advisable for the installation to provide earthing devices in sufficient quantity to facilitate maintenance work safely on de-energized HV parts.

4.5 Protection against electrical energy hazards

4.5.1 Operator access areas

4.5.1.1 General

Replacement:

Failure of any component within the PEC or PECS shall not release sufficient energy to lead to a hazard, for example, expulsion of material into an area occupied by personnel.

The manufacturer shall ensure that energy transfer from the load to the PEC or PECS operator access area is considered where required.

4.5 provides requirements for the electrical energy hazards that have not been typically covered in safety standards under normal operating conditions.

NOTE 1 These hazards are not associated with electric shock in 4.4 or fire hazards in 4.6, because these topics are covered as listed.

NOTE 2 These hazards are not associated with HV sections (see 4.4.101 a).

Examples are heat, pressure explosion or chemical expulsion.

The operator access areas of a PEC or PECS for installation in a general public area shall require a tool or a key to access.

Equipment shall be designed to eliminate the risk of an electrical energy hazard in operator access areas in accordance with 4.2.

A risk of injury due to an electrical energy hazard exists if

- there is a hazardous electrical energy between any two or more uninsulated parts (one of which may be earthed) that can be bridged by a conductive object, and
- the jointed test finger described in IEC 60529:1989, Figure 1, in any articulated position, can bridge two or more bare parts (one of which may be earthed), where a hazardous energy level exists.

If a hazardous energy exists between the circuits under consideration,

- the energy shall be limited according to 4.5.1.101, or
- enclosures, barriers, guards, and similar means shall be provided, which can only be removed with the use of a tool or key.

Compliance is checked by the non-accessibility test of 5.2.2.2.

4.5.1.2 Determination of hazardous electrical energy level

Replacement:

A hazardous electrical energy level is considered to exist if

- the voltage is 2 V or more, and
- one or both of the following applies:
 - the power available exceeds the limit of limited power sources in 4.5.1.101, and
 - the stored energy exceeds 20 J.

Compliance of the limited power sources shall be checked by 5.2.3.9 and the stored energy shall be checked by calculation as follows:

$$E = 0,5 \, C U^2$$

where

E is the energy, in joule (J);

C is the capacitance, in farad (F);

U is the measured voltage on the capacitor, in volt (V).

Additional subclause:

4.5.1.101 Limited power sources

Where a limited power source is used by a manufacturer, the source shall comply with Table 104 or Table 105 as applicable.

A limited power source shall comply with one of the following requirements:

- the output is inherently limited in compliance with Table 104; or
- a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 104 – if a positive temperature coefficient device (e.g. PTC) is used, it shall pass the applicable tests specified in IEC 60730-1; or
- a regulating network limits the output in compliance with Table 104, both with and without a single fault in the regulating network; or
- an overcurrent protective device is used and the output is limited in compliance with Table 105.

In case the limited power source requirement depends on overcurrent protective device(s), the current rating of at least one of the protective device(s) in the current path shall not exceed the limit in Table 105.

Where an overcurrent protective device is used, it shall be a fuse or a non-adjustable, non-autoreset, electromechanical device.

A limited power source operated from an AC mains supply, or a battery-operated limited power source that is recharged from an AC mains supply while supplying the load, shall incorporate an isolating transformer.

In any case, a limited power source shall pass the limited power source test of 5.2.3.9, to ensure that no hazardous energy is present.

Table 104 – Limits for power sources without an overcurrent protective device

Output voltage ^a		Output current ^{b d}	Apparent power ^{c d}
U_{oc}		I_{sc}	S
V AC	V DC	A	VA
≤ 30 V r.m.s.	≤ 30 V DC	≤ 8	≤ 100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150 / U_{oc}$	≤ 100

^a U_{oc} : Output voltage measured in accordance with 5.1.5.3 with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal AC and ripple-free DC. For non-sinusoidal AC and DC with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

^b I_{sc} : Maximum output current with any non-capacitive load, including a short-circuit.

^c S (VA): Maximum output apparent power in VA with any non-capacitive load.

^d Measurement of I_{sc} and S are made 5 s after application of the load if protection is by an electronic circuit or a positive temperature coefficient device (e.g. PTC), and 60 s in other cases.

Table 105 – Limits for power sources with an overcurrent protective device

Output voltage ^a		Output current ^{b d} I_{sc} A	Apparent power ^{c d} S VA	Current rating of overcurrent protective device ^e A
U_{oc}				
V AC	V DC			
≤ 20	≤ 20	$\leq 1\,000/U_{oc}$	≤ 250	$\leq 5,0$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			$\leq 100/U_{oc}$
–	$30 < U_{oc} \leq 60$			$\leq 100/U_{oc}$

^a U_{oc} : Output voltage measured in accordance with 5.1.5.3 with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal AC and ripple free DC. For non-sinusoidal AC and for DC with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

^b I_{sc} : Maximum output current with any non-capacitive load, including a short-circuit, measured 60 s after application of the load.

^c S (VA): Maximum output VA with any non-capacitive load measured 60 s after application of the load.

^d Current limiting impedances remain in the circuit during measurement, but overcurrent protective devices are bypassed.

NOTE The reason for making measurements with overcurrent protective devices bypassed is to determine the amount of energy that is available to cause possible overheating during the operating time of the overcurrent protective devices.

^e The current ratings of overcurrent protective devices that break the circuit within 120 s with a current equal to 210 % of the current rating are specified in the table.

NOTE The limited power source concept is intended for usage in operator access area. For more information, see IEC 60730-1.

4.5.2 Service access areas

4.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6 Protection against fire and thermal hazards

4.6.1 Circuits representing a fire hazard

4.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.2 Components representing a fire hazard

4.6.2.1 General

4.6.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.2.2 Components within a circuit representing a fire hazard

4.6.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.2.3 Components within a circuit not representing a fire hazard

4.6.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.3 Fire enclosures

4.6.3.1 General

4.6.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Open type equipment is exempt from this requirement.

4.6.3.2 Flammability of enclosure materials

4.6.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.3.3 Openings in fire enclosures

4.6.3.3.1 General

4.6.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.3.3.2 Openings in the top and side of fire enclosures

4.6.3.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.3.3.3 Openings in the bottom of a fire enclosure

4.6.3.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.3.3.4 Doors or covers in fire enclosures

4.6.3.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.4 Temperature limits

4.6.4.1 Internal parts

4.6.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.4.2 Accessible parts

4.6.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.6.5 Limited power sources

4.6.5 of IEC 62477-1:2012 does not apply (see 4.5.1.101).

4.7 Protection against mechanical hazards

4.7.1 General

4.7.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2 Specific requirements for liquid cooled PECS

4.7.2.1 General

4.7.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.2 Coolant

4.7.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3 Design requirements

4.7.2.3.1 General

4.7.2.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.2 Corrosion resistance

4.7.2.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.3 Tubing, joints and seals

4.7.2.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.4 Provision for condensation

4.7.2.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.5 Leakage of coolant

4.7.2.3.5 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement of the second paragraph:

If and when a leak occurs, protection shall be provided to ensure that no insulation system is compromised by the leakage under operation.

4.7.2.3.6 Loss of coolant

4.7.2.3.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.7 Conductivity of coolant

4.7.2.3.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.7.2.3.8 Insulation requirements for coolant hoses

4.7.2.3.8 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.8 Equipment with multiple sources of supply

4.8 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition to item a) of the last paragraph:

This does not apply in a case where the PECS is designed for backfeeding.

4.9 Protection against environmental stresses

4.9 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

In case of outdoors installations, additional design measures have to be met which are not covered by this document.

NOTE 101 The data in Table 18 is only provided as an example. IEC 60721-3 (all parts) is intended to be used by the manufacturer as a guide to set the requirements.

4.10 Protection against sonic pressure hazards

4.10.1 General

4.10.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.10.2 Sonic pressure and sound level

4.10.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11 Wiring and connections**4.11.1 General**

4.11.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.2 Routing

4.11.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.3 Colour coding

4.11.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.4 Splices and connections

4.11.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.5 Accessible connections

4.11.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.6 Interconnections between parts of the PECS

4.11.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.7 Supply connections

4.11.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.8 Terminals**4.11.8.1 Construction requirements**

4.11.8.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.8.2 Connecting capacity

4.11.8.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.8.3 Connection

4.11.8.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.11.8.4 Wire bending space for wires 10 mm² and greater

4.11.8.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.12 Enclosures**4.12.1 General**

4.12.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

An enclosure that provides protection for personnel safety shall follow IEC 60204-11 where applicable when an enclosure is provided.

If open type equipment utilizes an enclosure for any sub-assembly, this enclosure shall meet the requirements in this document as applicable.

For open type equipment, the tests of 5.2.2.4 to 5.2.2.7 are not required, except when the open type equipment uses an enclosure as a sub assembly. Then these tests are required for the enclosure only.

4.12.2 Handles and manual controls

4.12.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.12.3 Cast metal

4.12.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.12.4 Sheet metal

4.12.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

4.12.5 Stability test for enclosure

4.12.5 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The tests defined in IEC 62477-1:2012 are not applicable to large equipment.

The manufacturer of large equipment shall ensure that the equipment is not subject to a lateral force that would push the unit onto a side in all situations the equipment is designed for.

5 Test requirements

5.1 General

5.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

This document does not cover the production quality measurement aspect of routine tests. This document defines a minimum requirement for routine testing; however, routine testing should be addressed by the manufacturers' quality systems, specific to the entire product, sub-assembly or component to guarantee the safety levels verified during type testing are maintained during production, where this document is used as a reference.

5.1.1 Test objectives and classification

5.1.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

See Table 22 for the tests.

5.1.2 Selection of test samples

5.1.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The manufacturer is responsible to justify the technical rationale for selection of representative samples.

5.1.3 Sequence of tests

5.1.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.1.4 Earthing conditions

5.1.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.1.5 General conditions for tests

5.1.5.1 Application of tests

5.1.5.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.1.5.2 Test samples

5.1.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.1.5.3 Operating parameters for tests

5.1.5.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.1.6 Compliance

5.1.6 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The assessment of potential impact shall be documented.

5.1.7 Test overview

5.1.7 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 applies, except as follows.

Replacement of the following row of Table 22:

Table 22 – Test overview

Test	Type	Routine	Sample	Requirement(s)	Specification
Limited power source test	X			4.5.1.101	5.2.3.9

5.2 Test specifications

5.2.1 Visual inspections (type test, sample test and routine test)

5.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2 Mechanical tests

5.2.2.1 Clearances and creepage distances test (type test)

5.2.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.2 Non-accessibility test (type test)

5.2.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.3 Ingress protection test (IP rating) (type test)

5.2.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The enclosure integrity test may be done without original components inside unless the acceptance criteria require that components are mounted to evaluated compliance.

5.2.2.4 Enclosure integrity test (type test)

5.2.2.4.1 General

5.2.2.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.4.2 Deflection test (type test)

5.2.2.4.2.1 General

5.2.2.4.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.4.2.2 Steady force test, 30 N

5.2.2.4.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.4.2.3 Steady force test, 250 N

5.2.2.4.2.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

If the enclosure will be subject to higher forces (according to intended usage and to the manufacturer's specification), that higher value shall be tested accordingly.

5.2.2.4.3 Impact test (type test)

5.2.2.4.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.4.4 Drop test

5.2.2.4.4 of IEC 62477-1:2012 does not apply.

5.2.2.4.5 Stress relief test

5.2.2.4.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.2.5 Stability test

Replacement:

The manufacturer of large equipment shall, by calculation or test, ensure that a reasonable force per size applied directly to the side will not cause the unit to tip onto its side.

It is allowed to use the test method described in IEC 62477-1:2012, 5.2.2.5, with test levels that are appropriate for large equipment, or analysis and calculation.

5.2.2.6 Wall or ceiling mounted equipment test

5.2.2.6 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Those tests are only applicable to HV PECS that is mounted on wall or ceiling without being supported by the floor.

5.2.2.7 Handles and manual controls securement test

5.2.2.7 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement of Table 23:

Table 23 – Pull values for handles and manual control securement

	Axial pull unlikely ^b			Axial pull likely ^b		
	N			N		
Intended for operation by	Fingers	1 hand	2 hands	Fingers	1 hand	2 hands
Operating means of components ^a	15	100	200	30	150	300
Other	20	150	300	50	200	450
^a Handles, knobs, grips levers and the like intended to operate components, such as valve controls, electrical switch handles etc. ^b "Likely" means normal operational forces. "Unlikely" means foreseen misuse.						

Addition:

NOTE This test is intended to check if open holes from removed handles would affect safety.

5.2.3 Electrical tests

5.2.3.1 General

5.2.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The selection of relevant sub-assemblies and components shall be according to 5.2.6.1.

The preconditioning according to 5.2.6.3.1 and 5.2.6.3.2 is only necessary in cases where this is relevant for safety. The manufacturer is responsible to determine the relevancy for safety.

5.2.3.2 Impulse voltage test (type test and sample test)

5.2.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

See Table 106 for HV values.

NOTE 1 See 5.1.1 for applicability of the tests.

Table 106 – Impulse test voltage

Column 1		2	3	4	5
System voltage (see 4.4.7.1.6)		Impulse withstand voltage for insulation between circuits and their surroundings according to over-voltage category III		Impulse withstand voltage for insulation between circuits and their surroundings according to overvoltage category IV	
AC	DC	Basic or supplementary	Reinforced	Basic or supple- mentary	Reinforced
V	V	V	V	V	V
1 001	1 501	8 000	12 800	12 000	19 200
3 600	5 400	20 000	32 000	40 000	64 000
7 200	10 800	40 000	64 000	60 000	96 000
12 000	18 000	60 000	96 000	75 000	120 000
17 500	26 250	75 000	120 000	95 000	152 000
24 000	36 000	95 000	152 000	125 000	200 000
36 000	54 000	125 000	200 000	145 000	232 000
Interpolation is permitted.					
NOTE Test voltages for overvoltage categories I and II can be derived in a similar way from Table 101.					

NOTE 2 In some countries basic impulse level (BIL) and lightning impulse (LI) means impulse voltage.

NOTE 3 Impulse test voltages according to IEC 60071-1:2006, Table 2, can be used. If this method is selected, the test data collected becomes the objective evidence which proves this requirement was met.

If the PEC includes a combination of different insulation systems, an impulse voltage test of the complete PEC is not required. Sub-systems can be tested separately and shall follow the rules in 4.4.7.10.1 and 4.4.7.10.2.

5.2.3.3 Alternative to impulse voltage test (type test and sample test)

5.2.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

It is the manufacturer's responsibility to prove equivalency, if this method is used for HV circuits. See IEC 60071-2:1996, 5.2, for alternative test methods.

5.2.3.4 AC or d.c. voltage test (type test and routine test)

5.2.3.4.1 Purpose of test

5.2.3.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.4.2 Value and type of test voltage

5.2.3.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

See Table 107 for HV values.

Table 107 – AC or DC test voltage for circuits connected directly to HV mains supply

Column 1 Line to line system voltage (see 4.4.7.1.6)		2 ^b Voltage for type testing circuits with basic insulation, and for all routine testing		3 ^b Voltage for type testing circuits with protective separation, and between circuits and accessible surfaces (non-conductive or conductive but not connected to protective earth, protective class II according to 4.4.6.3)	
AC (V)	DC (V)	AC r.m.s. ^a (V)	DC (V)	AC r.m.s. (V)	DC (V)
1 001	1 501	3 000	4 250	4 800	6 800
3 600	5 400	10 000	14 150	16 000	22 650
7 200	10 800	20 000	28 300	32 000	45 300
12 000	18 000	28 000	39 600	44 800	63 350
17 500	26 250	38 000	53 700	60 800	85 900
24 000	36 000	50 000	70 700	80 000	113 100
36 000	54 000	70 000	99 000	112 000	158 400

Interpolation is permitted.

^a Values from Table 2 of IEC 60071-1:2006.

^b A voltage source with a short-circuit current of at least 0,1 A according to 5.2.2.2 of IEC 61180-1:1992 is used for this test.

5.2.3.4.3 Performing the voltage test

5.2.3.4.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.4.4 Duration of the a.c. or d.c. voltage test

5.2.3.4.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.4.5 Verification of the a.c. or d.c. voltage test

5.2.3.4.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.5 Partial discharge test (type test, sample test)

5.2.3.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.6 Protective impedance test (type test and routine test)

5.2.3.6 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

Compliance may alternatively be shown by calculation, If performed by calculation, the tolerances of the components shall be taken into account.

5.2.3.7 Touch current measurement test (type test)

5.2.3.7 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

NOTE For HV PECs, this test can normally be omitted because fixed connection earthing measures are used (see 4.4.4.3.3).

5.2.3.8 Capacitor discharge test (type test)

Replacement:

When capacitor discharge time is required by 4.4.3.4 and 4.4.9, it shall be verified by a type test and/or by calculation taking into account the relevant tolerances.

When a control system (see 4.4.9) is installed to prevent access to stored energy, a type test shall be conducted to prove the functionality. If a manufacturer selects this option, they are required to prove that the requirements of 4.4.9, which prevent access while the capacitive energy is present, are met by this control system.

5.2.3.9 Limited power source test (type test)

5.2.3.9 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.10 Temperature rise test (type test)

5.2.3.10 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition at the end of the sixth paragraph:

The intervals of the three successive readings are limited to an upper limit of 30 min.

5.2.3.11 Protective equipotential bonding tests (type tests and routine test)

5.2.3.11.1 General

5.2.3.11.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.11.2 Protective equipotential bonding impedance test

5.2.3.11.2.1 Test conditions

5.2.3.11.2.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.11.2.2 Test current, duration and acceptance criteria

5.2.3.11.2.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.11.3 Protective equipotential bonding short-circuit withstand test (type test)

5.2.3.11.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.3.11.4 Protective equipotential bonding continuity test (routine test)

5.2.3.11.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4 Abnormal operation and simulated faults tests

5.2.4.1 General

Replacement:

Protection against risk of thermal, electric shock and energy hazards in case of abnormal operating condition of a PECS in combination with its installation shall be evaluated by

- a) tests defined in 5.2.4 on a representative sample, or
- b) calculation or simulation verified by tests as defined in 5.2.4.4 and 5.2.4.6 on a representative model of PECS, where no damage other than opening of overcurrent protective devices has occurred to the test sample.

NOTE A representative model means a PECS with similar power elements (for example, power semiconductor devices, fuses, circuit breakers, capacitors, overcurrent detection and output inductances) and circuit topologies as the PECS under consideration.

Before all abnormal tests, the test sample shall be mounted, connected, and operated as described in the temperature rise test.

Simulated faults or abnormal operating conditions shall be applied one at a time. Faults that are the direct consequence of a simulated fault or abnormal operating conditions are considered to be part of that simulated fault or abnormal operating condition.

In the case of components or sub-assemblies of a PECS supplied without an enclosure, a wire mesh cage which is 1,5 times the individual linear dimensions of the PECS part under study shall be used to simulate the intended enclosure.

The PECS, and the wire mesh cage (if used), shall be earthed according to the requirements of 4.4.4.2.2.

Cheese cloth or surgical cotton shall be placed at all openings, handles, flanges, joints and similar locations on the outside of the enclosure and the wire mesh cage (if used), in a manner which will not significantly affect the cooling. Exception without cheese cloth or surgical cotton is allowed by using pass criteria according to 5.2.4.2.

Where the PECS under test is specified in its installation manual to require external means of protection against faults, these specific means shall be provided for the test.

The voltages of accessible SELV, PELV and DVC As circuits as well as accessible earthed and unearthed conductive parts shall be monitored.

The supply shall be capable of delivering the specified prospective short-circuit current (see 4.3.1) at the connection to the PECS, unless the circuit analysis of 4.2 demonstrates that a lesser value may be used.

The individual tests shall be performed until terminated by activation of a protective device or mechanism (internal or external), a component failure occurs that interrupts the fault condition, or the temperatures stabilize.

5.2.4.2 Pass criteria

Additional subclauses:

5.2.4.2.101 General pass criteria

The text in 5.2.4.2 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 applies for 5.2.4.2.101.

5.2.4.2.102 Output short-circuit alternative pass criteria

The test in 5.2.4.6 is also considered passed, if there is no cheese cloth or surgical cotton indicator installed, but after the test

- the PECS is able to operate,
- there is no damage within the PECS, proved by visual inspection, and
- there are no traces of flames, loose particles or molten metal.

This is not applicable for the breakdown of components test (see also 4.2).

5.2.4.3 Protective equipotential bonding short-circuit withstand test (type test)

5.2.4.3.1 General

5.2.4.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.3.2 Test conditions

5.2.4.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.3.3 Protective equipotential bonding short-circuit test method

5.2.4.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.3.4 Pass criteria

5.2.4.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.4 Output short-circuit test (type test)

5.2.4.4.1 Load conditions

5.2.4.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The output short-circuit test shall be performed on any power port that is designed to feed power out of the PEC.

5.2.4.4.2 Short-circuit test method

5.2.4.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

See 5.2.4.2.101 and 5.2.4.2.102 for pass criteria.

5.2.4.5 Output overload test (type test)

5.2.4.5 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The output overload test shall be performed on any power port that is designed to feed power out of the PEC.

For PECS where the overload condition is regarded as normal operation, the output overload test is not required.

5.2.4.6 Breakdown of components test (type test)

5.2.4.6 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

NOTE For general requirements, see 5.2.4.1; for pass criteria, see 5.2.4.2.

5.2.4.6.1 Load conditions

5.2.4.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.6.2 Application of short-circuit or open-circuit

5.2.4.6.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.6.3 Test sequence

5.2.4.6.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.7 PWB short-circuit test (type test)

5.2.4.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.8 Loss of phase test (type test)

5.2.4.8 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.9 Cooling failure tests (type tests)

5.2.4.9.1 General and pass criteria

5.2.4.9.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.9.2 Inoperative blower motor test

5.2.4.9.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition:

The fan or blower may be made inoperative by mechanical or electrical means.

5.2.4.9.3 Clogged filter test

5.2.4.9.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.9.4 Loss of coolant test

5.2.4.9.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.4.10 Short time withstand current (I_{cw}) test (type test)

5.2.4.10.1 General

5.2.4.10.1 of IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

5.2.4.10.2 Short time withstand current test method

5.2.4.10.2 IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

5.2.4.10.3 Compliance criteria

5.2.4.10.3 IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

5.2.5 Material tests

5.2.5.1 General

5.2.5.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.2 High current arcing ignition test (type test)

5.2.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.3 Glow-wire test (type test)

5.2.5.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.4 Hot wire ignition test (type test – alternative to glow-wire test)

5.2.5.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.5 Flammability test (type test)

5.2.5.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.6 Flaming oil test (type test)

5.2.5.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.5.7 Cemented joints test (type test)

5.2.5.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6 Environmental tests (type tests)

5.2.6.1 General

5.2.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition after the second paragraph:

NOTE Safety relevant sub-assemblies are typically control-related sub-assemblies.

5.2.6.2 Acceptance criteria

5.2.6.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6.3 Climatic tests

5.2.6.3.1 Dry heat test (steady state)

5.2.6.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6.3.2 Damp heat test (steady state)

5.2.6.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6.4 Vibration test (type test)

5.2.6.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6.5 Salt mist test (type test)

5.2.6.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.6.6 Dust and sand test (type test)

5.2.6.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

5.2.7 Hydrostatic pressure test (type test and routine test)

5.2.7 of IEC 62477-1:2012 applies.

6 Information and marking requirements**6.1 General**

6.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition of the arc fault information and marking requirements of Clause AA.7.

6.2 Information for selection

6.2 of IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 applies with exception (see 4.3.1).

6.3 Information for installation and commissioning**6.3.1 General**

6.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.2 Mechanical considerations

6.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.3 Environment

6.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.4 Handling and mounting

6.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.5 Enclosure temperature

6.3.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.6 Connections**6.3.6.1 General**

6.3.6.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.6.2 Interconnection and wiring diagrams

6.3.6.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.6.3 Conductor (cable) selection

6.3.6.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.6.4 Terminal capacity and identification

6.3.6.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7 Protection requirements

6.3.7.1 Accessible parts and circuits

6.3.7.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.2 Type of electrical supply system

6.3.7.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.3 Protective class

6.3.7.3.1 General

6.3.7.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.3.2 Protective class I equipment

6.3.7.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.3.3 Protective class II equipment

6.3.7.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.3.4 Protective class III equipment

6.3.7.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.4 Touch current marking

6.3.7.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.5 Compatibility with RCD marking

6.3.7.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.6 Cable and connection

6.3.7.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.3.7.7 External protection devices

6.3.7.7 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Additional subclause:

6.3.7.101 Open type equipment

In the case of a PECS intended to be installed and operated without an enclosure, the documentation shall require that other means of protection are provided by the installation. This information should include all relevant information highlighting potential hazards created by the lack of an enclosure (see 4.4.3.3).

6.3.8 Commissioning

6.3.8 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4 Information for use

6.4.1 General

6.4.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.2 Adjustment

6.4.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.3 Labels, signs and signals

6.4.3.1 General

6.4.3.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.3.2 Isolators

6.4.3.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.3.3 Visual and audible signals

6.4.3.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.3.4 Hot surfaces

6.4.3.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.4.3.5 Control and device marking

6.4.3.5 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Additional subclause:

6.4.3.101 Operation in fault condition

If the manufacturer allows operation after a single fault condition, the manufacturer is responsible to provide all appropriate safety information in the product documentation (see 4.1).

6.5 Information for maintenance

6.5.1 General

6.5.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.5.2 Capacitor discharge

6.5.2 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement, in the first paragraph, of the reference "4.4.3.4" by "4.4.9".

6.5.3 Auto restart/bypass connection

6.5.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.5.4 Other hazards

6.5.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

6.5.5 Equipment with multiple sources of supply

Replacement:

The installer responsible for the installation of the PEC or PECS shall provide information specific to the proper way to de-energize the system for servicing in all conditions.

In accordance with 4.8, where there is more than one source of supply energizing the PECS, the manufacturer shall provide information to indicate which input or output ports shall be isolated in order to perform maintenance of the equipment or respective part of the system.

NOTE In many cases, the manufacturer of the PEC or PECS is not responsible for the installation of the equipment and would not be able to provide such information.

Additional subclause:

6.5.101 Access conditions for HV PEC or PECS

For parts which are not directly earthed by an earthing switch, the manufacturers shall provide safety instructions to perform earthing and this information shall be included in a maintenance manual (see 4.4.101).

Additional clause:

101 Internal arc classification requirements

The internal arc classification requirements are defined in Annex AA.

The main purpose of the internal arc classification is that the manufacturer provides all necessary information in the product documentation and marking to ensure that the final installation can provide protection against an internal arc fault event. No arc fault testing is required to meet the minimum requirements of this document. It is intended that this information is provided in full to the end user. The manufacturer can only be responsible to transfer this information to the customer.

In many cases, the organization that purchases the PEC or PECS is not the end user of the PEC or PECS, but a system installer/integrator. In these cases, it is possible the manufacturer will have no communication with the end user. When the system installer/integrator is the direct contact with the end user, they have the responsibility for the appropriate clauses of this document to ensure safety is maintained.

The internal arc classification requirements ensure that arc fault tests are following a specific guideline.

The self-contained Annex AA facilitates the transfer of all internal arc classification requirements in one piece for the adaption into other standards.

Annex A

(normative)

Additional information for protection against electric shock

A.1 General

Clause A.1 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.2 Protection by means of DVC As

Clause A.2 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.3 Protection by means of protective impedance

Clause A.3 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.4 Protection by using limited voltages

Clause A.4 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.5 Evaluation of working voltage and selection of DVC for touch voltage, PELV and SELV circuits

Clause A.5 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.6 Evaluation of the working voltage of circuits

Clause A.6 of IEC 62477-1:2012 applies.

A.7 Examples of the use of elements of protective measures

Clause A.7 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement, in the last paragraph, of "DVC C" by "DVC C or DVC D".

Replacement of Table A.4:

Table A.4 – Examples for protection against electrical shock

Type of insulation	Insulation configuration		
	a Accessible conductive parts connected to earth by protective equipotential bonding	b Accessible parts not conductive	c Accessible parts conductive, but NOT connected to earth by protective equipotential bonding
1. Solid			
2. Totally or partially by air clearance			
3. Insulation for adjacent circuits: Circuit A: lower voltage circuit Circuit C: higher voltage circuit; DVC C or DVC D			
4. Requirements for apertures in enclosures			
A live part B basic insulation for circuit A BC basic insulation for circuit C C adjacent circuit D double insulation for circuit A F functional insulation for circuit A I insulation less than B L_1 clearance for basic insulation L_2 clearance for reinforced insulation M conductive part R reinforced insulation for circuit A Rc reinforced insulation for circuit C S surface of equipment T test finger (Clause 12 of IEC 60529:1989) Z supplementary insulation for circuit A Zc supplementary insulation for circuit C * also applies to plastic screws			
In row 4, these drawings are not valid for DVC B, C or D. Double or reinforced insulation is needed to any live part of DVC B, C or D. NOTE 1 In column c, a plastic screw is treated like a metal screw because a user could replace it with a metal screw during the life of the equipment. NOTE 2 In row 4, the insertion of the test finger is considered to represent the first fault.			
^a Functional insulation is sufficient if the opening is covered during normal operation. It shall not be possible to remove the cover without the use of a tool or key. If the opening is not covered during normal operation, basic insulation is required.			

Annex B
(informative)

Considerations for the reduction of the pollution degree

Annex B of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

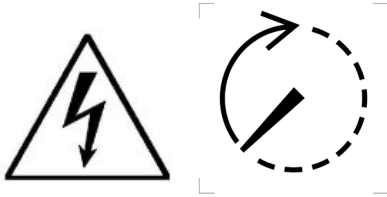
Annex C (informative)

Symbols referred to in IEC 62477-1

Annex C of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Addition of the following row in Table C.1:

Table C.1 – Symbols used

	ISO 7010 and IEC 60417-6042:2010-11 and IEC 60417-5416:2015-04	Caution, risk of electric shock Remaining time display; processing (time to be indicated adjacent to the symbol)	4.4.9
---	---	--	--------------

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex D
(normative)

Evaluation of clearance and creepage distances

Annex D of IEC 62477-1:2012 applies only for the low-voltage section.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex E
(informative)

Altitude correction for clearances

Annex E of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex F
(normative)

**Clearance and creepage distance determination
for frequencies greater than 30 kHz**

Annex F of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex G
(informative)

Cross-sections of round conductors

Annex G of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex H (informative)

Guidelines for RCD compatibility

Annex H of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

H.1 Selection of RCD type

Addition before the first paragraph:

NOTE HV PECS do not normally use RCDs, but different devices or systems, like current transformers, instead.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex I
(informative)

Examples of overvoltage category reduction

Annex I of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex J
(informative)

Burn thresholds for touchable surfaces

Annex J of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex K
(informative)

Table of electrochemical potentials

Annex K of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex L (informative)

Measuring instrument for touch current measurements

L.1 Measuring instrument

Article L.1 of IEC 62477-1:2012 applies, except as follows.

Replacement of Figure L.1 by Figure 4 of IEC 60990:2016.

Addition, in Figure L.1, of the following note:

Voltmeter or oscilloscope (r.m.s. or peak reading) input resistance: $> 1 \text{ M}\Omega$

Input capacitance: $< 200 \text{ pF}$

Frequency range: 15 Hz up to 1 MHz (appropriate for the highest frequency of interest)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex M
(informative)

Test probes for determining access

Annex M of IEC 62477-1:2012 applies.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annex N
(informative)

Guidance regarding short-circuit current

Annex N of IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 does not apply.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Additional annex:

Annex AA (normative)

Arc fault test and labelling requirements

AA.1 Overview

The purpose of Annex AA is to define an internal arc classification system. This includes marking requirements and defined test methods.

It is the intention of Annex AA to allow any possible equipment configuration, design configuration, power configuration, etc. However, this document outlines the most common configuration, which means the device under test is one PEC.

In the following pages, instructions are provided with respect to more complex configurations. In these cases, the manufacturer shall evaluate the applicability of these requirements to their product type, and provide definitions for the areas not addressed by Annex AA as required.

There are several concepts to provide personnel safety (see Clause AA.8).

Annex AA can be used for non-PECS equipment assuming no internal arc fault standard exists for that particular equipment. The manufacturer is responsible to apply this in a reasonable manner. The manufacturer shall evaluate the applicability of Annex AA to their product type, and as required, provide definition for areas not addressed by Annex AA.

AA.2 References

IEC 60059, *IEC standard current ratings*

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEEE C37.20.7-2007, *IEEE guide for testing metal-enclosed switchgear rated up to 38 kV for internal arcing faults*

CSA C22.2 No. 0.22-11:2011, *Evaluation methods for arc resistance ratings of enclosed electrical equipment*

AA.3 Terms and definitions

AA.3.1 **power electronic converter system** **PECS**

one or more power electronic converters intended to work together with other equipment

[SOURCE: IEC 62477-1:2012, 3.46]

AA.3.2
internal arc classified PEC
IAC PEC

PEC for which a prescribed criterion defining protection of personnel is met in the event of an internal arc fault

Note 1 to entry: The internal arc classification is described in AA.4.2.

Note 2 to entry: This is typically considered with a metal enclosure; however, all requirements of the type tests should be met regardless of enclosure material type or in the absence of an enclosure.

Note 3 to entry: IACs also apply to PECS.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

AA.3.3
accessibility type

characteristic related to the level of protection given to personnel accessing a defined area around the enclosure of PEC

AA.3.4
classified sides

characteristic related to the accessible sides having a defined level of protection of personnel given by the PEC in the event of an internal arc fault

AA.3.5
internal arc fault

breakdown of any internal insulation system that results in an electrical arc

Note 1 to entry: A mechanically secured short-circuit (bolted fault) is not an arc fault.

AA.3.6
internal arc fault event

event starting with an internal arc fault and ending when the available short-circuit current is removed

AA.3.7
arc current

current of the arc at the point of arcing

AA.3.8
potential arc current

combination of all possible currents that could contribute to the arc current

AA.3.9
calibrated test current

calibrated short-circuit current of the test laboratory

AA.3.10
external test current

resulting current from the test laboratory, applied to the PEC during the internal arc fault test

AA.3.11
internal energy storing component

component that stores energy and is able to contribute relevant energy in a relevant time frame to the arc current

AA.3.12
available short-circuit current

current that can be supplied by one or more external sources

AA.3.13

rated arc fault current

combination of the available short-circuit currents

Note 1 to entry: Designator for 3-phase AC current: I_A , for 1-phase AC current: I_{Ae} , for DC current: I_{Adc} .

Note 2 to entry: It is equal to the test current minus the currents from internal energy sources if relevant. In this case, the test current is higher than the rated arc fault current.

AA.3.14

actual arc duration

duration the arc is present during the test

AA.3.15

rated arc fault duration

duration when current is available from the test laboratory supply, at the point of calibration, where the DUT is connected

Note 1 to entry: Designator for 3-phase AC fault: t_A , for 1-phase AC fault: t_{Ae} , for DC fault: t_{Adc} .

AA.3.16

device under test

DUT

piece of equipment of a PECS that is encompassed by a barrier of cotton indicators during the test

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

AA.3.17

internal

included within a device under test or a piece of equipment of the PECS

Note 1 to entry: See Figure AA.6.

AA.3.18

external

excluded from the PECS

Note 1 to entry: May be required for functionality and/or safety, but is outside the referenced PECS.

AA.3.19

associated protection

device, provided outside the device under test or piece of equipment, being part of a system environment that serves the purpose of limiting the arc energy

AA.3.20

complex geometry

geometry that deviates from a rectangular box in a way that impacts safety or testing considerations

AA.3.21

surgical cotton

100 % cotton material, surgical grade (no impurities), with suitable properties to be used as an indicator of flammability

Note 1 to entry: Can be new or stored to maintain new condition.

AA.3.22

skilled person

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

Note 1 to entry: In some countries, a skilled person is referred to as an "authorized person".

[SOURCE: IEC 60050-826:1998, 826-18-01, modified – The note has been added.]

AA.3.23

instructed person

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

Note 1 to entry: In some countries, an instructed person is referred to as an "affected person".

[SOURCE: IEC 60050-826:1998, 826-18-02, modified – The note has been added.]

AA.3.24

mock-up

component or sub-assembly which has similar form and fit of the original component and is used for testing purposes to reduce cost without affecting the results

Note 1 to entry: Not affecting the results means that if the mock-up can be part of the arcing event, then that part needs to be constructed so that it does not affect the results. This may require usage of originally designed equipment as part of the mock-up (AA.3.25).

AA.3.25

personal protective equipment

PPE

device or appliance designed to be worn by an individual for protection against one or more health and safety hazards whilst performing live working.

AA.4 Ratings

AA.4.1 General

Internal arc classification (IAC) shall be assigned and the product appropriately marked by the manufacturer following the requirement of Annex AA.

Several ratings shall be specified. These ratings are subdivided into accessibility type, classified sides, rated arc fault current (I_A , I_{Ae} , I_{Adc}), rated arc fault duration (t_A , t_{Ae} , t_{Adc}), if associated protection is required (APR) and if the classification refers to special conditions (SC).

Special conditions are complex geometry, PECS of multiple units, exposed bottom, etc.

Examples for special conditions are provided in AA.4.2.7.

A PECS can consist of several units with different IAC ratings. In this case, the ratings for each unit are determined independently considering energy sources provided by the surrounding units. When physically connecting units with different IAC ratings, consideration shall be given to the effects of interconnecting holes (such as cable penetrations) on the integrity of the individual IAC ratings. The result of this may require a new IAC rating of the combination.

AA.4.2 Internal arc classification

AA.4.2.1 General

Internal arc classified PEC and PECS that satisfy the requirements of this document are designed and manufactured, in principle, to prevent or to contain the occurrence of internal arc faults. This document allows for concepts that range from containing the internal arc fault event within a strong physical housing to a design that would prevent the arc from occurring,

and all options within that range. This allows the use of any protection scheme that follows the requirements of this document.

IAC system gives a tested level of protection for personnel under normal operating conditions. It is concerned with personnel protection under these conditions; it is not concerned with personnel protection under maintenance conditions nor with service continuity.

The internal arc fault test verifies the effectiveness of the design in protecting personnel in case of an internal arc fault, when the PEC is in normal service condition. The test does not assess the behaviour of the PEC under any condition of maintenance or work, when parts of the enclosure, including the low-voltage compartment, are open or dismantled.

As a minimum requirement, the internal arc fault rating of the PECS shall be communicated to the customer (tested or untested) – see AA.7.3.2. This shall be provided with customer documentation and with a label affixed to the PEC or PECS in accordance with AA.7.2 and AA.7.3.

AA.4.2.2 Accessibility type

AA.4.2.2.1 General

Accessibility is considered with respect to normal operation. Service condition (maintenance and / or repair, etc.) may be different.

Several accessibility types to the PEC at the site of installation are defined in Table AA.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Table AA.1 – Definition of accessibility types

Type	Accessibility	Potential physical barrier, test condition, distance ^a
4a	Unrestricted, general public area, enclosure boundary	Surgical cotton at 0 mm distance from all openings, seams or joints. No indicators at all other surface.
4b	Unrestricted, general public area, other physical boundary	Surgical cotton at d m distance, physical boundary prohibits access (designed by the user), test shall be conducted without the physical boundary (the line around the equipment created by the cotton indicators acts as this physical boundary)
3a	Instructed persons only, enclosure boundary	Black cretonne 40 g/m ² cotton indicator (AA.5.2.2) at 100 mm distance
3b	Instructed persons only, other physical boundary	Black cretonne 40 g/m ² cotton indicator (AA.5.2.2) at d m distance, physical boundary prohibits access (designed by the user), test shall be conducted without the physical boundary (the line around the equipment created by the cotton indicators acts as this physical boundary)
2a	Skilled personnel only, enclosure boundary	Black cretonne 150 g/m ² cotton indicator (AA.5.2.2) at 100 mm distance
2b	Skilled personnel only, other boundary (e.g. line on the floor, instruction, etc.)	Black cretonne 150 g/m ² cotton indicator (AA.5.2.2) at d m distance. No physical boundary is required as this rating assumes proper personal protective equipment (PPE) will be used by skilled personnel in all cases where PPE is required.
1+	User is responsible to establish the safe approach distance and provide any physical barrier needed without specific guidance from the manufacturer ^b	Partly tested ^c
1	Not accessible ^b	A physical barrier completely capable of stopping all hazardous conditions associated with the arc fault event. It is possible for one side through an entire PEC or PECS to be not accessible. This does not imply untested (see AA.4.2.3.2).
0+	Accessibility evaluated by calculation ^b	Not tested by the manufacturer ^d
0	Accessibility not evaluated ^b	Not tested by the manufacturer ^e
^a The minimum approach distance shall be stated by the manufacturer (see AA.7.3.3). Local rules may require additional distance. ^b Safety is to be established by the user. This is outside of the scope of this document. Among possible solutions are the concepts of a fire resisting barrier, approaching only with appropriate PPE, or a strong physical housing without access to persons. ^c Tested against the criteria 1, 2, 3 and 5 for mechanical integrity, but not against criterion 4 for fire ignition (see AA.5.4.1.2 to AA.5.4.1.6). Safety is to be established by the user. ^d A performed test which did not pass in all criteria can be a useful base for calculation. ^e The internal stored energy shall be stated by the manufacturer (see AA.7.3.3).		

AA.4.2.2.2 Accessibility type general public (4a, 4b)

This document allows a PECS to obtain an IAC for usage in general public areas. This document creates requirements to ensure a safe design while the PEC or PECS is energized. The manufacturer should consider foreseeable misuse (associated with general public persons, e.g. sleeping on the equipment). The manufacturers need to provide the appropriate level of protection to the general public which is unaware of any potential hazard(s) in their surroundings.

AA.4.2.3 Classified sides

AA.4.2.3.1 Accessible sides

Each side of the PEC is restricted to one accessibility type. Combinations of accessibility types are allowed on the PEC. The sides of the PEC which meet the criteria of the internal arc fault test are designated as

- F for front side
- L for lateral side or L_L / L_R for left / right side (as viewed from front)
- R for rear side
- T for top side
- B for bottom side

The front side shall be clearly stated by the manufacturer. In complex geometries, the manufacturer shall define the sides in detail.

NOTE 1 For cases where bottom mounting of the equipment is the norm, and where this mounting is directly on a solid surface that would be considered impenetrable with respect to arcing effects, that side is considered accessibility type 1 (not accessible). This exempts the bottom from all considerations of non-accessible sides except for testing the effects of arc expulsion which can escape to an accessible side and the installations requirements listed in AA.5.2.1.

NOTE 2 For cases where rear mounting of the equipment is the norm, and where this mounting is directly on a solid surface that would be considered impenetrable with respect to arcing effects, that side is considered accessibility type 1 (not accessible). This exempts the rear from all considerations of non-accessible sides except for simulation of the wall, testing the effects of arc expulsion which can escape to an accessible side and the installations requirements listed in AA.5.2.1.

A special case of accessible sides is where a physical barrier that prevents access by personnel but is not capable of stopping the hazardous conditions associated with the arc fault event. This could be a fence, a light curtain, etc. This creates a condition where a side could be considered non-accessible. However, in this case, the manufacturer shall specify the safe distance acceptable for installation of such a barrier (see AA.7.3.4).

A physical barrier that prevents access by personnel but is not capable of stopping the hazardous conditions associated with the arc fault event shall be represented in a test by a cotton barrier at a distance specified by the manufacturer (see AA.5.2.2.2).

AA.4.2.3.2 Non-accessible sides

The manufacturer shall identify all non-accessible sides and provide details of this in the installation manual, including any specific information pertaining to the release of arc-containment (see AA.7.3.5).

The method used to prevent access to the non-accessible area shall reliably provide personal safety.

A physical barrier completely capable of stopping all hazardous conditions associated with the arc fault event is required. This physical barrier shall be simulated in a test (see AA.5.2.1).

AA.4.2.4 Rated arc fault current

This document considers both AC and DC currents as rated arc fault currents. It is also considered that the rated arc fault current can be the superposition of AC and DC currents.

Any possible availability of AC and/or DC currents that is present in the PECS shall be included, for example: 3-phase AC (I_A), 1-phase AC (I_{Ae}), DC (I_{Adc}).

When only a classical three-phase rating is specified, the rating for a 2-phase short-circuit is by default $\sqrt{3}/2$ (87 %) of the three-phase rating, and need not be specified.

The standard value of rated arc fault currents may be selected from the R 10 series specified in IEC 60059.

The manufacturer specifies the compartments to which the single phase-to earth internal arc fault current rating applies. Such value should be assigned to PEC where its construction will prevent the arc from becoming multiphase, as demonstrated during the internal arc fault test.

In the case where all HV compartments are only designed for single phase-to-earth internal arc faults, I_A rating shall not be assigned.

The relationship between type of neutral earthing and the single phase-to-earth internal arc fault current is provided in Table AA.2.

Table AA.2 – Single phase-to-earth internal arc fault current depending on the network neutral earthing

Type of network neutral earthing	Single phase-to-earth internal arc fault current
Isolated neutral	Up to $\sqrt{3}/2$ (87 %) of the three-phase rated arc fault current ^a
Impedance earthed neutral	100 % of the single phase-to-earth rated arc fault current
Solidly earthed neutral	100 % of the three-phase rated arc fault current
NOTE 1 If the single phase-to-earth rated arc fault current covers the condition of solidly earthed neutral, all other earthing conditions of the network are also covered.	
NOTE 2 For systems with isolated neutral, the maximum single phase-to earth fault current could theoretically reach levels up to $\sqrt{3}/2$ (87 %) of the three phase rated arc fault current (single phase-to-earth fault current under conditions of double-earth fault). However, double-earth faults at independent locations in the proximate vicinity of a single phase-to-earth fault subjected PEC have a very low probability. Therefore, this condition may not be applicable and the customer can specify a reduced single phase-to-earth arc fault current rating.	
^a Single phase-to-neutral internal arc fault current.	

NOTE A two-phase internal arc fault is covered by the three-phase internal arc fault.

AA.4.2.5 Rated arc fault duration

Standard recommended values for the rated arc fault duration (t_A) are 0,1 s, 0,2 s, 0,5 s and 1 s; however the manufacturer is allowed to define any other value.

NOTE Excessively long rated arc fault durations, based on the use of protection, is not the intent of this document.

AA.4.2.6 Protection

AA.4.2.6.1 Associated protection required (APR)

If associated protection is required to meet the IAC rating, it shall be identified on the IAC label.

The details regarding associated protection used shall be provided by the manufacturer in the documentation (see AA.7.3.6).

AA.4.2.6.2 Internal protection

The details regarding internal protection used shall be provided by the manufacturer in the documentation (see AA.7.4). This information shall include a marking on the product in the

vicinity of the protective device. This information should specify the direct replacement of identical parts for safety reasons. This information is not required on the IAC label.

AA.4.2.7 Special conditions

A special condition is a configuration of a PECS, which is not explicitly mentioned in this document. In that case, the principles and methods required in this document shall be applied accordingly as applicable by the manufacturer.

Examples of special conditions are:

- complex geometry of a PECS, which is other than a cuboid;
- a PECS that consists of multiple units not being attached but electrically connected and represented by one test.

The manufacturer shall supply all relevant detailed information in the customer documentation (see AA.7.3.7).

AA.5 Testing

AA.5.1 General

In all cases, the internal arc fault test shall be performed considering all energy available to source the arc. This document allows many different applications with a variety of possible power configurations. Clause AA.5 establishes general guidelines that shall be used to define the test conditions for any application.

The test is used to verify the level of qualification for the PEC or PECS being considered to provide information on the IAC label for accessibility types other than 0 or 0+. The test covers an internal arc fault both within an enclosure or open type equipment. The internal arc fault test makes allowance for effects acting on all parts of the enclosure, such as internal overpressure, thermal effects of the arc or its roots, the effects of ejected hot gases and glowing particles.

NOTE 1 The device under test can consist of a single cabinet or an arrangement of several cabinets and is defined by the cotton barrier of the test procedure. In case of several cabinets, the arc fault rating is valid only for the particular line-up of the cabinets, not for the individual cabinets.

Different IAC labels for the same PEC or PECS are allowed, provided they are tested.

The test of a representative sample can be used for marking a product line under certain conditions (see AA.5.4.3).

It is acceptable to derate a tested sample without a retest as long as the derated equipment meets AA.5.4.3.

Derating in one value does not allow a higher value in another rated category without retest (e.g. decreasing the rated arc fault current and increasing the rated arc duration would not be allowed).

NOTE 2 It is in general not possible to calculate the permissible rated arc fault duration for a current which differs from that used in the test. The maximum pressure during the test will generally not decrease with a shorter arcing time and there is no universal rule according to which the permissible rated arc fault duration can be increased with a lower test current.

The tests are not intended to cover, for example,

- the damage to internal partition and shutters not being accessible in normal operating conditions,

- external connections outside the enclosure, and
- the presence of gases with potential toxic characteristics.

Any devices or systems that are mitigating the formation or the effect of an arc are allowed to be active during the test and for the modelling, if those fulfil the requirements of AA.8.3. This includes segregation, current limiting devices, ultra-fast protection devices, etc.

AA.5.2 Test preparation

AA.5.2.1 Installation simulation for PEC

The simulation of a wall or ceiling is only done in conjunction with a non-accessible side. The worst case installation shall be represented by a floor, ceiling and sidewalls. If the PEC or PECS utilizes cable access ways and/or exhaust ducts, they shall be included in the test or simulated. It is the responsibility of the manufacturer to define and test the worst case installation configuration allowed by the manufacturer and to describe the safe installation requirements in the installation manual(s) (see AA.7.3.8).

Selection of walls and ceilings needs to be given proper consideration. The clearance between a wall or ceiling and the equipment can have a direct effect on the results of the test. It is possible that the wall could redirect arc exhaust into an accessible area adjacent to the non-accessible side. The distance between the equipment and the wall can also present problems which are not intuitive, meaning this effect can be more severe with more or less clearance. It is also possible that this effect can be less severe with more or less clearance. The manufacturer is responsible for this determination. PECS may have one of the following cases, based on analysis.

- The presence of a wall or ceiling in close proximity to the PECS that decreases safety for the protection zone. In this case, the minimum allowable clearance shall be tested and specified in the installation manual.
- The presence of a wall or ceiling in close proximity to the PECS that increases safety for the protection zone. In this case, the maximum allowable clearance shall be tested and specified in the installation manual.
- A combination of the above.

If exposed pressure relief devices are utilized, the minimum clearance shall allow full range of motion of the flaps.

For any accessible side with no opening, or if the effects of an internal arc fault are completely contained using other methodologies like the use of a plenum (gas duct) that covers all openings of the specific side, a wall or ceiling is not required for that side. These other methodologies are part of the device under test. The manufacturer shall specify minimum requirements for the equipment used for these methodologies if that manufacturer does not provide this equipment with the PEC or PECS. The manufacturer shall advise the customer of the exit location of the arc exhaust (see AA.7.3.8). It is the installer and/or end user responsibility to direct the exhaust safely.

NOTE 1 The dimensions of the installation simulation establish defined worst case test conditions; however, real installation conditions generally deviate.

Accessible sides are tested with an indicator barrier and no walls are required for these sides.

NOTE 2 These requirements are valid for indoor and outdoor installations accordingly. Please note that, from the point of view of internal arc fault, an indoor installation is generally considered the more severe case, which is normally not valid for environmental influences.

In case of a combination of accessibility type 4 and any other type(s), a room simulation is required to include the barrier between the sides of accessibility type 4 and adjacent sides of accessibility type 0, 0+, 1 or 1+.

AA.5.2.2 Indicators

AA.5.2.2.1 General

Indicators are pieces of black cotton cloth so arranged that their cut edges do not point toward the device under test (DUT).

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) or black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) or surgical cotton shall be used for indicators, depending on the accessibility condition (see note of AA.5.2.2.2).

Care shall be taken to see that the vertical indicators cannot ignite each other. This is achieved by fitting them in a frame of steel sheet, with a depth of $2 \times 30 \text{ mm}$ ($^{+0}_{-3} \text{ mm}$) (refer to Figure AA.1).

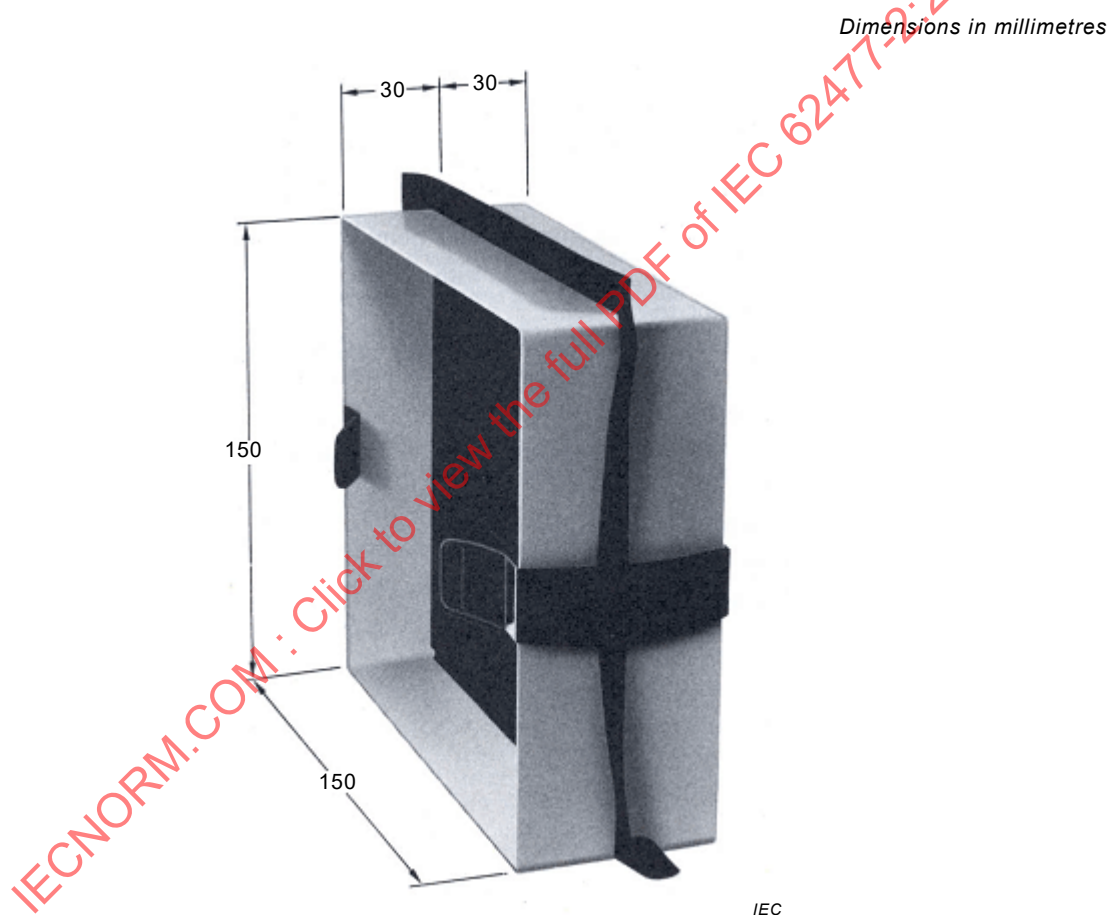
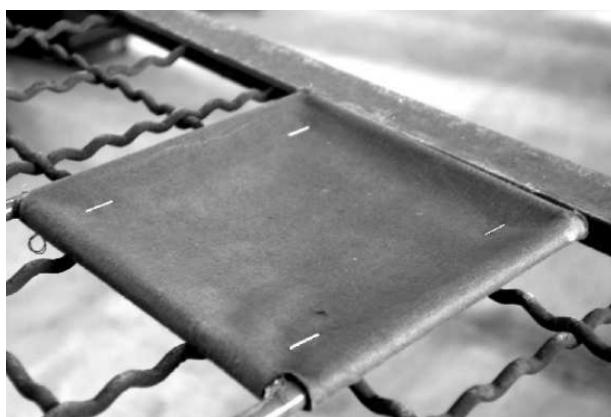


Figure AA.1 – Mounting frame for vertical indicators

With the horizontal indicators, care shall be taken that glowing particles do not accumulate. This is achieved if the indicators are mounted without frame (refer to Figure AA.2).

The indicator dimensions shall be 150 mm × 150 mm ($^{+15}_{-0} \text{ mm}$).



IEC

Figure AA.2 – Horizontal indicator

Surgical cotton shall be applied to any seam, hole, opening, or any other place on the PEC or PECS where fire or burning material can escape (surgical cotton indicators are only required for accessibility type 4).

AA.5.2.2.2 Arrangement of indicators

AA.5.2.2.2.1 General

Indicators shall be placed at each classified side on a mounting rack, at distances depending on the type of accessibility (see Figures AA.3 to AA.5).

The distance from the indicators fitted vertically to the PEC is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements not expected to influence the evacuation of hot gases (e.g. handles). If the surface of the PEC is not regular, the indicators should be placed to simulate as realistically as possible the position that a person usually may adopt in front of the equipment, at the specified distance, according to accessibility type.

NOTE The height of the equipment is the total height including any mounted accessories.

AA.5.2.2.2.2 Accessibility types 2a, 2b, 3a and 3b (skilled and instructed persons)

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m² for accessibility types 2a and 2b and 40 g/m² for accessibility types 3a and 3b) shall be used for the indicators.

For accessibility type 3b, the test shall be conducted without the physical boundary. For equipment with height less than 2 000 mm,

- a) indicators shall be fitted vertically at all classified sides of the PEC up to the height of 2 000 mm (± 50 mm) evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figure AA.3),
- b) the distance from the indicators to the PEC shall be 100 mm (± 5 mm) for accessibility type 2a and d mm (± 5 %) for accessibility type 2b, where d is specified by the manufacturer, and
- c) indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 000 mm (± 50 mm) above the floor as described in Figure AA.3 and covering 40 % to 50 % of the whole area between dimension d from Figure AA.3 (± 5 %) and 800 mm (± 30 mm) from the PEC.

For equipment heights greater than 2 000 mm, the manufacturer shall select one of the two following options.

Option 1:

Indicators shall be fitted vertically at all classified sides of the PEC up to the height of the equipment (± 50 mm) evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figure AA.3).

The distance from the indicators to the PEC shall be 100 mm (± 5 mm) for accessibility type 2a and d m (± 5 %) for accessibility type 2b, where d is specified by the manufacturer.

Indicators shall also be arranged horizontally at the height of the equipment (± 50 mm) above the floor as described in Figure AA.3 and covering 40 % to 50 % of the whole area between dimension d from Figure AA.3 (± 5 %) and 800 mm (± 30 mm) from the PEC.

Option 2:

Indicators shall be fitted vertically at all classified sides of the PEC up to the height of 2 000 mm (± 50 mm) evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area (refer to Figure AA.3).

The distance from the indicators to the PEC shall be 100 mm (± 5 mm) for accessibility type 2a and d m (± 5 %) for accessibility type 2b, where d is specified by the manufacturer.

Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 000 mm (± 50 mm) above the floor as described in Figure AA.3 and covering 40 % to 50 % of the whole area between dimension d from Figure AA.3 (± 5 %) and 800 mm (± 30 mm) plus dimension d_h from the PEC. d_h is the difference between the height of the equipment and 2 000 mm (see Figure AA.3).

NOTE Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m²) is considered to represent workman's clothes, whereas cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m²) is considered to represent light summer wear of instructed persons.

AA.5.2.2.2.3 Accessibility types 4a and 4b (general public area)

The surgical cotton indicators for the test are applied in two areas:

- the indicating material shall be applied to all seams or openings of the enclosure, at 0 mm distance, on all the sides with accessibility type 4;
- the indicating material shall be applied to all edges of the enclosure where a joint is made between the enclosure and the installation barrier of the restricted accessibility types 0, 0+ or types 1, 1+.

In case of a combination of accessibility type 4 (general public) and accessibility types 2 or 3, surgical cotton shall also be applied to the gap between the type 4 side and the indicator barrier for the type 2 or type 3 side.

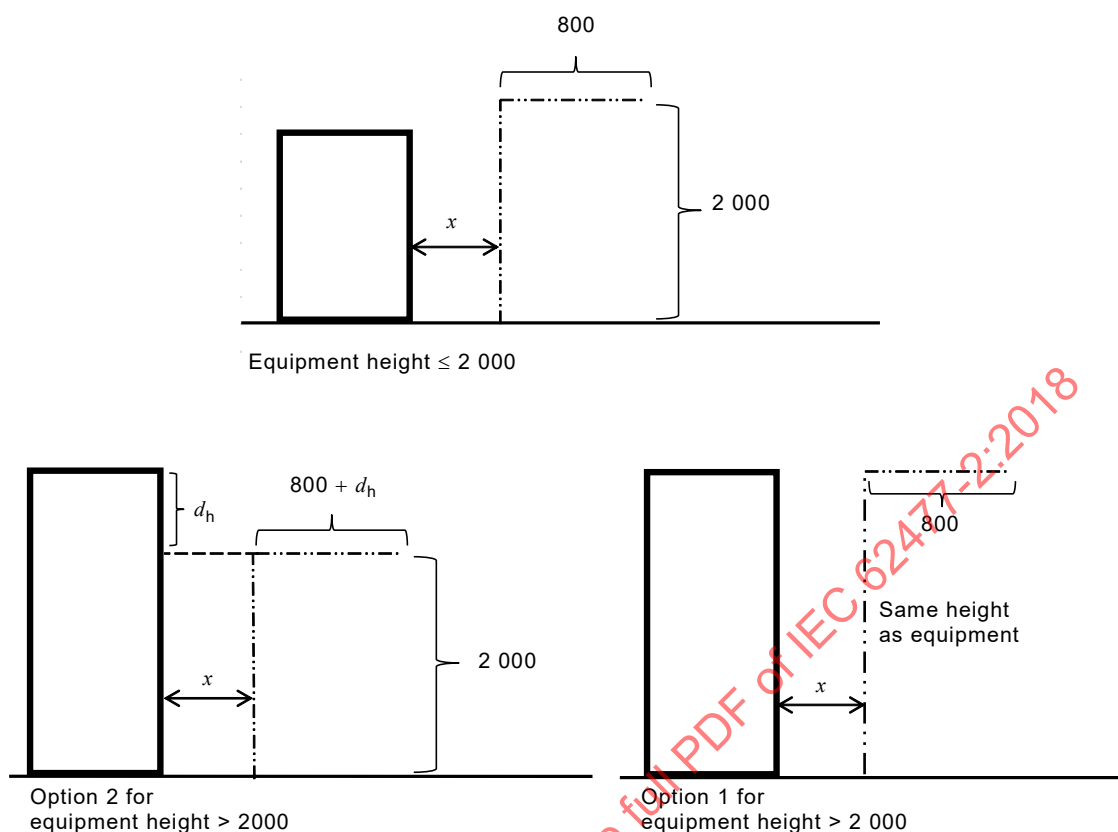
NOTE 1 Due to the requirement to protect the general public from hazards they are not aware of and even touch the equipment, the arrangement of the indicators for accessibility types 4 is intentionally more severe than for the other accessibility types.

NOTE 2 Surgical cotton is used to ensure that the hazardous effects of the internal arc fault are completely contained inside of the enclosure barrier for the general public.

AA.5.2.2.2.4 Examples of possible indicator arrangements

d is only used for values above 100 mm and covers accessibility types 2b, 3b and 4b.

Dimensions in millimetres

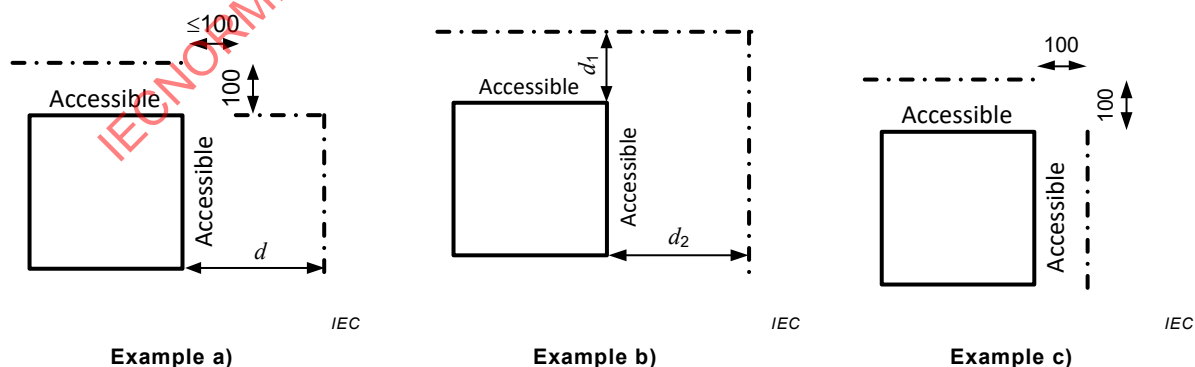


IEC

Accessibility types:

2a and 3a: x is 100 mm4a: x is 0 mm,2b, 3b, 4b: x is d mm specified by the manufacturer d_h is the height of the equipment above 2 m.**Figure AA.3 – Arrangement of indicators for different height of equipment**

Dimensions in millimetres

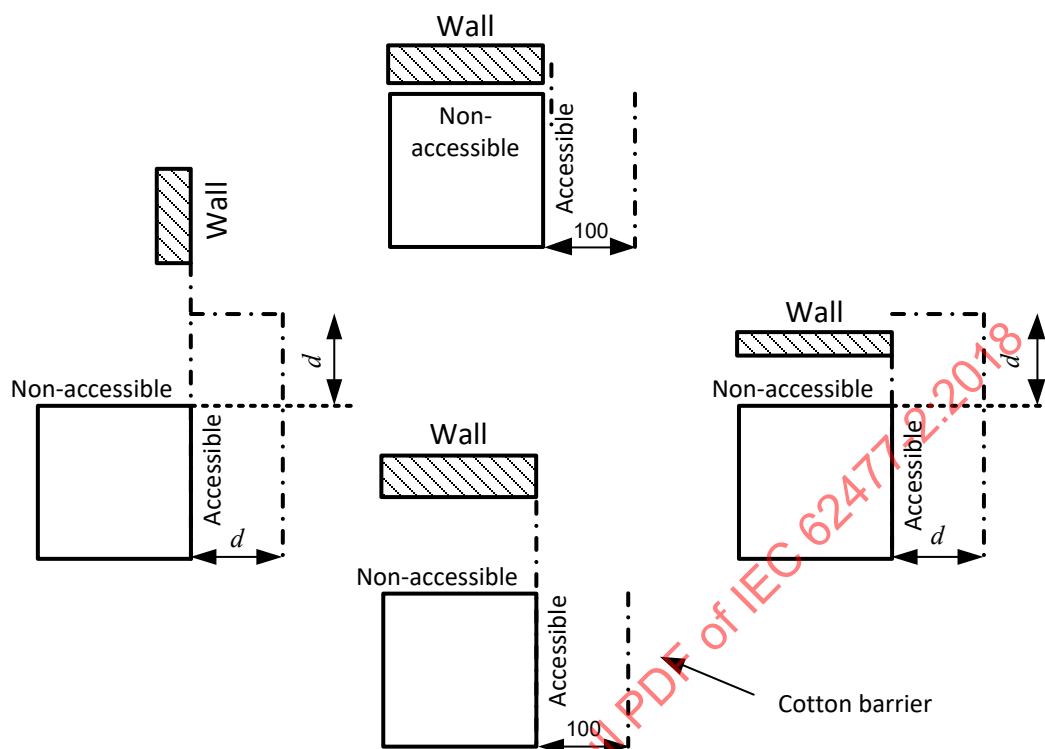


In example a), there is a gap in the coverage of the cotton indicators. This gap is left with an understanding of how an actual test will be set up. It is assumed that the test lab personnel will place the cotton indicators stand as close to the equipment as possible, however, it is permitted to have a clearance of 100 mm to allow for ease of setup without compromising test integrity.

NOTE d_1 and d_2 are used to denote d because two different values are possible.

Figure AA.4 – Example for two adjacent accessible sides

Dimensions in millimetres



IEC

Figure AA.5 – Examples for an accessible side to a non-accessible side

When considering the application of cotton barrier, the test shall be performed having the cotton barrier for each individual side installed based on that side. As is evident in Figure AA.5, this can cause overlapping cotton barriers. It is important to remember that each cotton barrier represents the pass/fail criteria for its perspective side.

AA.5.2.3 Arrangement of equipment

The equipment shall be arranged as follows.

- The DUT shall be representative of the design being tested. It is allowed to fill volume inside the device under test with mock-ups provided they have the same volume as the original items. Any possible area where the arc could propagate shall be suitable to represent the original components in respect to material, geometry and mass of conducting material.

If the design contains an internal energy source, and this energy is provided from an external source during the test, then mock-ups are allowed. However, consideration shall be given to conductive paths between the internal stored energy compartment and the location of the arc ignition. Original components may be required in these locations.

- The equipment shall be tested subject to the chosen accessibility type (see AA.4.2.2).
- The DUT shall be earthed at the earthing point provided.
- Ideally a new DUT would be used, however if a DUT is used, that has already been tested, the same test criteria apply. No allowance is given based on re-use of a DUT.

Tolerances of geometrical dimensions of test arrangements shall be $\pm 5\%$ unless otherwise required in this document.

AA.5.3 Test conditions

AA.5.3.1 General

The test shall be carried out with the PEC in normal operating conditions. All other equipment, for example measuring instruments and monitoring equipment, shall be in the position as it is in normal service. If any cover has to be removed and/or any door has to be opened to perform normal operations, the internal arc fault test shall be carried out with the cover and/or door removed. Any maintenance work, including removing or replacing components (for example HV fuses or any other removable component), is not considered to be normal operation.

The test shall be performed in that compartment of the device under test (refer to Figure AA.6), which causes the most severe damage or effect on the persons.

The test shall be performed with the number of supply phases specified for the PECS.

The neutral connection of the supply circuit shall be as of normal operation specified for the PECS. For the test, this should be applied to create the worst condition to limit the number of tests.

The test duration is not necessarily identical to the actual arc duration. Any associated protection specified to be mandatory for the installation is allowed to be used in the test.

This document does not consider a design where the duration of the current from the internal energy storing component(s) is longer than the duration of the available short-circuit current. If a manufacturer creates such a design, they shall consider how to address the rated arc fault duration.

In case of a PECS with a DC input, relevant for the energy source for the test, the requirements of this document can be applied accordingly with average DC current ratings greater than or equal to the equivalent total r.m.s. values of the corresponding AC current ratings based on the equivalent DC thermal effect. The corresponding DC peak current may significantly differ in this adaption. The same would apply concerning the voltage values. The manufacturer is responsible to define the appropriate current and voltage levels and to adapt the test method.

Figures AA.6, AA.7, AA.8, and AA.9 are provided as examples to aid in understanding test setup requirements.

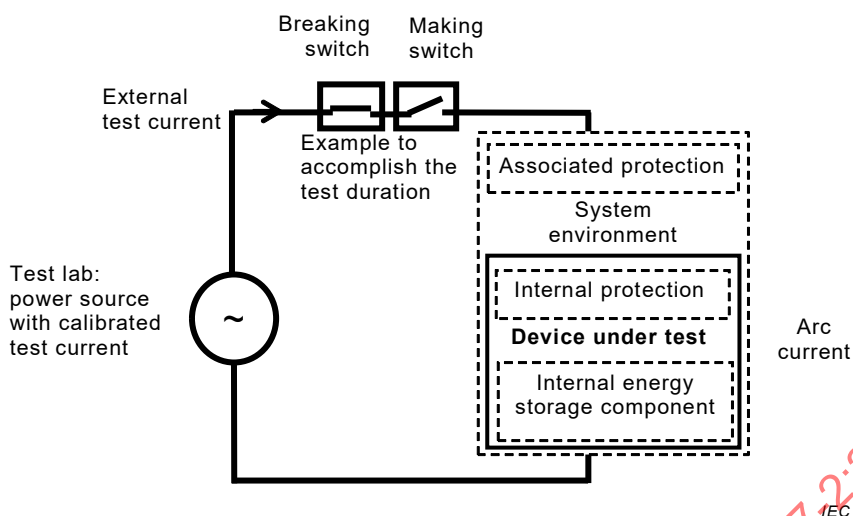


Figure AA.6 – General setup for testing – Details

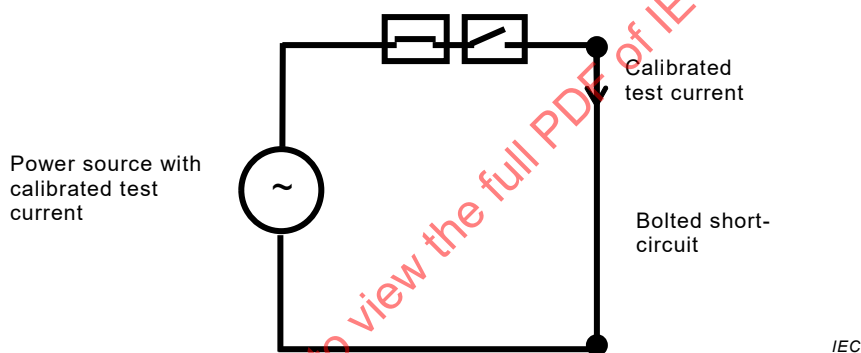


Figure AA.7 – General setup for calibration

The test duration is the time between making switch and breaking switch of the test laboratory.

The calibrated test current is the calibrated short-circuit current of the test laboratory.

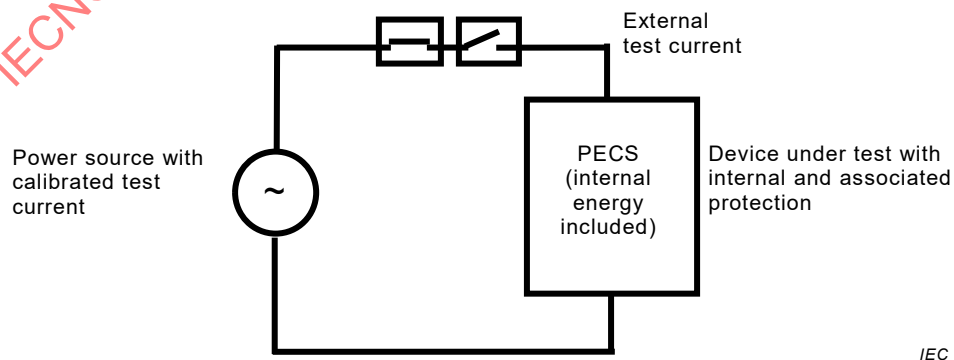


Figure AA.8 – General setup for testing

The actual arc duration is the minimum of the following three time values: tripping time of the internal protection; tripping time of the associated protection; test duration.

The external test current is typically some amount lower than the calibrated test current, because the arc of the test has higher impedance and voltage drop than the bolted short-circuit of the calibration.

The potential arc current in the PECS is a combination of the external test current and the current from internal sources included in the test.

Ratings for the IAC-label:

- the rated arc fault duration is the test duration;
- the rated arc fault current is the calibrated test current minus the simulated current for internal energy sources, which were not applied in the test.

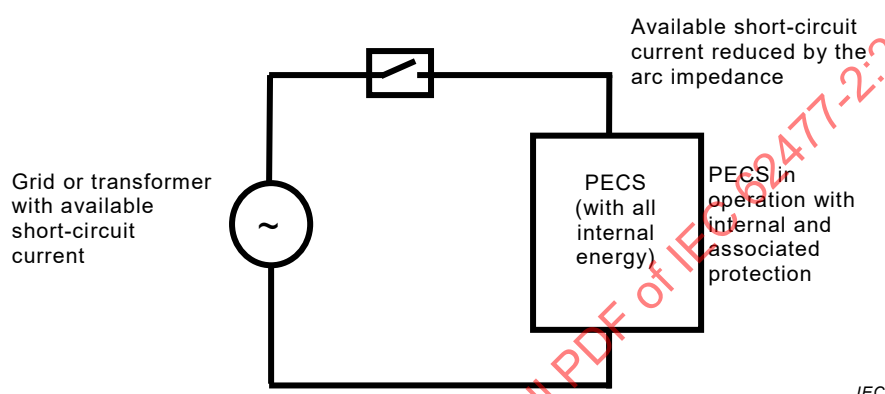


Figure AA.9 – General setup for user installation

The actual arc duration is the minimum of the following three time values: tripping time of the internal protection; tripping time of the associated protection; tripping time of the external user installed protection.

The potential arc current is the combination of all available short-circuit currents and the currents from all internal sources.

In case of multi-port, relevancy available short-circuit currents from different power ports are combined as specified by the manufacturer.

NOTE Application of suitable current-limiting fuses in combination with switching devices can limit the short-circuit current and minimize the fault duration. It is well documented that the arc energy transferred during such tests is not predictable by I^2t . In the case of current-limiting fuses, the maximum arc energy can occur at current levels below the maximum interrupting rating of the fuse. Further, the effects of using current-limiting devices that employ pyrotechnic means to commutate current to a current-limiting fuse are considered when evaluating designs utilizing such devices.

The contribution of external power sources or internal energy storing components to the arc fault event shall be proven by the manufacturer's analysis.

The manufacturer shall determine the realistic worst-case arcing condition possible in the device under test in the real installation. The test shall be done with a current representing the realistic worst-case arc in the real installation.

Guidance on the realistic worst-case:

- the manufacturer shall choose the location(s) to fire the arc to meet the location which creates the highest damage in terms of the pass/fail criteria;
- consider the place where the maximum energy can be released in an arc;
- consider the essential aspects listed in AA.5.4.3.2;

- consider the design parameters listed in AA.5.4.3.3;
- consider foreseeable misuse (not consider wantonly negligent misuse and non-specified environment);
- consider single faults and consequent effects (not consider independent multiple faults).

The manufacturer shall document the results of the analysis and assumptions made in determination of the realistic worst-case location and test current.

AA.5.3.2 Multiple port test condition

AA.5.3.2.1 General

PECSs may have multiple power ports which are supplied by different energy sources during an internal arc fault.

The laboratories performing arc tests are normally supplying energy from only one power source. It is the responsibility of the manufacturer to define one test with one power source from the test laboratory to cover the energy in the real installation coming from multiple power sources for this option. It is allowed to provide multiple energy sources for the test.

The combination of the currents from multiple ports shall consider the real actual transient currents in the arc-relevant time frame, resulting from potentially different frequencies, inductances and others.

NOTE Using only the current from the highest rated power port might not accurately consider all energy. However, taking the sum of all currents from the different power ports as the superpositioned test current is on the safe side, but can lead to an unnecessarily harsh test condition.

The manufacturer shall define the contribution of each individual port that makes up the test current, i.e. how the total tested current is split up between the different ports (e.g. max. x kA for port 1, max. y kA for port 2, max. z kA for ports 1 + 2, where $z \leq x + y$) See AA.4.2.7.

AA.5.3.2.2 Examples

AA.5.3.2.2.1 General

The following examples are meant to show specific examples of PECS. This is not an exhaustive list. It is the manufacturer's responsibility to apply the rules of this document to his topology and construction. Figures AA.10, AA.11, and AA.12 only serve as guidance.

AA.5.3.2.2.2 Power drive system with 12-pulse diode rectifier supplied by an external transformer and a motor at the output

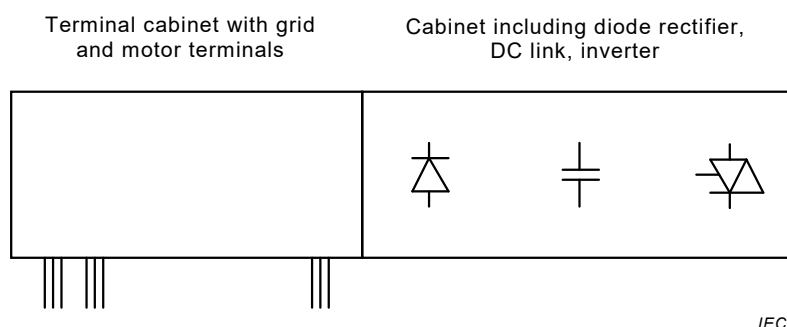


Figure AA.10 – Power drive system with 12-pulse diode rectifier supplied by an external transformer and a motor at the output

An arc in the DC link cabinet will be supplied by the short-circuit currents from both transformer secondary windings and the motor: all currents shall be combined.

An arc in the terminal cabinet can result in various effects depending on the physical construction. If the terminals are electrically separated so that an arc cannot bridge to a second port, then the test shall include the current from only one port. If there is no clear separation, the currents shall be combined.

NOTE The electrical separation described above could result in two tests.

AA.5.3.2.2.3 Power drive system with integrated transformer and a motor at the output

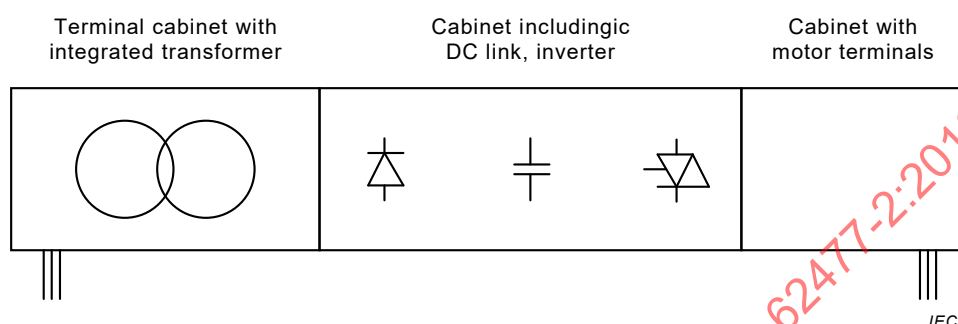


Figure AA.11 – Power drive system with integrated transformer and a motor at the output

Place of the arc:

- 1) An arc in the cabinet with the integrated transformer could be supplied by the full grid short-circuit capacity. If the transformer secondary side, respectively the DC link, is electrically separated so that an arc cannot bridge from the transformer primary: the test current is the grid short-circuit current.
- 2) An arc in the motor terminal cabinet will only be supplied by the motor assuming that the inverter stops modulating in case of the arc and the DC link is electrically separated: the test current is the motor short-circuit current only.
- 3) An arc in the cabinet with the DC link: in case of multi-level DC link topology, a mechanical construction might be possible which is separating the different DC links such that a potential arc is limited to one DC link: the test current is only the short-circuit current of one transformer secondary system. In case of central DC link topology, an arc will be automatically supplied by all transformer secondary systems and the motor: the test current is a combination of input and output current.

Number of tests needed:

Case a: all cabinets are built with identical mechanical strength. The transformer cabinet has the lowest air volume with respect to the other cabinets. Due to the fact that an arc current on the transformer primary is substantially larger than any arc current after the transformer secondary, it is sufficient to test the complete system as described in 1) above and only one test is needed.

Case b: the transformer cabinet is mechanically stronger than the other cabinets or has a larger air volume. In this case, two tests are needed to qualify the whole converter:

- one test with the transformer cabinet based on the test current as described in 1) above; and
- a second test with the other cabinets using the method described in 3) above. The method is valid for both examples of DC link listed in 3) above.

Mechanical strength of the cabinet and the air volume are two important criteria in the determination if two tests are needed. There can be additional criteria based on AA.5.4.3.2 that shall be explored by the manufacturer and shall be considered if required.

AA.5.3.2.2.4 Grid interconnection between 50 Hz and 60 Hz grids

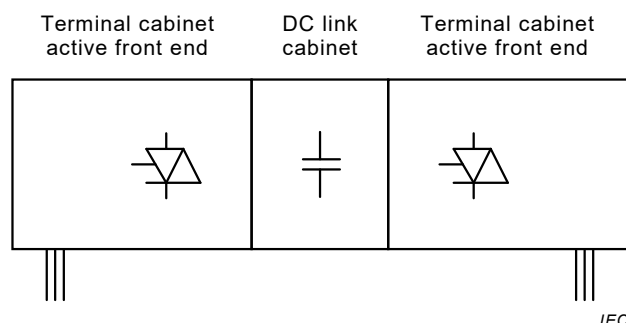


Figure AA.12 – Grid interconnection between 50 Hz and 60 Hz grids

An arc in the terminals will be supplied only by the short-circuit current from its own grid connection or transformer secondary system if the arc is electrically separated so that it cannot bridge to the DC link: the test current is only that short-circuit current.

An arc in the DC link will be supplied by the short-circuit currents from both sides: both short-circuit currents shall be combined.

AA.5.3.3 Voltage

The test shall generally be performed with at least the rated voltage of the specific power port.

In case there is no internal or associated protection, the test can be performed with a lower voltage that is able to keep the arc for the test duration and is able to create equivalent arc propagation as the rated voltage.

In cases where the actual arc duration is limited by internal or associated protection of the short-circuit type, the test can be performed with a lower voltage that is able to keep the arc for the test duration and is able to create equivalent arc propagation as the rated voltage.

In cases where the actual arc duration is limited by internal or associated protection of the open circuit type, the test shall be performed with at least the rated voltage.

If the energy of more than one power port has to be applied simultaneously in the same test, either

- each power port shall be supplied by its rated voltage and test current simultaneously, or
- the power port with the highest voltage shall be supplied with the arc fault test current, or
- the power port with the highest available short-circuit current shall be supplied with the arc fault test current.

AA.5.3.4 Current

AA.5.3.4.1 General

The external test current shall include the current of any relevant internal energy storing component(s) if the relevant internal energy storing components and their available energy are not included in the device under test during the test.

The relevant portions of transient available currents shall be decided by the manufacturer by analysis and calculation taking into account the time-interval around the highest internal arc fault damage.

If the energy of more than one power port (according to AA.5.3.2) or additional energy representing an internal power source (according to AA.5.3.1) have to be applied through a power port, then the manufacturer shall ensure that no additional current limiting effects occur and influence the test result.

AA.5.3.4.2 AC component

The test current shall be set within a $\pm 5\%$ tolerance of the rated arc fault current (I_A or I_{Ae}). If the applied voltage is equal to the rated voltage, this tolerance applies only to the prospective current.

The current should remain constant. In any event the test shall be extended until the integral of the r.m.s. value of the AC component of the current equals the value specified within a tolerance of $^{+10}_{-0}\%$. The current shall be equal to the specified value at least during the first three half-cycles and shall not be less than 50 % of the specified value at the end of the test.

AA.5.3.4.3 Peak current

The instant of closing shall be chosen so that the peak current is flowing in one of the phases.

In case any protection that serves the purpose of limiting the energy of the arc is used, the test voltage shall be equal to the rated voltage of the equipment.

If the applied voltage is equal to the rated voltage, the peak value of the prospective current shall be set to 2,5 times (for frequencies up to 50 Hz) or 2,6 times (for 60 Hz) the r.m.s. value of the AC component mentioned in AA.5.3.4.2 with a tolerance of $^{+0}_{-5}\%$.

In case no protection that serves the purpose of limiting the energy of the arc is used, the test voltage may be lower than the rated voltage. In this case, the peak value of the prospective current is irrelevant, but the peak value of the short-circuit current for the PEC under test shall not drop below 90 % of the rated peak value.

In case of two-phase initiating of the arc, the instant of closing shall be chosen to provide the maximum possible DC component.

AA.5.3.4.4 DC current

It is permissible to use AC current to represent DC current in some testing applications. It is the manufacturer's responsibility to determine where this is acceptable and what measures need to be taken to ensure test-equivalency. Examples of considerations would be as follows:

- the difficulty of interruption DC current;
- the overall effective energy with respect to the difference of AC and DC;
- consideration of the effective transients.

The test current shall be set within a $\pm 5\%$ tolerance of the rated arc fault current (I_{Adc}). If the applied voltage is equal to the rated voltage, this tolerance applies only to the prospective current (see Table AA.2).

The current should remain constant. In any event, the test shall be extended until the integral of the r.m.s. value of the AC component of the current equals the value specified within a tolerance of $(^{+10}_{-0})$. The current shall be equal to the specified value at least during the first three half cycles and shall not be less than 50 % of the specified value at the end of the test.

NOTE It would not be appropriate to include interruption protection with the test unless it can be verified that the interruption time during the test would represent the worst case in time and energy.

AA.5.3.5 Frequency

At a rated frequency of 50 Hz or 60 Hz, the frequency at the beginning of the test shall be between 48 Hz and 62 Hz. Other frequencies shall not deviate from the rated value by more than $\pm 10\%$.

In case of the rated frequency of the relevant power port is outside the available frequency range for generation during testing, the manufacturer should consider if the frequency has a major effect on the results of the arcing test and make an effort to incorporate this into the arcing test.

AA.5.3.6 Arc initiation

AA.5.3.6.1 General

The arc shall be initiated between all the phases under test by means of a metal wire of about 0,5 mm in diameter or, in the case of a single phase-to earth arc fault current, between one phase and earth.

The point of initiation shall be determined by the manufacturer to represent the worst case arc fault condition(s). It is possible that more than one point of initiation will be required to evaluate any particular design. If this is the case, more than one arc fault test is required.

The number of phases to be tested, the connection arrangements, and the action to be taken if other phases are affected, shall be in accordance with Table AA.3 according to the construction of the compartment under test.

If a value of I_{Ae} (see AA.3.13) is assigned to the power conversion equipment, at least one compartment shall be tested single phase to earth. If this value is greater than 87 % of I_A (see AA.3.13), any two phase tests shall use the value of I_{Ae} for the test current.

AA.5.3.6.2 Compartments with solid insulation

In compartments where the live parts are covered by solid insulating material, the arc shall be initiated at the following locations:

- a) at gaps or joining surfaces between the insulation of insulation-embedded parts;
- b) by perforation at insulated joints made on site when prefabricated insulating parts are not used;
- c) when a) and b) are not applicable, by perforation or partial removal of solid insulation from the conductors.

AA.5.3.6.3 Connection compartments

AA.5.3.6.3.1 Compartments with plug-in solid insulation connections

For outer-cone plug-in connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without insulation.

For inner cone connections, the initiation shall be made by perforating or partly removing their insulation directly below the cable plug(s) of the phase(s) to be ignited.

The other phase(s) shall be provided with a plug-in connector as can be used in service, able to be energized.

NOTE Experience shows that the fault generally does not evolve towards a three-phase fault; therefore, the choice of the fitting for the other phase(s) is not critical.

AA.5.3.6.3.2 Compartments with site-made solid insulation connections

For connection compartments in which connections are made with site-made solid insulation connections, the phase(s) to be ignited shall be fitted with lugs without insulation.

AA.5.3.6.3.3 Compartments without plug in or site-made solid insulation connections

Cable connections without plug-in or site-made insulation connections shall be tested without insulated cable ends. The ignition shall be made three-phase.

Cable lugs shall be fitted in their service configuration.

AA.5.3.6.4 Single phase compartments without any earthed metallic parts

For single phase compartments without any earthed metallic parts, a path shall be created through the insulation to the closest earthed metallic part.

Table AA.3 – Parameters for internal fault test according to compartment construction

		Test current	Number of phases/earth for arc initiation	Action if other phase affected
Three phase compartments, other than connection compartments	With bare conductors	I_A	Three	N/A
	Conductors with site-made solid insulation	I_A	Three	N/A
	Conductors with non site-made solid insulation	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
		I_{Ae}	One phase and earth	
Single phase compartments		I_{Ae}	One phase and earth	Repeat as 3 phase test
Connection compartments	Connections uninsulated or fitted with site-made solid insulation	I_A	Three	N/A
	Connections using outer cone plugs (screened or unscreened)	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
		I_{Ae}	One phase and earth	
	Connections using inner cone plugs	$87 \% I_A$	Two	Repeat as 3 phase test
		I_{Ae}	One phase and earth	

AA.5.3.7 Test of sub-assemblies of PECS

If the manufacturer only tests sub-assemblies, it is the responsibility of the manufacturer to perform an analysis that defines worst case(s) of the final PECS. All worst case(s) require a test. This includes sub-assemblies and connections in between.

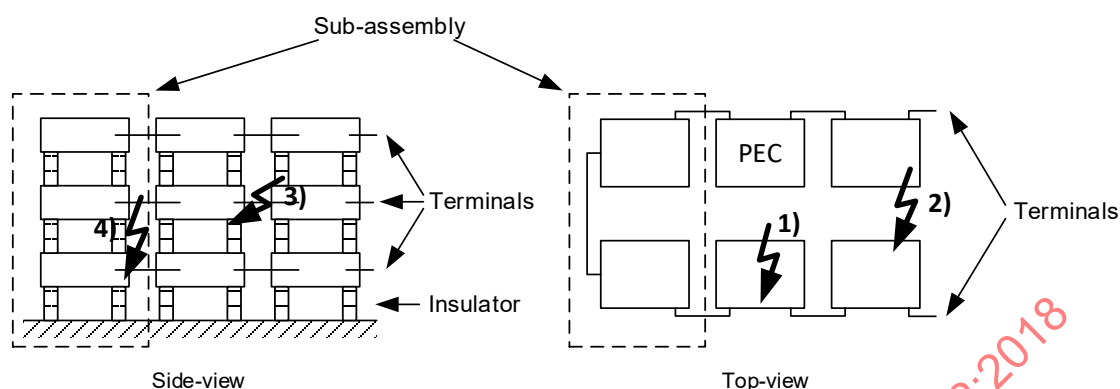
The manufacturer shall document this analysis and testing.

The following example is meant to explain testing of sub-assemblies for a modular multilevel converter connected to an IT-system. This example serves as guidance.

When considering fault for the setup of Figure AA.13, following types could occur:

- 1) faults within a PEC;
- 2) faults at the terminals;
- 3) faults between connections;

4) faults between phases inside the PECS.



IEC

Key

- 1) faults within a PEC
- 2) faults at the terminals
- 3) faults between connections
- 4) faults between phases inside the PECS

Figure AA.13 – Example for test of sub-assemblies of a PECS

AA.5.4 Assessment

AA.5.4.1 Pass criteria

AA.5.4.1.1 General

Internal arc classification (IAC) is demonstrated for the PEC (according to the relevant accessibility type) if the following criteria are met.

AA.5.4.1.2 Deformation (criterion 1)

Correctly secured doors and covers do not open. Deformations are accepted, provided that no part comes as far as the position of the indicators or the walls (whichever is the closest) on every side. The PEC does not need to comply with its IP code after the test.

Accessibility type 4 (general public) requires a minimum of IP2x upon completion of the test.

To extend the acceptance criterion to an installation mounted closer to the wall than tested, two additional conditions shall be met:

- the permanent deformation is less than the intended distance to the wall;
- exhausting gases are not directed to the wall.

AA.5.4.1.3 Fragmentation (criterion 2)

- No fragmentation of the enclosure occurs.
- No ejection of fragments or of other parts of the PEC of an individual mass of 60 g or more occur (no ejection of fragments or other parts for accessibility type 4, general public).
- Objects of an individual mass of 60 g or more falling to the floor in the immediate vicinity of the PECS are accepted (in the case of accessible sides, this means between the PEC and the indicator rack).

AA.5.4.1.4 Burn-through (criterion 3)

Arcing does not cause holes by burning through in the classified sides up to a height of 2 000 mm (no holes at all for accessibility type 4, general public).

NOTE Holes in the enclosure which are created after the duration of test by other effects than burning through are disregarded.

AA.5.4.1.5 Indicators (criterion 4)

Indicators do not ignite due to the effect of hot gases or burning liquids.

If indicators have been ignited, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that the ignition was caused by glowing particles rather than hot gases. Pictures taken by high-speed cameras, video or any other suitable means can be used by the test laboratory to establish evidence.

Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are also excluded.

For accessibility type 4 (general public) the cotton indicators shall not ignite under any circumstances.

AA.5.4.1.6 Earthing (criterion 5)

The enclosure remains connected to its earthing point. Visual inspection is generally sufficient to assess compliance. In case of doubt, the continuity of the earthing connection shall be checked.

AA.5.4.2 Test report

In addition to any normal test report information, the following applies:

- description of the test unit with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure relief device and the method of fixing the PEC to the floor and/or to the walls;
- the distance between the upper part of the PEC and the ceiling of the room/building; for this purpose, the manufacturer shall state the point of the PEC from which this distance is measured;

Because the distance between the upper part of the PEC and the ceiling under internal arc fault conditions can be different from the distance under normal operating conditions, the test report should give information about the validity of the test results regarding the ceiling height for installation. The ceiling height is always stated from the floor or false floor level where the PEC is actually placed. This is also the level where the indicator racks are placed during the IAC test.

- point and method of initiation of the internal arc fault;
- drawings of test arrangement (room simulation, test specimen and mounting frame of indicators) with respect to the accessibility type (see AA.4.2.2), classified sides (see AA.4.2.3) and installation conditions (see AA.5.2);
- applied voltage and frequency;
- for the calibrated and the external test current:
 - a) r.m.s. value of the AC component during the first three half-cycles;

NOTE This value of the calibrated test current is the rated arc fault current unless internal energy storage was simulated by the test laboratory.

- b) highest peak value;
- c) average value of the AC component over the actual duration of the test;
- d) test duration;

- oscillograms showing currents and voltages of the calibrated and the external test current;
- assessment of the test results, including a record of the observations in accordance with AA.5.4.1;
- other relevant remarks.

AA.5.4.3 Transferability of results

AA.5.4.3.1 General

The transferability of results is relevant for design changes over the course of a product lifetime, as well as for differences of scaling within a product line and also for covering similar PECSs. The transferability of results covers the entire tested system including the associated protection, if any.

It is not allowed to change the values of the tested IAC rating(s) without a new test, for example changing the rated arc fault current based on analysis of essential aspects (up or down).

NOTE This is not intended to allow a manufacturer to conduct only one test followed by many generations of changes without test. Ultimately, the manufacturer is responsible to maintain the validity of the original tested IAC rating(s).

AA.5.4.3.2 Essential aspects

The validity of the results for a device under test can be extended to another PECS provided that the original test was more onerous and this other PECS can be considered as similar to the unit tested in the following aspects. This list is not intended to be exhaustive:

- pressure over time, local dynamic pressure distribution and propagation;
- flash vaporization behaviour of the conducting material due to arcing;
- construction and strength of the enclosure;
- flammability of materials and thermal effects affecting the integrity of the enclosure;
- insulation coordination;
- coordination of protection:
 - effectiveness of pressure relief device, if any;
 - effectiveness of active protection, if any.

The manufacturer is responsible to account for these aspects in transferring data, if relevant to the internal arc fault effect, according to analysis and/or models verified by test and/or accepted scientific method(s). These essential aspects, which directly affect the internal arc fault behaviour, shall be maintained to at least to the level of the originally tested design.

It is possible that a PEC or PECS will be installed into a system having a lower available maximum fault current than the rated arc fault current level. Lower current levels can influence the behaviour of the pressure relief devices and the burn through performance. Care should be taken in the interpretation of the results for arc fault current levels lower than the PEC or PECS is originally tested to.

AA.5.4.3.3 Design differences

The manufacturer is responsible to ensure that differences caused by component changes and life cycle maintenance do not affect the PEC's ability to maintain its tested IAC rating(s). The manufacturer shall verify that these differences do not impact an essential aspect (as per AA.5.4.3.2). This can be based on analysis and/or models verified by specific tests assuming the IAC rating level can be verified using proven scientific methods. The following is a list of design details that would likely be changed during the PEC lifecycle. This list is not intended to be exhaustive:

- construction;
- material;
- geometry and volume (including internal components);
- components used inside the enclosure;
- active protection;
- insulation systems;
- conducting material.

To determine if a new test is required, an analysis process is required to evaluate where the design change would have an effect on the internal arc fault behaviour influencing an essential aspect (as per AA.5.4.3.2). It is not the intention of AA.5.4.3 to force unnecessary additional tests for minor design changes (e.g. the obsolescence of components being replaced by new components with the same form, fit and function). Again, the manufacturer is responsible to maintain the validity of the original tested IAC rating(s).

AA.5.4.3.4 Transferability of tests according to standards for metal enclosed switchgear

The test results of testing done prior to the release date of this document are allowed to be transferred following the rules in AA.5.4.3. The standards considered acceptable are the existing standards for metal enclosed switchgear, for example IEC 62271-200:2011 (or prior) or IEEE C37.20.7-2007 (or prior) or CSA C22.2 No. 0.22-11 (2011 or prior) and for solid insulation enclosed switchgear, for example IEC 62271-201:2014 (or prior).

The test setup and results shall be evaluated against the criteria for testing in this document (see Clause AA.5).

- Test setups of simple geometry can generally be transferred. Great care should be used in the analysis of complex geometry situations. It is acceptable to take a derating approach, according to AA.5.1, to meet these requirements with complex geometries.
- This document considers multiple power ports and internally stored energy, which are able to supply an internal arc fault, what the aforementioned standards do not consider. AA.5.3.2.1 shall be considered when transferring results.

Example of transfer from IEC 62271-200: Accessibility type A is transferred to accessibility type 2b with a required distance of 300 mm for a standard rectangular geometry. Type B (general public) is transferred to type 3a (instructed persons) for a standard rectangular geometry.

Exception for arrangement of indicators (see AA.5.2.2.2): The horizontal indicators for testing accessible sides F, L or R (see Figure AA.3) are accepted to be 500 mm, which follows the requirements of the aforementioned standards. This exception is not allowed in any new test.

All results of this analysis shall be documented, and the documentation and marking requirements of this document shall be met.

AA.6 Arc-prohibiting design

AA.6.1 General

Clause AA.6 refers to concept 1 of Table AA.10.

A design that prohibits or prevents any possibility of an arc from occurring inside a PEC or PECS will achieve the required safety associated with an arc fault event without the benefit of having the arc fault test to prove this fact. There are many ways this could be accomplished in theory, but the practical application of this concept will likely be limited based on cost or size restrictions.

For example, it would be possible to create a PEC or PECS with physical spacings that are so large that even the worst possible transient voltage the system could create would not be able to bridge the spacing in the worst possible atmospheric conditions (low pressure, humidity, etc.). It is unlikely that a system this large could be marketed because other solutions that contain divert, or redirect the arc energy will be smaller and more cost effective, and these solutions require an arc test to validate compliance (this is not a recommended practice).

It may, however, be possible and practical to use a solution that prevents an arc in a small section of a PEC or PECS. This could be accomplished by the usage of two independent insulation systems, for example. In this case, if one insulation system was to fail, the second insulation system would provide the required protection to prevent arcing and the damage caused by an arc fault event.

Therefore, it is acceptable to use concept 1 as a mitigation means of one potential arcing location removing the need to test that location within the PEC or PECS, but still have other location(s) that require the arc fault test. In this case, the IAC label will be marked as special conditions apply, and information will be provided to the customer (see AA.7.3.11).

Clause AA.5 is not intended to be a method to utilize conventional designs and avoid the requirements stated in AA.5.3.6.2 through AA.5.3.6.4.

For example:

- In a three phase circuit where each of the three phases is completely encapsulated with basic insulation, then if the basic insulation on one phase fails, the insulation system would still have the basic insulation on the other phase, so there can be no arc under normal conditions. This is not a valid application of concept 1.
- In the same three phase circuit where each of the three phases is completely encapsulated with basic insulation, if there exists a second insulation system for each phase conductor. Then, if the basic insulation of a single conductor fails, there remains an additional basic insulation for that individual phase which is above the normal consideration for spacings. This is a valid application of concept 1.

AA.6.2 Requirements

In general, two times double insulation between conductive parts is necessary to meet the requirements of concept 1.

The manufacturer shall take care to prevent foreseeable misuse, which would result in normal operation without the two times double insulation between any conductive parts. The following is provided only as an example and not intended to be representative of all possible misuses.

Example: leaving a tool over the basic insulated parts. This would cause a partial discharge effect that could shorten the insulation life and lead to an arc fault eventually. This condition shall be eliminated.

This document does not recommend the usage of air as part of the insulation system for concept 1.

The guidance of this document, if a manufacturer was to use air insulation, is that the spacing shall meet two time double insulation for every layer of basic insulation provided by air as a minimum requirement. Additionally, the manufacturer shall also consider foreseeable misuse, pollution, etc. Considerations should include the possibility of a tool or work material left to bridge the circuit, possible contamination that could reduce creepage distances, etc. In general, if air is used, the air gap should be extremely large and never under 0,5 m as this is the length of a standard tool.

Double insulation (not two times double) is required between live parts and earth potential, if all of the following conditions are fulfilled:

- IT system;
- with supervision, that de-energizes the PEC immediately after a earth fault by tripping the power source to the input terminals;
- insulation between live parts and earth is designed based on phase-to-phase voltage.

Test and analysis shall be performed and documented to verify that no arc is possible in the implemented design at any single fault, independent of the available short-circuit current. The analysis shall follow standard engineering and scientific practices and shall be plainly evident. This evidence shall be provided to the customer upon request (see AA.7.3.10).

The double insulation requirements call for a partial discharge measurement. The partial discharge measurement with the established 10 pC value is appropriate for potted insulation systems. The 10 pC value is not proven for other insulation systems. However, the partial discharge measurement is still required for these systems. The manufacturer is responsible to use the partial discharge measurement to identify possible lifetime issues within insulation systems.

AA.6.3 Testing

Any design that utilizes concept 1 shall be rigorously tested and validated to ensure that it can truly deliver arc-prohibiting results.

Ultimately, the manufacturer will be responsible for any failure in design of a concept 1. Extreme caution should be used whenever considering this approach.

The usage of concept 1 is allowed without the inclusion of an arc fault test. This does not imply that no testing is required to prove concept 1 valid. This document cannot directly specify all testing that might be required for the potential insulation systems that could be created to meet the requirements of concept 1. The following requirements shall be met as a minimum.

NOTE Exception to AA.5.3.6.2 through AA.5.3.6.4 is included in the removal of the arc fault test requirement.

- The requirements stated in 4.2 shall be maintained. Therefore, if an insulation system is used which provides an arc-prohibiting design, this design shall be tested and validated to ensure that a failure of an insulation system will not allow even the potential of an arc fault event to occur.
- The relevant requirements of 4.4.7 shall be applied to the insulations systems used for concept 1. This may require separation of the individual insulation system for testing. If this is not possible, then the manufacturer shall determine how to apply requirements to the testing for which tables have not been provided. Simply doubling the required test value may not properly address the specific insulation system's need for testing.
- A retest of the insulation system is required for all changes to the insulation system that would adversely affect the proper function of the insulation system. These effects include, but are not limited to,
 - decreases in physical separation,
 - severe environmental conditions,
 - changes in the materials used,
 - change of supply vendors, and
 - changes in geometry or configuration which might lead to additional electrical field stress.
- Routine testing of insulating components/parts, whether vendor supplied or self manufactured, shall be required to ensure that the electrical properties of the supplied materials are maintained. This may include AC/DC withstand testing, impulse testing, partial discharge testing, or other valuable material testings which focus on the materials ability to survive the environment or electrical stresses it will be subjected to. If the parts

are vendor supplied, it is acceptable to have the vendor perform this testing, assuming the vendor has the ability and qualification to do so.

AA.7 Information and marking requirements

AA.7.1 General

When a manufacturer assigns an internal arc classification, the information from Table AA.4 shall be provided.

Since any electrical equipment can be installed or operated in such a manner that hazardous conditions can occur, compliance with the design requirements of this annex does not by itself assure a safe installation. However, when equipment complying with those requirements is properly selected, correctly installed and operated, the hazards will be minimized.

All information shall be in an appropriate language, and documents shall have identification references. Drawing symbols shall conform to IEC 60417 or IEC 60617 as appropriate. Symbols not shown in IEC 60417 or IEC 60617 shall be identified where used.

NOTE Further guidance for the preparation of documentation is provided in IEC 61082-1, and for the preparation of instructions and manuals in IEC 62079.

Table AA.4 – Information requirements

Information	Information reference	Requirement reference	Location ^{a, b}	
			1	2
IAC ratings	AA.7.2	AA.4.1 AA.4.2	X	X
Internal arc classification	AA.7.3.2	AA.4.2.1	^c	X
Accessibility type	AA.7.3.3	AA.4.2.2.1	^c	X
Accessible sides	AA.7.3.4	AA.4.2.3.1	^c	X
Non-accessible sides	AA.7.3.5	AA.4.2.3.2	^c	X
Associated protection required (APR)	AA.7.3.6	AA.4.2.6.1	^c	X
Special conditions	AA.7.3.7	AA.4.2.7	^c	X
Installation requirements	AA.7.3.8	AA.5.2.1 AA.8.7		X
Multiple port current contribution	AA.7.3.9	AA.5.3.2.1		X
IAC concept	AA.7.3.10	AA.8.1	^c	X
Concept 1 requirements	AA.7.3.11	AA.6.2 AA.6.3		X
Protection	AA.7.3.12	AA.8.4		X
Internally stored energy	AA.7.3.13	AA.4.2.2.1 AA.8.6		X
Internal protection	AA.7.4	AA.4.2.6.2	X	X
^a Location 1: on product (see AA.7.2 and AA.7.4); location 2: in installation manual or user's manual or maintenance manual (see AA.7.3).				
^b The installation, user's and maintenance manuals may be combined as appropriate and, if acceptable to the customer, may be supplied in electronic format. When more than one of any product is supplied to a single customer, it is not necessary to supply a manual with each unit, if acceptable to the customer.				
^c This information is also included in the IAC ratings (see AA.7.2).				

AA.7.2 IAC rating plate

When a manufacturer assigns an internal arc classification, the classification shall either be verified by type tests according to Clause AA.5 or assigned the accessibility type 0 or 0+. The classification shall be indicated by means of a designation as follows:

Classification:	"IAC" (internal arc classification)
Type accessibility:	0, 0+, 1, 1+, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b
Classified sides of the enclosure:	F, L (L_L / L_R), R, T, B
Distances for each accessible side:	value in millimeter or meter
Rated arc fault current:	I_A , I_{Ae} , I_{Adc} or in case of multi-port: I_A^* , I_{Ae}^* , I_{Adc}^* [kA]
Rated arc fault duration:	t_A , t_{Ae} , t_{Adc} [s]
Associated protection required (APR):	"yes" / "no"
Special condition (SC):	"yes" / "no"
Standard reference:	"IEC 62477-2"
Multi-port designator (if applicable):	"* Multi-port split. See manual"
Concept 1 designator (if applicable):	"No arc possible"

This designation shall be displayed on the PEC through a nameplate or other means.

When data is either not applicable or not tested, "-" shall be used in the data field.

Only tested values shall be used on the label. In case of accessibility type 0+, the only acceptable entry in the comment box is "Evaluated by calculation". The calculated values shall be given in the documentation. Tables AA.5 through AA.9 are provided as example only.

Table AA.5 – Example for concepts 2 and 3 (see Clause AA.8)

IAC	F	L	R	T	B	I_A^*	t_A	APR	SC
IEC 62447-2	3a	2a	1	1	1	30 kA	0,2 s	no	no
Distance [m]:	0,1	0,1	-	-	-	* Multi-port split. See manual			

Table AA.6 – Example for concept 4 (see Clause AA.8)

IAC	F	L	R	T	B	I_A^*	t_A	APR	SC
IEC 62447-2	3b	3b	3b	1	1	30 kA	0,2 s	no	no
Distance [m]:	5	5	5	-	-	* Multi-port split. See manual			

**Table AA.7 – Example for not tested or test failed
for concepts 5 and 6 (see Clause AA.8)**

IAC	F	L	R	T	B	I_A	t_A	APR	SC
IEC 62447-2	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Distance [m]:	-	-	-	-	-	-			

Table AA.8 – Example for concept 1 (see Clause AA.8)

IAC	F	L	R	T	B	I_A	t_A	APR	SC
IEC 62447-2	4a	4a	4a	4a	4a	-	-	-	-
Distance [m]:	0	0	0	0	-	No arc possible			

Table AA.9 – Example for accessibility type 0+ for concepts 5 and 6 (see Clause AA.8)

IAC	F	L	R	T	B	I_A	t_A	APR	SC
IEC 62447-2	0+	0+	0+	0+	0+	-	-	-	-
Distance [m]:	-	-	-	-	-	Evaluated by calculation			

The label shall be visible in plain sight during operation without opening an access door.

AA.7.3 Information in manuals

AA.7.3.1 General

Typically, different kinds of manuals exist, for example installation manual, user manual or maintenance manual. It is not important in which of the manuals the information of AA.7.3 are given. In AA.7.3, the term "customer documentation" is used for any manual. In addition, the customer and the user should get this information before installations are built. The manufacturer should be able to provide the relevant documentation upon signing of a contract.

AA.7.3.2 Internal arc classification

The manufacturer shall state in the customer documentation the arc fault rating and whether the arc fault was tested or untested. This information can be provided by simply placing a copy of the IAC label inside the customer documentation, or the manufacturer may choose to break this information out. In this case, the manufacturer could use AA.7.2 as reference (see AA.4.2).

AA.7.3.3 Accessibility type

In the assignment of the accessibility type, if the manufacturer selects 2b, 3b, or 4b, then the manufacturer shall specify the minimum approach distance in the customer documentation. Local rules may require additional distance. The manufacturer shall state that the user is responsible to determine the correct approach distance considering these local rules (see AA.4.2.2.1).

AA.7.3.4 Accessible sides

For normal geometries, the front side shall be clearly stated by the manufacturer in the customer documentation. In complex geometries, the manufacturer shall define the sides in detail in the customer documentation and mark it as a "special condition" on the IAC label (see AA.4.2.2.1). Also see AA.4.2.3.1.

AA.7.3.5 Non-accessible sides

The manufacturer shall identify all non-accessible sides and provide details of this in the customer documentation including any specific information pertaining to the release of arc-containment. The information needs to include the location of the pressure relief device(s), if any, any requirements to exhaust arc gases, and information about approach distances, if applicable (see AA.4.2.3.2.).

AA.7.3.6 Associated protection required (APR)

The details regarding associated protection used shall be provided by the manufacturer in the customer documentation. This documentation shall include any relevant component manufacturer information for purchased parts (i.e. circuit breaker, fuse, etc.). In the case where the customer purchases the associated protection directly, the manufacturer shall provide the needed requirements. Additionally, specific documentation about installation, operation, maintenance and repair of any solution provided as part of the product shall be included. In all cases, the manufacturer will supply information on the correct application of the associated protection with respect to their product (see AA.4.2.6.1).

AA.7.3.7 Special conditions

AA.7.3.7 cannot describe all details of all special conditions possible. It is the manufacturer's responsibility to provide the relevant information with respect to their design.

The following examples of special conditions are provided as a guide or reference.

- Complex geometry of a PECS, which is other than a cuboid: clear and detailed drawings of the geometry highlighting all information that would naturally be provided for a cuboid. This should include approach distances, accessibility types, potential pressure relief locations, etc.
- A PECS that consists of multiple units not being attached but electrically connected and represented by one test:
 - minimum and maximum cable lengths and size;
 - analysis proving acceptability of one test;
 - special installation requirements;
 - special operating instructions based on separated equipment if applicable;
 - etc.

The manufacturer shall supply all relevant detailed information in the customer documentation (see AA.4.2.7).

AA.7.3.8 Installation requirements

The manufacturer shall state for installation in the customer documentation at least

- the range(s) of necessary clearances for the non-accessible sides (walls and ceiling),
- the exit location of exhaust,
- the requirements on plenum (gas duct), if applicable,
- the cable access ways, if applicable, and
- the installation requirements for mixed accessibility types (see AA.8.7, if applicable).

See AA.5.2.1.

AA.7.3.9 Multiple port current contribution

The manufacturer shall state in the customer documentation the contribution of each individual port that makes up the test current (see AA.5.3.2.1).

AA.7.3.10 IAC concept

The manufacturer shall state in the customer documentation which concept(s) according to Table AA.10 have been applied (see AA.8.1).

AA.7.3.11 Concept 1 requirements

The manufacturer shall provide evidence of their compliance with the requirements of concept 1 at the customer's request (see AA.6.2).

AA.7.3.12 Protection

The manufacturer shall describe for any protective component which does not have its own safety standard in the documentation how the reliability is ensured (see AA.8.4).

AA.7.3.13 Internal stored energy

The manufacturer shall provide information about the stored energy within the PECS during normal operation (see AA.4.2.2.1 and AA.8.6).

AA.7.4 Product marking – Internal protection

This information shall include a marking on the product in the vicinity of the protective device. This information should specify the direct replacement of identical parts for safety reasons. See AA.4.2.6.2.

AA.8 Internal arc classification concepts**AA.8.1 General**

Table AA.10 shows an overview of the different concepts that could be employed to reduce the hazards associated with an arc fault.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Table AA.10 – Internal arc fault safety concepts

Time	What happens	Concept	User's responsibility	Product property	Measure	Test purpose	Test method
Any time	Air and creepage distances changed, component fault	1	n/a	Specific prevention: 1) no arc possible, arc would not start on its own 2) arc is not bridging different power sources	Arc-prohibiting design: segregation, indestructible insulation, potential separation	Type test of the design, analysis	Analysis, tests verifying the analysis and test the insulation system
5 ms, 200 ms	Arc is starting	2	External limitation: limit current, limit duration	Avoid damage: stop the arc evolving	Active protection: 1) arc detection and fast short-circuit 2) breaker trip after 200 ms short-circuit	Test the active protection and SC capability, prove reliability of active equipment	Arcing test according to Clause AA.5
200 ms	Arc is evolved, creates pressure wave, heat and conducting gas	3		Withstand damage: withstand the full arc (pressure wave, heat, gas)	Passive protection: 1) pressure relieve and strong enclosure, 2) breaker trip after 200 ms arc fault	Test the withstand capability of the enclosure	
> 200 ms	Enclosure "explodes"	4		Restrict access: prevent persons from approaching	Limit the area of damage	Distance: no access, restrict accessibility	
> 200 ms	Enclosure "explodes"	5	Restrict access: prevent persons from approaching	---	Housing: no access, strong building	User has to keep structural integrity	
> 200 ms	Equipment "burns"	6	Protect Person directly: against fire	---	Wear PPE: personal protective equipment	User has to ensure proper PPE	No test by the manufacturer
NOTE The time column is intended to provide a generic example of possible timing for an arc fault event.							

Each of the concepts 1 to 6 provides personnel safety and is an appropriate concept/measure.

The manufacturer is responsible for concepts 1 to 3 and can choose one or combinations to offer.

For concept 4, the responsibility is on both the manufacturer and the user. The user is responsible for concepts 5 and 6.

Present designs may employ concept 1 for portions of their overall design.

For concept 1, other tests are required instead of an arcing test (see Clause AA.6).

All PECs have to be labelled with an IAC label. Labelling is identical for concepts 2, 3 and 4.

The manufacturer shall give information in the documentation which concept is used (see AA.7.3.10).

It is not a requirement to enclose the PECS as long as it meets the criteria defined in Table AA.10.

AA.8.2 Discription of risk and selection of equipment

If the PEC is installed, operated and maintained in accordance with the instructions of the manufacturer, there should be little probability that an internal arc fault occurs, but it may not be completely disregarded. Failure within the enclosure of PEC due either to a defect or an exceptional service condition or maloperation may initiate an internal arc fault, which constitutes a hazard, if personnel are present.

When selecting a PEC, the possibility of the occurrence of internal arc faults should be properly addressed, with the aim of providing an acceptable protection level for operators and, where applicable, for the general public.

This protection is achieved by reducing the risk to a tolerable level. According to ISO/IEC Guide 51, risk is the combination of the probability of occurrence of a harm and the severity of the harm (refer to Clause 5 of ISO/IEC Guide 51:2014 on the concept of safety).

Therefore, the selection of adequate equipment, in relation to internal arc fault, should be governed by a procedure to achieve a level of tolerable risk. Such a procedure is described in Clause 6 of ISO/IEC Guide 51:2014. This procedure is based on the assumption that the end user has a role to play in the risk reduction.

AA.8.3 Causes and preventative measures

Experience has shown that faults are more likely to occur in some locations inside an enclosure than in others. For guidance, Table AA.11 gives a list of locations where experience shows that faults are most likely to occur. It also gives causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal arc faults. If necessary, the manufacturer/installer/owner should implement those applicable to the installation, commissioning, operation and maintenance.

Table AA.11 – Locations, causes and examples of measures to decrease the probability of internal arc faults

Locations where internal arc faults are most likely to occur (1)	Possible causes of internal arc faults (2)	Examples of possible preventive measures (3)
Connection compartments	Inadequate design	Selection of adequate dimensions Use of appropriate materials
	Faulty installation	Avoidance of crossed cables connections. Checking of workmanship on site. Correct torque
	Failure of solid or liquid insulation (defective or missing)	Checking of workmanship and/or dielectric test on site. Regular checking of liquid levels, where applicable
Disconnectors Switches Earthing switches	Maloperation	Interlocks. Delayed reopening. Independent manual operation. Making capacity for switches and earthing switches. Instructions to personnel
Bolted connections and contacts	Corrosion	Use of corrosion inhibiting coating and/or greases. Use of plating. Encapsulation, where possible. Supplemental heating to prevent condensation.
	Faulty assembly	Checking of workmanship by suitable means. Correct torque. Adequate locking means
	During racking-in or racking-out of withdrawable parts. E.g. due to dielectric change of state in combination with damage or distortion of the plugging contacts and/or shutters	Checking of workmanship at site.
Instrument transformers	Ferro-resonance	Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit
	Short-circuit on low-voltage side for VTs	Avoid short-circuit by proper means for example, protection cover, low-voltage fuses
Circuit-breakers	Insufficient maintenance	Regular programmed maintenance instructions to personnel
All locations	Error by personnel	Limitation of access by compartmentalisation. Insulation embedded live parts. Instructions to personnel
	Aging under electric stresses	Partial discharge routine tests
	Pollution, moisture ingress of dust, vermin, etc.	Measures to ensure that the specified service conditions are achieved. Use of gas-filled compartments
	Overvoltages	Surge protection. Adequate insulation co-ordination. Dielectric tests on site

AA.8.4 Protection

This document allows any and all possible protection methods.

The use of protection methods is not a requirement.

Measures may be adopted to provide the highest possible level of protection to personnel in case of an internal arc fault. These measures are aimed to limit the external consequences of such an event.

The following are some examples of these measures.

- Rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by a differential busbar protection.
- Application of suitable fuses in combination with switching devices to limit the let-through current and fault duration; no protection is provided upstream of an open circuit protection.
- Fast elimination of an arc by diverting the energy with a shorting mechanism by means of fast-sensing and fast-closing devices. This protection device is capable of clearing an arc by providing a lower impedance path within a finite distance based on the total circuit impedance both upstream and downstream of the protection device.
- Remote operation instead of operation in front of the PEC.
- Pressure-relief device.

In case of an internal protection device clears the arc in less time than the test duration, the rated arc fault duration is based on the test duration, which is the available duration of the arc fault test current. The capability of clearing any arc shall be verified by the manufacturer, where the protection device including connections shall not be damaged by the internal arc fault.

In case of an internal protection device, that is interrupting the power source with an open circuit, the possibility that the arc is occurring within or upstream of the internal protection device shall be considered within the PECS.

In case an internal or associated protection device is intended to interrupt DC current, it is not acceptable to simulate this in the arc fault test to prove the protective device meets the interrupting requirement with respect to time. If AC current is used for the arc fault test and the protection device is rated to interrupt this current level, the manufacturer is responsible to prove the reliable time that the protective device will interrupt the DC current. Then the manufacturer shall ensure that the arc fault test provides energy to the equipment being tested for no less the duration the protective device is expected to provide DC current.

Any protection has to fulfill high requirements regarding reliability. This can be achieved by means of concepts such as

- extremely reliable components (mean time between failure – MTBF),
- circuit breakers and fuses meeting their product standards,
- redundancy,
- fail-safe design, or
- a combination of these means.

The manufacturer shall describe for any protective component which does not have its own safety standard in the documentation how the reliability is ensured (see AA.7.3.12).

AA.8.5 Considerations for selection and installation

The customer shall make a proper selection, taking into account the characteristics of the application, operating procedures and service conditions. As well, considering the protection of the personnel during service, the following points shall be considered.

- Not all PEC will have the same IAC.
- An IAC rating of 0 indicates the equipment has not been tested. This does not indicate that such a unit provides no protection. The level of protection potentially provided by the PECS is not defined in this case.
- The user shall ensure that the available short-circuit duration and current of their installation is less than or equal to the manufacturer's prescribed rated arc fault duration and current.

The selection should be made by taking into account the foreseeable maximum level of current and duration of the fault, in comparison with the rated values of the tested equipment.

In addition, the installation instructions of the manufacturer should be followed. In particular, the location of personnel during an internal arc fault event is important. The manufacturer should indicate which sides of the PEC are classified as accessible, according to the testing arrangement and the user should follow the instruction carefully. Allowing personnel to enter an area not designated as accessible may lead to personnel injury.

The protection of personnel in case of an internal arc fault is not only a matter of design and IAC of the PEC, but depends also on the installation conditions. Internal arc faults inside PEC can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the arc energy resulting from an arc developed in any insulating fluid within the enclosure will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the equipment. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged to the outside of the enclosure. From this point of view, immediate evacuation and further ventilation of the PEC room, before re-entering the site, may be required and appropriate measures should be considered for the installation on site.

AA.8.6 Requirements for concepts 5 and 6

Safety is created by appropriate measures by the user. This can be applied by the user to all equipment of all other concepts, especially for reducing the specified distances in case of concepts 2, 3 and 4.

From the manufacturer's prospective concepts 5 and 6 fit into the category of accessibility type 0; however, these concepts allow all accessibility types.

The manufacturer shall provide information about the stored energy within the PECS during normal operation (see AA.7.3.13).

The user is responsible for the design, structural integrity and access control of the housing.

AA.8.7 Installation of PECS with general public access

In case of a PECS having a mix of accessibility types including general public (4a, 4b), the manufacturer shall require from the installation a solid separation of the sides with accessibility types 4a or 4b from the sides with other accessibility types (e.g. by a wall). For an installation example, see Figure AA.14.

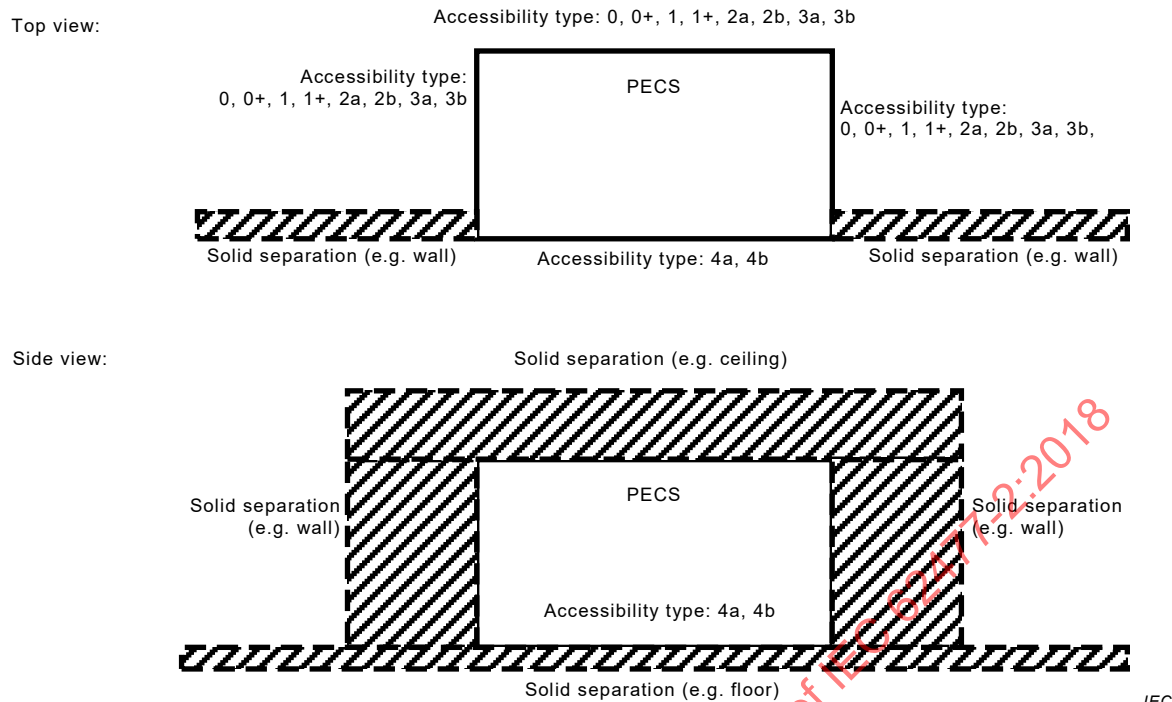


Figure AA.14 – Installation example of mix of accessibility types including 4a or 4b

All joints that provide separation between the accessibility types shall be sealed against internal arc fault effects. This includes the joint between the PECS and the floor.

Bibliography

IEC 62477-1:2012 and IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 applies, except as follows.

Addition:

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
IEC 60071-1:2006/AMD1:2010

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60146-1-1, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specification of basic requirements*

IEC 60243-1:2013, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

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

IEC 60721-3 (all parts), *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities*

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

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62103:2003, *Electronic equipment for use in power installations*¹

IEC 62271-200:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 201: AC solid-insulation enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEEE C37.20.7-2007, *IEEE Guide for Testing Metal-Enclosed Switchgear Rated Up to 38 kV for Internal Arcing Faults*

The following pertinent documents are suggested for further study and better understanding of this document, and the nature and effects of arcing faults:

IEEE Std 902-1998, *IEEE Guide for Maintenance, Operation, and Safety of Industrial and Commercial Power Systems (Yellow Book)*

IEEE Std 1584, *IEEE draft guide for performing arc-flash hazard calculations*

CSA C22.2 No.0.22-11, *Evaluation methods for arc resistance ratings of enclosed electrical equipment*

NFPA 70E-2012, *Standard for Electrical Safety in the Workplace*

¹ IEC 62103:2003 has been withdrawn, but for the purpose of this document, it is given as a reference. IEC 62103:2003 has been replaced by IEC 62477-1:2012.

EEMAC G14-1 1987, *Procedure for Testing the Resistance of Metal Clad Switchgear Under Conditions of Arcing Due to an Internal Fault*

R. L. Doughty, T. E. Neal, T. A. Dear, and A. H. Bingham, "Testing update on protective clothing and equipment for electric arc exposure", IEEE Industry Applications Magazine, vol. 5, p. 37-49, Jan./Feb. 1999

Thomas E. Neal and Roger F. Parry, "Shrapnel, Pressure and Noise", IEEE industry Applications Magazine, Vol. 11, No.3 – ISSN 1077-2618

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62477-1:2012 et de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 s'appliquent, avec les exceptions suivantes.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.24 réseau

Remplacement:

système de distribution d'énergie alimentant un CEP ou un SEPC

Note 1 à l'article: Le niveau de tension peut être compris entre 0 V et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu.

3.27 type ouvert

Addition:

Note 1 à l'article: Un matériel HT de type ouvert peut également être installé derrière une barrière, une clôture, une structure de bâtiment, etc. destinée à assurer la même protection qu'une enveloppe physique.

Termes et définitions supplémentaires:

3.101 CEP ou SECP HT

CEP ou SECP dont la tension système est 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

3.102 zone d'accès de l'opérateur

zone à laquelle, dans les conditions normales de fonctionnement,

- a) l'accès s'effectue sans l'aide d'un outil, ou
- b) le moyen d'accès est délibérément fourni à l'opérateur, ou
- c) l'opérateur a des instructions pour y accéder, qu'il ait besoin ou non d'un outil pour le faire

Note 1 à l'article: Dans le présent document, les termes "accès" et "accessible" sans qualificatif s'appliquent à la zone d'accès de l'opérateur telle qu'elle est définie ci-dessus.

4 Protection contre les dangers

4.1 Généralités

Le 4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le présent document est initialement rédigé pour des équipements ayant une enveloppe physique. Il tient compte de leur utilisation avec un matériel de type ouvert. Lors de l'utilisation du présent document pour un matériel de type ouvert, il est recommandé de s'appuyer également sur une norme d'installation.

Si le constructeur autorise le fonctionnement après une condition de premier défaut, il est tenu de fournir toutes les informations de sécurité appropriées dans la documentation du produit (voir 6.4.3.101).

Si des composants sont utilisés dans le cadre du SECP et que la norme de produit correspondante pour le composant ne précise pas d'exigences de sécurité de niveau similaire ou supérieur à celui des exigences du présent document, les composants et le SECP complet ne peuvent pas prétendre satisfaire au présent document, à moins que le SECP contenant ces composants puisse être qualifié conformément aux exigences du présent document.

4.2 Conditions anormales et de défaut

Remplacement:

Le SECP doit être conçu de façon à éviter les modes ou les séquences de fonctionnement susceptibles de provoquer une condition de défaut ou une défaillance de composant conduisant à un danger, à moins que d'autres moyens ne soient fournis par l'installation pour empêcher ce danger et soient décrits dans les informations d'installation fournies avec le SECP. Les exigences de 4.2 s'appliquent également aux conditions de fonctionnement anormal, le cas échéant.

L'analyse des circuits ou les essais doivent être exécutés pour déterminer si la défaillance d'un composant particulier, y compris les systèmes d'isolation, les bornes d'accès, etc., entraînerait ou pas un danger.

Cette analyse doit inclure les situations dans lesquelles la défaillance du composant ou de l'isolation (fonctionnelle, principale et supplémentaire) entraînerait

- un effet sur la détermination de la tension déterminante selon 4.4.2,
- un risque de choc électrique dû à
 - la dégradation de la protection principale selon 4.4.3, ou
 - la dégradation de la protection en cas de défaut selon 4.4.4,
- un risque de danger dû à l'énergie électrique selon 4.5,
- un risque de dégradation des matériaux lié au SECP (y compris l'enveloppe) dû à l'émission de flamme, de particules incandescentes ou de métal fondu engendré par un danger d'incendie ou un danger thermique selon 4.6.1 à 4.6.3,
- un risque de danger thermique du fait d'une température élevée selon 4.6.4,
- un risque de danger mécanique selon 4.7,
- une force électromagnétique et un danger thermique selon 4.3.

NOTE Le présent document ne spécifie aucune exigence de protection contre le danger chimique. Les comités de produits ou les constructeurs peuvent tenir compte de ce fait lorsqu'il s'applique à leurs produits.

Les essais sont nécessaires à moins que l'analyse puisse indubitablement démontrer l'absence de danger en cas de défaillance du composant. L'analyse ou les essais doivent inclure les effets des conditions de court-circuit et de circuit ouvert du composant. La conformité doit être vérifiée par l'essai de 5.2.4.6.

L'évaluation des composants doit se fonder sur la contrainte prévue se produisant pendant la durée de vie prévue du SECP, entre autres

- les conditions climatiques et mécaniques spécifiées selon 4.9 (température, humidité, vibration, etc.),
- les caractéristiques électriques selon 4.4.7 (tension de choc prévue, tension de fonctionnement, surtension temporaire, etc.), et
- le microenvironnement selon 4.4.7 (degré de pollution, humidité, etc.).

Les composants évalués pour leur fiabilité conformément aux normes de produits appropriées sont considérés comme satisfaisant à ces exigences et ne nécessitent pas d'être soumis à d'autres examens, si les essais sont réalisés dans les mêmes conditions que celles permettant de satisfaire aux exigences du présent document.

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite sur les cartes de circuit imprimé (CCI), comprenant les composants montés sur CCI, pour l'isolation fonctionnelle, principale, supplémentaire et renforcée conçues selon 4.4.7.4 et 4.4.7.5, sont considérées comme satisfaisant à ces exigences et ne nécessitent pas d'être soumises à d'autres examens.

L'isolation fonctionnelle sur CCI et entre les éléments des composants montés sur des CCI ne satisfaisant pas aux exigences relatives aux distances d'isolement dans l'air et aux lignes de fuite de 4.4.7.4 et 4.4.7.5 doit satisfaire à l'exigence de 4.4.7.7.

Les dangers de sécurité potentiels associés aux parties de composants importants du SECP (l'inflammabilité du transformateur et les fluides de condensateur, par exemple) doivent être pris en considération.

4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités

4.3.1 Généralités

Le 4.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

La référence au paragraphe 4.6.5 est à remplacer par la référence au nouveau paragraphe 4.5.1.101 inclus dans la présente norme

Addition:

Les exigences de tenue au court-circuit I_{CW} ou I_{CC} , ne s'appliquent pas au CEP ou SECP HT.

NOTE 101 Cela ne décharge pas des exigences relatives au court-circuit en sortie, à la surintensité et à la défaillance des composants ou des critères éventuels de réussite/d'échec.

4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie

4.3.2.1 Généralités

Le 4.3.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.3.2.2 Spécification du courant assigné de court-circuit conditionnel (I_{CC}) sur les accès d'entrée

Le 4.3.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

4.3.2.3 Capacité de tenue au court-circuit en sortie

Le 4.3.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.3.2.4 Accès d'entrée et de sortie combinés

Le 4.3.2.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours)

Le 4.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs

Le 4.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 ne s'applique pas.

4.3.5 Courant de courte durée admissible des accès d'entrée, I_{cw}

Le 4.3.5 de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

4.4 Protection contre les chocs électriques

4.4.1 Généralités

Le 4.4.1 de l'IEC 62477-1 s'applique.

4.4.2 Classe de tension déterminante

4.4.2.1 Généralités

Le 4.4.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Les circuits CTD D ne doivent pas être accessibles lorsqu'ils sont sous tension.

4.4.2.2 Détermination de la classe de tension déterminante

4.4.2.2.1 Généralités

Le 4.4.2.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.2.2.2 Tableaux de choix de la surface de contact et condition d'humidité de la peau

Le 4.4.2.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.2.2.3 Limites de la tension de fonctionnement pour la CTD

Le 4.4.2.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du Tableau 5:

Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les classes de tension déterminante

CTD	Limites de la tension de fonctionnement V		
	Tension alternative (efficace)	Tension alternative (crête)	Tension continue (moyenne)
	U_{ACL}	U_{ACPL}	U_{DCL}
A1	8	11,3	22
A2	12	17	28
A3	20	28,3	48
A	30 ^a	42,4	60
B	50	71	120
C	1 000	4 500 ^b	1 500
D	> 1 000	> 4 500	> 1 500
NOTE Dans certaines normes, TBTS et TBTP ont des limites similaires à la CTD B.			
^a Dans le présent document, les limites de la CTD A ne sont prises en considération que pour un circuit. Lorsque plusieurs circuits CTD A du SECP sont accessibles et que l'évaluation de 4.2 indique que les tensions des deux circuits peuvent être cumulées en condition de premier défaut, la limite est 25 V pour la tension alternative efficace. ^b La valeur de 4 500 V permet à tous les SECP basse tension d'être couverts par le Tableau 9 de l'IEC 62477-1:2012 (réflexions possibles jusqu'à $3 \times \sqrt{2} \times 1\,000\text{ V} = 4\,242\text{ V}$).			

4.4.2.3 Exigences de protection contre les chocs électriques

Le 4.4.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du Tableau 6:

Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude

CTD du circuit à l'étude	Protection contre le contact direct	Isolation par rapport aux parties conductrices accessibles mises à la terre	Isolation par rapport aux parties conductrices accessibles non mises à la terre ^g	Isolation par rapport au circuit adjacent de CTD:			
				As ^a	B ou Ax > As	C	D
As ^a	Non	1 ^b	1	1 ^c ou 2 ^d	2	Protection renforcée	Protection renforcée
B ou Ax > As	Protection principale ^e	Protection principale ^e	Protection principale		1 ^c ou 2 ^d	Protection renforcée	Protection renforcée
C	Protection renforcée	Protection principale	Protection renforcée			1 ou 2	Protection renforcée
D	Protection renforcée	Protection principale	Protection renforcée				2
Légende 1 La protection n'est pas nécessaire pour la sécurité, mais elle peut être exigée pour des raisons fonctionnelles selon 4.4.7.3. 2 Protection principale pour circuit de tension supérieure. 1 ou 2 Selon la séparation avec les autres circuits. Ax > As Tension inférieure à la CTD B mais supérieure à la CTD As, ne satisfaisant pas à 4.4.2.2. ^a A, A1, A2 ou A3, selon le cas approprié selon 4.4.2.2. ^b Si le circuit pris en considération est de type à TBTS, une protection principale est exigée de la terre et des circuits TBTP. ^c Les deux circuits à l'étude ont le même niveau de CTD As. ^d Les deux circuits à l'étude n'ont pas le même niveau de CTD As. ^e Sauf pour "Bout du doigt", voir le Tableau 2. ^f Une protection principale est exigée entre les circuits isolés galvaniquement (réseau, sortie UPS, PV ou sortie de générateur, auxiliaires, par exemple). ^g S'applique également aux parties conductrices raccordées à la terre fonctionnelle.							

4.4.3 Dispositions relatives à la protection principale

4.4.3.1 Généralités

Le 4.4.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.3.2 Protection au moyen de l'isolation principale des parties actives

Le 4.4.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Ajout, dans le premier alinéa, des mots "ou D" après "CTD C".

4.4.3.3 Protection au moyen d'enveloppes ou de barrières

Le 4.4.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du dernier alinéa par les deux alinéas suivants:

Les produits comprenant des circuits de CTD A, B, C ou D, destinés à être installés dans des zones d'accès limité telles que définies en 3.48 de l'IEC 62477-1:2012 et

l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, n'ont pas besoin de mesures de protection contre le contact direct avec les parties actives dangereuses.

Dans le cas d'un SECP destiné à être installé et utilisé sans enveloppe (matériel de type ouvert), la documentation de l'utilisateur doit exiger que d'autres moyens de protection soient fournis par l'installation (voir 6.3.7.101).

Addition:

Les exigences supplémentaires pour les circuits CTD D se trouvent en 4.4.101.

4.4.3.4 Protection au moyen de la limitation du courant de contact et de la charge

Le 4.4.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du premier alinéa, y compris la liste de puces:

La limitation du courant de contact ne doit pas dépasser une valeur de 3,5 mA en courant alternatif ou de 10 mA en courant continu.

Les comités de produits qui utilisent le présent document comme document de référence peuvent spécifier la valeur de courant de contact de 0,5 mA en courant alternatif/2 mA en courant continu comme seuil de perception tel que recommandé par l'IEC 61140.

4.4.3.5 Protection au moyen de tensions limitées

Le 4.4.3.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4 Disposition relative à la protection en cas de défaut

4.4.4.1 Généralités

Le 4.4.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.2 Liaison équipotentielle de protection

4.4.4.2.1 Généralités

Le 4.4.4.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.2.2 Caractéristiques assignées de la liaison équipotentielle de protection

Le 4.4.4.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.3 Conducteur de mise à la terre de protection

4.4.4.3.1 Généralités

Le 4.4.4.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Pour les systèmes IT, le constructeur peut concevoir le conducteur de mise à la terre de protection selon 4.4.4.2.2.

NOTE 1 Pour les systèmes IT ne fonctionnant pas dans les conditions de défaut à la terre, le courant de court-circuit présumé peut être faible, car le seul chemin du courant passe à travers la capacité parasite et la résistance de fuite et n'est pas généré par une alimentation court-circuitée. Cela pourrait permettre de réduire la taille du

conducteur de terre. La réduction de la taille du conducteur de terre peut être améliorée en surveillant les défauts à la terre et la déconnexion de circuit appropriée afin d'éviter d'endommager le conducteur de terre.

NOTE 2 L'installateur suit les réglementations locales en matière de dimensionnement du conducteur de mise à la terre de protection.

4.4.4.3.2 Dispositif de raccordement du conducteur de mise à la terre de protection

Le 4.4.4.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.3.3 Courant de contact en cas de défaut du conducteur de mise à la terre de protection

Le 4.4.4.3.3. de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.4 Déconnexion automatique de l'alimentation

Le 4.4.4.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique uniquement aux parties ou sections basse tension du CEP ou du SECP.

4.4.4.5 Isolation supplémentaire

Le 4.4.4.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.6 Séparation simple entre les circuits

Le 4.4.4.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.4.7 Écran de protection électrique

Le 4.4.4.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.5 Protection renforcée

4.4.5.1 Généralités

Le 4.4.5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.5.2 Isolation renforcée

Le 4.4.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.5.3 Séparation de protection entre les circuits

Le 4.4.5.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.5.4 Protection au moyen d'impédance de protection

Le 4.4.5.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.6 Mesures de protection

4.4.6.1 Généralités

Le 4.4.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.6.2 Mesures de protection pour appareil de protection de classe I

Le 4.4.6.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.6.3 Mesures de protection pour appareil de protection de classe II

Le 4.4.6.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.6.4 Mesures de protection pour appareil ou circuits de protection de classe III

4.4.6.4.1 Généralités

Le 4.4.6.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.6.4.2 Raccordement aux circuits TBTP et TBTS

Le 4.4.6.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7 Isolation

4.4.7.1 Généralités

4.4.7.1.1 Facteurs d'influence

Le 4.4.7.1.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.1.2 Degré de pollution

Le 4.4.7.1.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.1.3 Catégorie de surtension (OVC)

Le 4.4.7.1.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.1.4 Systèmes de mise à la terre de l'alimentation

Le 4.4.7.1.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.1.5 Détermination de la tension de tenue aux chocs et de la surtension temporaire

Le 4.4.7.1.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Pour les tensions système jusqu'à et y compris 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu, le Tableau 9 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique. Pour les tensions 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, le Tableau 101 s'applique.

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

Colonne 1		2	3	4	5	6
Tension système V (4.4.7.1.6) Jusqu'à et y compris		Tension de tenue aux chocs V				Surtension temporaire V
		Catégorie de surtension				
Courant alternatif	Courant continu	I	II	III	IV	Efficace/crête
> 1 000	> 1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	3 000 / 4 250 ^c
3 600	5 400	9 000 ^a	16 000 ^a	20 000 ^b	40 000 ^b	10 000 / 14 150 ^b
7 200	10 800	17 500 ^a	29 000 ^a	40 000 ^b	60 000 ^b	20 000 / 28 300 ^b
12 000	18 000	29 000 ^a	42 500 ^a	60 000 ^b	75 000 ^b	28 000 / 39 600 ^b
17 500	26 300	40 000 ^a	55 000 ^a	75 000 ^b	95 000 ^b	38 000 / 53 750 ^b
24 000	36 000	52 000 ^a	75 000 ^a	95 000 ^b	125 000 ^b	50 000 / 70 700 ^b
36 000	54 000	75 000 ^a	95 000 ^a	125 000 ^b	145 000 ^b	70 000 / 99 000 ^b

L'interpolation est autorisée.

NOTE 1 Le niveau de choc de base (BIL) et la tension de choc de foudre (LI) sont identiques à la tension de tenue aux chocs.

NOTE 2 Le Tableau 101 diffère sensiblement du Tableau 9 de l'IEC 62477-1:2012 en ce qui concerne les 1 000 V, les valeurs étant issues de normes de référence différentes.

^a Ces valeurs ont été déduites ou extrapolées du Tableau 4 et du Tableau 5 de l'IEC 62103:2003.

^b Ces valeurs ont été déduites ou extrapolées du Tableau 2 de l'IEC 60071-1:2006.

^c Cette valeur est issue de l'IEC 60146-1-1.

4.4.7.1.6 Détermination de la tension système

4.4.7.1.6.1 Alimentation par le réseau

Le 4.4.7.1.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Pour les CEP ou SECP HT alimentés par un réseau en courant alternatif, la tension système est la valeur efficace de la tension d'alimentation entre phases.

4.4.7.1.6.2 Alimentation non fournie par le réseau

Le 4.4.7.1.6.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

La Note 4 et la Note 5 du 4.4.7.1.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'appliquent également à l'alimentation non fournie par le réseau.

4.4.7.1.7 Isolation par pontage des composants

Le 4.4.7.1.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.2 Isolation par rapport à l'environnement

4.4.7.2.1 Généralités

Le 4.4.7.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.2.2 Circuits connectés au réseau

Le 4.4.7.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le dispositif de protection contre les surtensions doit prendre en considération la tension assignée, l'énergie disponible à laquelle il est admis de raccorder le système, et tous autres critères de conception exigés.

4.4.7.2.3 Circuits non connectés au réseau

Le 4.4.7.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.2.4 Isolation entre circuits

Le 4.4.7.2.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.3 Isolation fonctionnelle

Le 4.4.7.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.4 Distances d'isolement dans l'air

4.4.7.4.1 Détermination

Le 4.4.7.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Les facteurs de correction d'altitude peuvent être calculés selon l'IEC 60071-2.

Pour les CEP et SECP HT, les distances d'isolement dans l'air de l'isolation renforcée doivent être dimensionnées pour résister à 1,6 fois la tension de tenue aux chocs, la surtension temporaire ou la tension de fonctionnement (voir Tableau 102).

Tableau 102 – Distances d'isolement dans l'air pour l'isolation fonctionnelle, principale ou supplémentaire

Tension de tenue aux chocs ^a (du Tableau 101)	Surtension temporaire ^{a b} (crête) ^d	Tension de fonctionnement ^{a b} (crête répétitive) ^c	Distances d'isolement dans l'air minimales jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer			
V	V	V	mm			
			Degré de pollution			
			1	2	3	4
20 000	12 000	7 600	25			
40 000	26 000	16 000	60			
60 000	37 000	23 000	90			
75 000	48 000	30 000	120			
95 000	61 000	38 000	160			
125 000	80 000	50 000	220			
145 000	99 000	60 000	270			
170 000	116 000	70 000	320			
250 000	170 000	103 000	480			
^a L'interpolation est autorisée pour l'alimentation non fournie par le réseau.						
^b L'interpolation est autorisée, lorsque la distance d'isolement dans l'air est déterminée à partir de la surtension temporaire et de la tension de fonctionnement.						
^c Cette tension est approximativement égale à 0,8 fois la tension exigée pour interrompre la distance d'isolement dans l'air associée.						
^d Uniquement pour la détermination de l'isolation entre l'environnement et les circuits (de l'IEC 60071-1:2006).						

4.4.7.4.2 Homogénéité du champ électrique

Le 4.4.7.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.4.3 Distance d'isolement dans l'air avec des enveloppes conductrices

Le 4.4.7.4.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Voir également 4.12.1.

4.4.7.5 Lignes de fuite

4.4.7.5.1 Groupes de matériaux isolants

Le 4.4.7.5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.5.2 Détermination

Le 4.4.7.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Pour les CEP et SECP, les lignes de fuites doivent être dimensionnées selon le Tableau 103.

Tableau 103 – Lignes de fuite (en millimètres)

Colonne 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tension de fonctionnement (efficace)	CCI ^a		Autres isolants								
	Degré de pollution		Degré de pollution								
V	1	2	1	2				3			
	b, f	c, f	b	Groupe de matériaux isolants				Groupe de matériaux isolants			
				I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
12 500			50	63	90	125		d	d	d	d, e
16 000			63	80	110	150					
20 000			80	100	140	200					
25 000			100	125	180	250					
32 000			125	160	220	320					
40 000			160	200	280	400					
50 000			200	250	360	500					
63 000			250	320	450	600					
L'interpolation est autorisée.											
^a Ces colonnes s'appliquent également à tous les composants et toutes les parties des CCI et aux autres lignes de fuite ayant un contrôle de tolérance comparable.											
^b Tous les groupes de matériaux.											
^c Tous les groupes de matériaux, sauf IIIb.											
^d Les valeurs de lignes de fuite ne sont pas déterminées pour cette plage. Pour obtenir ces valeurs, voir le Tableau 1 de l'IEC 60071-2:1996.											
^e Les matériaux isolants du groupe IIIb ne sont généralement pas recommandés pour le degré de pollution 3 au-delà de 630 V.											
^f Au-delà de 12 500 V, utiliser les valeurs appropriées des colonnes 4 à 11.											

4.4.7.6 Revêtement

Le 4.4.7.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.7 Espacements d'une carte de circuit imprimé pour une isolation fonctionnelle

Le 4.4.7.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8 Isolation solide

4.4.7.8.1 Généralités

Le 4.4.7.8.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.2 Exigences des matériaux

Le 4.4.7.8.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.3 Matériau pelliculé ou ruban

4.4.7.8.3.1 Généralités

Le 4.4.7.8.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.3.2 Épaisseur des matériaux supérieure ou égale à 0,2 mm

Le 4.4.7.8.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.3.3 Épaisseur des matériaux inférieure à 0,2 mm

Le 4.4.7.8.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.3.4 Conformité

Le 4.4.7.8.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.4 Cartes à circuit imprimé (CCI)**4.4.7.8.4.1 Généralités**

Le 4.4.7.8.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.4.2 Utilisation d'un matériau de revêtement

Le 4.4.7.8.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.5 Composants bobinés

Le 4.4.7.8.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.8.6 Matériaux de remplissage

Le 4.4.7.8.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.9 Raccordement des parties de l'isolation solide (joints scellés)

Le 4.4.7.9 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.10 Exigences sur la capacité en tenue électrique**4.4.7.10.1 Isolation principale ou isolation supplémentaire**

Le 4.4.7.10.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.10.2 Double isolation et isolation renforcée

Le 4.4.7.10.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.7.11 Exigences d'isolation au-dessus de 30 kHz

Le 4.4.7.11 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR)

Le 4.4.8 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.4.9 Décharge de condensateurs

Remplacement:

Pour la protection contre le danger de choc électrique, les condensateurs à l'intérieur d'un SECP doivent être déchargés à une tension inférieure à 50 V et ne pas être en mesure de

créer un courant de contact supérieur aux valeurs spécifiées en 4.4.3.4 après la coupure de l'alimentation du SECP:

- pour le matériel SECP enfichable de types A et B, le temps de décharge ne doit pas dépasser 1 s ou les parties actives dangereuses doivent être protégées contre le contact direct à un niveau minimal IPXXB (voir 4.4.3.3);
- pour le SECP connecté en permanence, le temps de décharge ne doit pas dépasser 5 s;
- pour les SECP enfichables et connectés en permanence avec un système de verrouillage approprié empêchant l'accès aux condensateurs jusqu'à la décharge, aucun temps de décharge n'est exigé.

Pour tous les condensateurs qui ne satisfont pas aux exigences ci-dessus, les informations et les exigences de marquage de 6.5.2 s'appliquent.

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.2.3.8 et de 5.2.3.7.

Cette exigence s'applique également aux condensateurs utilisés pour la correction du facteur de puissance, le filtrage, etc.

NOTE Les comités de produits qui utilisent le présent document comme un document de référence peuvent spécifier le niveau de charge de 0,5 μ C comme seuil de perception tel que recommandé par l'IEC 61140.

Paragraphe complémentaire:

4.4.101 Conditions d'accès pour le CEP ou SECP HT

Le personnel ne doit pas pouvoir accéder aux sections HT (transformateur, convertisseur, moteur, etc.) d'un CEP ou d'un SECP. Cette protection est assurée par une enveloppe de boîtier appropriée conforme au 4.12 assurant la sécurité du personnel ou fait l'objet de règles d'installation.

a) Conditions de fonctionnement

Si une enveloppe est utilisée, des dispositifs de verrouillage doivent être utilisés pour empêcher l'accès à l'intérieur de l'enveloppe de la section HT d'un CEP ou d'un SECP lorsque les disjoncteurs principaux qui fournissent la haute tension au circuit sont activés et que les parties actives dangereuses n'ont pas été mises à la terre (voir b)). Les dispositifs de verrouillage sont exigés sur les portes équipées de mécanismes d'ouverture rapide (une poignée à un, trois ou cinq points de verrouillage, par exemple) ou des portes à un seul point de verrouillage avec des verrous dans les coins. Les dispositifs de verrouillage ne sont pas exigés si la porte est fermée par des boulons sur ses quatre côtés (il peut s'agir de trois côtés boulonnés et d'une charnière boulonnée ou soudée).

b) Accès pour l'entretien – Instructions de mise à la terre

Les sections HT doivent comporter des dispositifs de mise à la terre en toute sécurité des parties HT mises hors tension lors de l'entretien.

Les constructeurs sont responsables de la fourniture d'une méthode sûre de fixation du produit à la référence de mise à la terre du site.

Si un interrupteur de mise à la terre est fourni avec le CEP ou le SECP, le constructeur doit fournir des instructions sur son fonctionnement (voir 6.5.101).

Les contacts de terre ou une indication que les contacts des interrupteurs sont fermés doivent être visibles par le personnel d'entretien avant d'accéder au matériel.

NOTE 1 Dans des cas particuliers (des onduleurs à commutation par la charge, par exemple), deux dispositifs de mise à la terre (l'un côté réseau, l'autre côté charge) peuvent être exigés.

Si un interrupteur de mise à la terre n'est pas fourni avec le CEP ou le SECP, le constructeur doit fournir une méthode de connexion pour la terre qui peut être connectée en toute sécurité au CEP ou au SECP (voir 6.5.101).

Les dispositifs de mise à la terre doivent satisfaire aux exigences correspondantes de l'IEC 62271-102 ou de l'IEC 61230.

Le fonctionnement des dispositifs de mise à la terre doit être sûr même dans le cas d'une défaillance d'un circuit de décharge. Les exigences de 4.4.9 s'appliquent en condition normale et en condition de défaut d'un circuit de décharge et doivent prendre en considération les capacités parasites des câbles, de la ou des charges, des transformateurs, etc.

NOTE 2 Pour l'installation, il est utile de fournir une quantité suffisante de dispositifs de mise à la terre pour faciliter la sécurité du travail d'entretien sur les parties HT hors tension.

4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique

4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur

4.5.1.1 Généralités

Remplacement:

La défaillance d'un composant à l'intérieur du CEP ou du SECP ne doit pas libérer suffisamment d'énergie pour générer un danger, par exemple l'expulsion de matière à l'intérieur d'une zone occupée par le personnel.

Le constructeur doit s'assurer que le transfert d'énergie de la charge vers la zone d'accès de l'opérateur au CEP ou au SECP est pris en considération si nécessaire.

4.5 donne les exigences en matière de dangers de l'énergie électrique qui n'ont pas été généralement couvertes par les normes de sécurité dans les conditions normales de fonctionnement.

NOTE 1 Ces dangers ne sont pas liés aux chocs électriques de 4.4 ou aux dangers d'incendie de 4.6, puisqu'ils sont couverts tels qu'énumérés.

NOTE 2 Ces dangers ne sont pas associés aux sections HT (voir 4.4.101 a)).

Il s'agit, par exemple, de la chaleur, de la pression due à l'explosion ou de l'expulsion chimique.

Les zones d'accès de l'opérateur à un CEP ou un SECP destiné à être installé dans un lieu public doivent exiger un outil ou une clé pour y accéder.

Les matériels doivent être conçus de manière à éliminer tout risque de danger dû à l'énergie électrique dans les zones d'accès de l'opérateur, conformément à 4.2.

Il existe un risque de blessure résultant d'un danger dû à l'énergie électrique

- en présence d'une énergie électrique dangereuse entre au moins deux parties non isolées quelconques (dont l'une peut être mise à la terre) qui peuvent être court-circuitées par un objet conducteur, et
- si le doigt d'essai articulé décrit dans l'IEC 60529:1989, Figure 1, peut court-circuiter au moins deux parties nues (dont l'une peut être mise à la terre), s'il existe un niveau d'énergie dangereux.

Si une énergie dangereuse entre les circuits à l'étude existe,

- l'énergie doit être limitée selon 4.5.1.101, ou
- des enveloppes, barrières, protections et dispositifs analogues doivent être fournis et ne pouvoir être retirés qu'à l'aide d'un outil ou d'une clé.

La conformité est vérifiée par l'essai de non-accessibilité de 5.2.2.2.

4.5.1.2 Détermination du niveau d'énergie dangereux

Remplacement:

L'existence d'un niveau d'énergie électrique dangereux est déterminée si

- la tension est égale ou supérieure à 2 V, et
- l'un et/ou l'autre des points qui suivent s'appliquent:
 - la puissance disponible dépasse la limite des sources à puissance limitée de 4.5.1.101, et
 - l'énergie emmagasinée dépasse 20 J.

La conformité des sources à puissance limitée doit être vérifiée par 5.2.3.9 et l'énergie emmagasinée doit être vérifiée par le calcul suivant:

$$E = 0,5 CU^2$$

où

E est l'énergie, en joule (J);

C est la capacité, en farad (F);

U est la tension mesurée sur le condensateur, en volt (V).

Paragraphe supplémentaire:

4.5.1.101 Sources à puissance limitée

Si une source à puissance limitée est utilisée par un constructeur, elle doit être conforme aux spécifications du Tableau 104 ou du Tableau 105, selon le cas.

Une source à puissance limitée doit satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- la puissance de sortie est limitée par construction conformément au Tableau 104; ou
- une impédance linéaire ou non linéaire limite la puissance de sortie conformément au Tableau 104 – si un dispositif à coefficient de température positif est utilisé (CTP, par exemple), il doit satisfaire aux essais applicables spécifiés dans l'IEC 60730-1; ou
- un circuit de régulation limite la puissance de sortie conformément au Tableau 104, à la fois avec et sans premier défaut dans le circuit de régulation; ou
- un dispositif de protection contre les surintensités limite la puissance de sortie conformément au Tableau 105.

Lorsque l'exigence de limitation de source de puissance dépend du ou des dispositifs de protection contre les surintensités, la valeur du courant assigné d'au moins l'un des dispositifs de protection dans le chemin de courant ne doit pas dépasser la limite indiquée dans le Tableau 105.

Lorsqu'un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé, il doit s'agir d'un élément fusible ou d'un dispositif électromécanique non réglable et non réarmable.

Une source à puissance limitée fonctionnant sur un réseau d'alimentation en courant alternatif ou une source à puissance limitée fonctionnant sur une batterie qui est rechargée sur un réseau d'alimentation en courant alternatif pendant qu'elle fournit l'alimentation à la charge doit comporter un transformateur d'isolement.

Dans tous les cas, une source à puissance limitée doit satisfaire à l'essai de source à puissance limitée de 5.2.3.9, pour garantir l'absence de toute énergie dangereuse.

Tableau 104 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b d}	Puissance apparente ^{c d}
U_{oc}		I_{sc}	S
V en courant alternatif	V en courant continu	A	VA
≤ 30 V efficace	≤ 30 V en courant continu	≤ 8	≤ 100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150 / U_{oc}$	≤ 100

^a U_{oc} : Tension de sortie mesurée conformément à 5.1.5.3 avec tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont sensiblement sinusoïdales pour le courant alternatif et sans ondulation pour le courant continu. Pour le courant alternatif non sinusoïdal et pour le courant continu avec une ondulation supérieure à 10 % de la valeur de crête, la tension de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : Courant maximal de sortie avec une charge non capacitive quelconque, y compris un court-circuit.

^c S (VA): Puissance apparente de sortie maximale en VA avec une charge non capacitive quelconque.

^d Le mesurage de I_{sc} et de S est réalisé 5 s après l'application de la charge si la protection est assurée par un circuit électronique ou un dispositif à coefficient de température positif (CTP, par exemple) et 60 s dans les autres cas.

Tableau 105 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie ^a		Courant de sortie ^{b d}	Puissance apparente ^{c d}	Valeur du courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités ^e
U_{oc}		I_{sc}	S	A
V en courant alternatif	V en courant continu	A	VA	
≤ 20	≤ 20	$\leq 1\,000 / U_{oc}$	≤ 250	$\leq 5,0$
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			$\leq 100 / U_{oc}$
-	$30 < U_{oc} \leq 60$			$\leq 100 / U_{oc}$

^a U_{oc} : Tension de sortie mesurée conformément à 5.1.5.3 avec tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont sensiblement sinusoïdales pour le courant alternatif et sans ondulation pour le courant continu. Pour le courant alternatif non sinusoïdal et pour le courant continu avec une ondulation supérieure à 10 % de la valeur de crête, la tension de crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

^b I_{sc} : Courant maximal de sortie avec une charge non capacitive quelconque, y compris un court-circuit, mesuré 60 s après avoir appliqué la charge.

^c S (VA): Puissance de sortie maximale en VA, avec une charge non capacitive quelconque, mesurée 60 s après l'application de la charge.

^d Les impédances de limitation de courant sont maintenues pendant le mesurage, mais les dispositifs de protection contre les surintensités sont contournés.

NOTE La raison pour laquelle les mesurages sont effectués avec les dispositifs de protection contre les surintensités contournés est de déterminer la quantité d'énergie disponible qui pourrait provoquer un éventuel échauffement pendant le délai de fonctionnement des dispositifs de protection contre les surintensités.

^e Les valeurs du courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités qui coupe le circuit en moins de 120 s avec un courant égal à 210 % de la valeur du courant assigné sont spécifiées dans le tableau.

NOTE Le concept de source à puissance limitée est destiné à être utilisé dans la zone d'accès de l'opérateur. Pour plus d'informations, voir l'IEC 60730-1.

4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance

Le 4.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques

4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie

Le 4.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie

4.6.2.1 Généralités

Le 4.6.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.2.2 Composants dans un circuit représentant un danger d'incendie

Le 4.6.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.2.3 Composants dans un circuit ne représentant pas un danger d'incendie

Le 4.6.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.3 Enveloppes contre le feu

4.6.3.1 Généralités

Le 4.6.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le matériel de type ouvert n'est pas concerné par cette exigence.

4.6.3.2 Inflammabilité des matériaux de l'enveloppe

Le 4.6.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.3.3 Ouvertures dans les enveloppes contre le feu

4.6.3.3.1 Généralités

Le 4.6.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.3.3.2 Ouvertures dans le dessus et la paroi latérale des enveloppes contre le feu

Le 4.6.3.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.3.3.3 Ouvertures dans le fond d'une enveloppe contre le feu

Le 4.6.3.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.3.3.4 Portes et couvercles dans les enveloppes contre le feu

Le 4.6.3.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.4 Limites de température

4.6.4.1 Parties internes

Le 4.6.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.4.2 Parties accessibles

Le 4.6.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.6.5 Sources à puissance limitée

Le 4.6.5 de l'IEC 62477-1:2012 ne s'applique pas (voir 4.5.1.101).

4.7 Protection contre les dangers mécaniques

4.7.1 Généralités

Le 4.7.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2 Exigences spécifiques pour le SECP refroidi par liquide

4.7.2.1 Généralités

Le 4.7.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.2 Liquide de refroidissement

Le 4.7.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3 Exigences de la conception

4.7.2.3.1 Généralités

Le 4.7.2.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.2 Résistance à la corrosion

Le 4.7.2.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.3 Tuyauterie, durites et joints d'étanchéité

Le 4.7.2.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.4 Disposition pour la condensation

Le 4.7.2.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.5 Fuite du liquide de refroidissement

Le 4.7.2.3.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du deuxième alinéa:

Dans le cas et au moment d'une survenance d'une fuite, une protection doit être fournie pour assurer que la fuite en cours ne porte atteinte à aucun système d'isolation.

4.7.2.3.6 Perte du liquide de refroidissement

Le 4.7.2.3.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.7 Conductivité du liquide de refroidissement

Le 4.7.2.3.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.7.2.3.8 Exigences d'isolation pour les tuyaux du liquide de refroidissement

Le 4.7.2.3.8 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation

Le 4.8 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition au point a) du dernier alinéa:

Cela ne s'applique pas si le SECP est conçu pour la rétro-alimentation.

4.9 Protection contre les contraintes environnementales

Le 4.9 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Dans le cas d'installations extérieures, des mesures de conception supplémentaires doivent être satisfaites, lesquelles ne sont pas couvertes par le présent document.

NOTE 101 Les données du Tableau 18 sont fournies à titre d'exemple uniquement. L'IEC 60721-3 (toutes les parties) est destinée à être utilisée par le constructeur pour l'aider à définir les exigences.

4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique

4.10.1 Généralités

Le 4.10.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit

Le 4.10.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11 Câblage et raccordements

4.11.1 Généralités

Le 4.11.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.2 Cheminement

Le 4.11.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.3 Codage couleur

Le 4.11.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.4 Épissures et raccordements

Le 4.11.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.5 Connexions accessibles

Le 4.11.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.6 Interconnexions entre les parties d'un SECP

Le 4.11.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.7 Raccordement de l'alimentation

Le 4.11.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.8 Bornes de connexion

4.11.8.1 Exigences de construction

Le 4.11.8.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.8.2 Capacité de raccordement

Le 4.11.8.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.8.3 Connexion

Le 4.11.8.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.11.8.4 Espace de courbure des câbles de 10 mm² et plus

Le 4.11.8.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.12 Enveloppes

4.12.1 Généralités

Le 4.12.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Lorsqu'une enveloppe qui assure la sécurité du personnel est fournie, elle doit satisfaire à l'IEC 60204-11, si applicable.

Si le matériel de type ouvert utilise une enveloppe pour un sous-ensemble, cette enveloppe doit satisfaire aux exigences du présent document, si applicable.

Pour le matériel de type ouvert, les essais de 5.2.2.4 à 5.2.2.7 ne sont pas exigés, sauf lorsque ledit matériel utilise une enveloppe en tant que sous-ensemble. Dès lors, ces essais sont exigés pour l'enveloppe uniquement.

4.12.2 Poignées et organes de commande manuels

Le 4.12.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.12.3 Métaux coulés

Le 4.12.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.12.4 Tôle

Le 4.12.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

4.12.5 Essai de stabilité pour enveloppe

Le 4.12.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Les essais définis dans l'IEC 62477-1:2012 ne sont pas applicables aux matériels encombrants.

Dans chaque situation pour laquelle le matériel a été conçu, le constructeur de matériel encombrant doit s'assurer que le matériel n'est soumis à aucune force latérale qui pourrait faire basculer l'unité.

5 Exigences d'essai

5.1 Généralités

Le 5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le présent document ne couvre pas les aspects relatifs au mesurage de la qualité de production des essais individuels de série. Le présent document définit une exigence minimale pour les essais individuels de série. Toutefois, il convient que les essais individuels de série soient assurés par les systèmes qualité du constructeur, spécifiques à l'ensemble du produit, du sous-ensemble ou du composant, de manière à garantir le maintien des niveaux de sécurité vérifiés lors des essais de type pendant la production, pour lesquels le présent document est utilisé comme référence.

5.1.1 Objectifs et classification des essais

Le 5.1.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Voir Tableau 22 pour les essais.

5.1.2 Sélection des échantillons pour les essais

Le 5.1.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Il incombe au constructeur de préciser les raisons techniques qui justifient le choix des échantillons représentatifs.

5.1.3 Séquence d'essais

Le 5.1.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.1.4 Conditions de mise à la terre

Le 5.1.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.1.5 Conditions générales d'essai

5.1.5.1 Application des essais

Le 5.1.5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.1.5.2 Échantillons d'essai

Le 5.1.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.1.5.3 Paramètres de fonctionnement pour les essais

Le 5.1.5.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.1.6 Conformité

Le 5.1.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

L'évaluation de l'impact potentiel doit être documentée.

5.1.7 Vue d'ensemble des essais

Le 5.1.7 de l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement de la ligne suivante du Tableau 22:

Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais

Essai	De type	Individuel de série	Sur prélèvement	Exigence(s)	Spécification
Essai de source à puissance limitée	X			4.5.1.101	5.2.3.9

5.2 Spécifications des essais

5.2.1 Inspections visuelles (essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série)

Le 5.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2 Essais mécaniques

5.2.2.1 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (essai de type)

Le 5.2.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.2 Essai de non-accessibilité (essai de type)

Le 5.2.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.3 Essai d'intégrité de l'enveloppe (classification IP) (essai de type)

Le 5.2.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

L'essai d'intégrité de l'enveloppe peut être réalisé sans composant d'origine, sauf si les critères d'acceptation exigent de monter les composants en fonction de la conformité évaluée.

5.2.2.4 Essai d'intégrité de l'enveloppe (essai de type)

5.2.2.4.1 Généralités

Le 5.2.2.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.4.2 Essai de déformation (essai de type)

5.2.2.4.2.1 Généralités

Le 5.2.2.4.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.4.2.2 Essai de force constante, 30 N

Le 5.2.2.4.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.4.2.3 Essai de force constante, 250 N

Le 5.2.2.4.2.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Si l'enveloppe fait l'objet de forces plus importantes (en fonction de l'usage prévu et de la spécification du constructeur), ladite valeur supérieure doit être soumise à l'essai en conséquence.

5.2.2.4.3 Essai de choc (essai de type)

Le 5.2.2.4.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.4.4 Essai de chute

Le 5.2.2.4.4 de l'IEC 62477-1:2012 ne s'applique pas.

5.2.2.4.5 Relâchement des contraintes

Le 5.2.2.4.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.2.5 Essai de stabilité

Remplacement:

Le constructeur de matériel encombrant doit, par calcul ou essai, s'assurer qu'une force raisonnable (par rapport à la taille) appliquée directement sur la partie latérale de l'unité ne puisse faire basculer l'unité.

Il est admis d'utiliser la méthode d'essai décrite en 5.2.2.5 de l'IEC 62477-1:2012 avec les niveaux d'essai appropriés pour le matériel encombrant, ou de procéder à une analyse ou à des calculs.

5.2.2.6 Matériels fixés au mur ou au plafond

Le 5.2.2.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Ces essais concernent uniquement les SECP HT fixés au mur ou au plafond et n'étant pas posés au sol.

5.2.2.7 Fixation des poignées et organes de contrôle manuels

Le 5.2.2.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement du Tableau 23:

Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels

	Effort de traction axial improbable ^b			Effort de traction axial probable ^b		
	N			N		
Destiné à être actionné par	Doigts	1 main	2 mains	Doigts	1 main	2 mains
Organes de manœuvre des composants ^a	15	100	200	30	150	300
Autre	20	150	300	50	200	450
^a Les poignées, boutons, leviers et organes analogues destinés à manœuvrer des composants, tels qu'organes de commande de valve, leviers de manœuvre électrique, etc. ^b «Probable» signifie des forces opérationnelles normales. «Improbable» signifie une mauvaise utilisation prévue.						

Addition:

NOTE Cet essai vise à vérifier si les orifices laissés par suite du retrait des poignées présentent un danger pour la sécurité.

5.2.3 Essais électriques

5.2.3.1 Généralités

Le 5.2.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le choix des sous-ensembles et composants pertinents doit être conforme à 5.2.6.1.

Le conditionnement préalable selon 5.2.6.3.1 et 5.2.6.3.2 est uniquement nécessaire lorsque cela est pertinent pour la sécurité. Il incombe au constructeur de déterminer la pertinence pour la sécurité.

5.2.3.2 Essai de tension de choc (essai de type et essai sur prélèvement)

Le 5.2.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Voir le Tableau 106 pour des valeurs HT.

NOTE 1 Voir 5.1.1 pour l'applicabilité des essais.

Tableau 106 – Tension d'essai de choc

Colonne 1		2	3	4	5
Tension système (voir 4.4.7.1.6)		Tension de tenue aux chocs pour l'isolation entre les circuits et leur environnement selon la catégorie de surtension III		Tension de tenue aux chocs pour l'isolation entre les circuits et leur environnement selon la catégorie de surtension IV	
Alternative	Continue	Isolation principale ou supplémentaire	Renforcée	Isolation principale ou supplémentaire	Renforcée
V	V	V	V	V	V
1 001	1 501	8 000	12 800	12 000	19 200
3 600	5 400	20 000	32 000	40 000	64 000
7 200	10 800	40 000	64 000	60 000	96 000
12 000	18 000	60 000	96 000	75 000	120 000
17 500	26 250	75 000	120 000	95 000	152 000
24 000	36 000	95 000	152 000	125 000	200 000
36 000	54 000	125 000	200 000	145 000	232 000
L'interpolation est autorisée.					
NOTE Les tensions d'essai pour les catégories de surtension I et II peuvent être déduites de façon similaire à partir du Tableau 101.					

NOTE 2 Dans certains pays, le niveau de choc de base (BL) et la tension de choc de foudre (LI) correspondent à la tension de choc.

NOTE 3 Les tensions d'essai de choc selon le Tableau 2 de l'IEC 60071-1:2006 peuvent être utilisées. Si cette méthode est choisie, les données d'essai recueillies attestent de manière objective que l'exigence est satisfaite.

Si le CEP contient une combinaison de différents systèmes d'isolation, il n'est pas exigé de procéder à un essai de tension de choc de l'ensemble du CEP. Les sous-systèmes peuvent être soumis à l'essai séparément et doivent suivre les règles de 4.4.7.10.1 et 4.4.7.10.2.

5.2.3.3 Variante à l'essai de tension de choc (essai de type et essai sur prélèvement)

Le 5.2.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Il incombe au constructeur de démontrer l'équivalence, si cette méthode est utilisée pour les circuits HT. Voir 5.2 de l'IEC 60071-2:1996, pour d'autres méthodes d'essai.

5.2.3.4 Essai de tension en courant alternatif ou en courant continu (essai de type et essai individuel de série)

5.2.3.4.1 But de l'essai

Le 5.2.3.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.4.2 Valeur et type de la tension d'essai

Le 5.2.3.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Voir le Tableau 107 pour des valeurs HT.

**Tableau 107 – Tension d'essai alternative ou continue
pour circuits raccordés directement au réseau HT**

Colonne 1 Tension système entre phases (voir 4.4.7.1.6)		2 ^b Tension pour essais de type des circuits avec isolation principale et pour tous les essais individuels de série		3 ^b Tension pour essais de type des circuits avec séparation de protection, et entre les circuits et les surfaces accessibles (non conductrices ou conductrices mais non raccordées à la terre de protection, protection de classe II selon 4.4.6.3)	
Alternative (V)	Continue (V)	Alternative efficace ^a (V)	Continue (V)	Alternative efficace (V)	Continue (V)
1 001	1 501	3 000	4 250	4 800	6 800
3 600	5 400	10 000	14 150	16 000	22 650
7 200	10 800	20 000	28 300	32 000	45 300
12 000	18 000	28 000	39 600	44 800	63 350
17 500	26 250	38 000	53 700	60 800	85 900
24 000	36 000	50 000	70 700	80 000	113 100
36 000	54 000	70 000	99 000	112 000	158 400
L'interpolation est autorisée.					
^a Valeurs issues du Tableau 2 de l'IEC 60071-1:2006.					
^b Une source de tension avec un courant de court-circuit d'au moins 0,1 A selon 5.2.2.2 de l'IEC 61180-1:1992 est utilisée pour cet essai.					

5.2.3.4.3 Exécution de l'essai de tension

Le 5.2.3.4.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.4.4 Durée de l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu

Le 5.2.3.4.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.4.5 Vérification de l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu

Le 5.2.3.4.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.5 Essai de décharge partielle (essai de type, essai sur prélèvement)

Le 5.2.3.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.6 Impédance de protection (essai de type et essai individuel de série)

Le 5.2.3.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

La conformité peut d'autre part être vérifiée par des calculs. Dans le cas d'une démonstration par calcul, les tolérances des composants doivent être prises en considération.

5.2.3.7 Mesure du courant de contact (essai de type)

Le 5.2.3.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

NOTE Pour les SECP HT, cet essai peut en principe être omis, des mesures de mise à la terre de connexion fixes étant utilisées (voir 4.4.4.3.3).

5.2.3.8 Décharge de condensateurs (essai de type)

Remplacement:

Si le temps de décharge des condensateurs est exigé par 4.4.3.4 et 4.4.9, il doit être vérifié par un essai de type et/ou par calcul, en tenant compte des tolérances applicables.

Si un système de commande (voir 4.4.9) est installé pour empêcher l'accès à l'énergie emmagasinée, un essai de type doit être réalisé pour démontrer sa fonctionnalité. Lorsqu'un constructeur choisit cette option, il doit démontrer que les exigences de 4.4.9, qui empêchent l'accès en présence de l'énergie capacitive, sont satisfaites par ce système de commande.

5.2.3.9 Essai de source à puissance limitée (essai de type)

Le 5.2.3.9 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.10 Essai d'échauffement (essai de type)

Le 5.2.3.10 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Ajout à la fin du sixième alinéa:

Les intervalles entre les trois lectures successives sont limités à 30 min.

5.2.3.11 Essai de la liaison équipotentielle de protection (essai de type et essai individuel de série)

5.2.3.11.1 Généralités

Le 5.2.3.11.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.11.2 Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection

5.2.3.11.2.1 Conditions d'essai

Le 5.2.3.11.2.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.11.2.2 Courant d'essai, durée de l'essai et critères d'acceptation

Le 5.2.3.11.2.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.11.3 Essai de tenue au court-circuit de la liaison équipotentielle de protection (essai de type)

Le 5.2.3.11.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.3.11.4 Essai de continuité de la liaison équipotentielle de protection (essai individuel de série)

Le 5.2.3.11.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4 Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés

5.2.4.1 Généralités

Remplacement:

La protection contre les risques de dangers thermiques ou liés à l'énergie et de chocs électriques en cas de condition de fonctionnement anormal d'un SECP combiné avec son installation doit être évaluée par

- a) les essais définis en 5.2.4 sur un échantillon représentatif, ou
- b) un calcul ou une simulation vérifié(e) par des essais tels que définis en 5.2.4.4 et 5.2.4.6 sur un modèle représentatif de SECP, sur lequel aucun dommage autre que l'ouverture des dispositifs de protection contre les surintensités ne s'est produit sur l'échantillon d'essai.

NOTE Un modèle représentatif contient un SECP avec des éléments de puissance similaires (des semiconducteurs de puissance, des fusibles, des disjoncteurs, des condensateurs, des circuits de détections de surintensités et des inductances de sortie, par exemple) et des topologies de circuits similaires à ceux du SECP à l'étude.

Avant de réaliser l'ensemble des essais de fonctionnement anormal, l'échantillon d'essai doit être monté, raccordé et mis en fonctionnement comme décrit dans l'essai d'échauffement.

Les défauts simulés ou les conditions de fonctionnement anormal doivent être appliqués un par un et l'un après l'autre. Les défauts qui sont la conséquence directe d'un défaut simulé ou de conditions de fonctionnement anormal sont considérés comme une partie de ce défaut simulé ou de la condition de fonctionnement anormal.

Dans le cas de composants ou de sous-ensembles d'un SECP livré sans enveloppe, une cage en treillis métallique de 1,5 fois les dimensions linéaires de la partie du SECP à l'étude doit être utilisée pour simuler l'enveloppe prévue.

Le SECP et la cage en treillis métallique (s'il y a lieu) doivent être mis à la terre conformément aux exigences de 4.4.2.2.

De la gaze ou du coton hydrophile doit être disposé(e) sur toutes les ouvertures, poignées, brides, tous les joints et autres emplacements similaires sur les côtés extérieurs de l'enveloppe et de la cage en treillis métallique (s'il y a lieu), de manière à ne pas affecter sensiblement le refroidissement. Une exception sans la gaze ou le coton hydrophile est admise en appliquant des critères de réussite conformes au 5.2.4.2.

Lorsque le SECP soumis à l'essai fait état, dans son manuel d'installation, d'exigences de moyens externes de protection contre les défauts, ces moyens spécifiques doivent être fournis pour l'essai.

Les tensions des circuits TBTS, TBTP et CTD As accessibles ainsi que les parties accessibles mises à la terre et les parties conductrices non mises à la terre doivent être surveillées.

L'alimentation doit être capable de fournir le courant de court-circuit présumé spécifié (voir 4.3.1) au point de raccordement du SECP, sauf si l'analyse du circuit de 4.2 indique qu'une valeur inférieure peut être utilisée.

Les essais individuels doivent être réalisés jusqu'à l'activation d'un dispositif ou mécanisme de protection (interne ou externe), la défaillance d'un composant qui interrompt la condition de défaut ou la stabilisation des températures.

5.2.4.2 Critères de réussite

Paragraphes complémentaires:

5.2.4.2.101 Critères généraux de réussite

Le texte de 5.2.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 et de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 s'applique au 5.2.4.2.101.

5.2.4.2.102 Critères de réussite alternatifs de court-circuit en sortie

L'essai de 5.2.4.6 est également considéré comme satisfaisant, si aucun indicateur en gaze ou en coton hydrophile n'est installé, mais après l'essai

- le SECP est en mesure de fonctionner,
- une inspection visuelle démontre que le SECP n'est pas endommagé, et
- il n'y a aucune trace de flammes, de particules incandescentes ou de métal fondu.

Cela n'est pas applicable pour l'essai de défaillance de composants (voir également 4.2).

5.2.4.3 Essai de tenue au court-circuit de la liaison équipotentielle de protection (essai de type)

5.2.4.3.1 Généralités

Le 5.2.4.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.3.2 Conditions d'essai

Le 5.2.4.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.3.3 Méthode d'essai de court-circuit de la liaison équipotentielle de protection

Le 5.2.4.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.3.4 Critères d'acceptation

Le 5.2.4.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.4 Essai de court-circuit en sortie (essai de type)

5.2.4.4.1 Conditions de charge

Le 5.2.4.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

L'essai de court-circuit en sortie doit être réalisé sur tout accès de puissance du CEP conçu pour fournir la puissance de sortie.

5.2.4.4.2 Méthode d'essai de court-circuit

Le 5.2.4.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Voir 5.2.4.2.101 et 5.2.4.2.102 pour les critères d'acceptation.

5.2.4.5 Essai de surcharge en sortie (essai de type)

Le 5.2.4.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

L'essai de surcharge en sortie doit être réalisé sur tout accès de puissance du CEP conçu pour fournir la puissance de sortie.

Pour le SECP dont la condition de surcharge est considérée comme un fonctionnement normal, l'essai de surcharge en sortie n'est pas exigé.

5.2.4.6 Essai de défaillance de composants (essai de type)

Le 5.2.4.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

NOTE Pour les exigences générales, voir 5.2.4.1. Pour les critères d'acceptation, voir 5.2.4.2.

5.2.4.6.1 Conditions de charge

Le 5.2.4.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.6.2 Application d'un court-circuit ou d'un circuit ouvert

Le 5.2.4.6.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.6.3 Séquence des essais

Le 5.2.4.6.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.7 Essai de court-circuit des cartes de circuit imprimé (essai de type)

Le 5.2.4.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.8 Perte de phase (essai de type)

Le 5.2.4.8 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.9 Essais de défaillance du système de refroidissement (essais de type)

5.2.4.9.1 Généralités et critères d'acceptation

Le 5.2.4.9.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.9.2 Moteur de ventilateur inopérant

Le 5.2.4.9.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition:

Le ventilateur ou le système de ventilation peut être rendu inopérant par des moyens mécaniques ou électriques.

5.2.4.9.3 Filtre colmaté

Le 5.2.4.9.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.9.4 Perte du liquide de refroidissement

Le 5.2.4.9.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.4.10 Essai de tenue au courant de courte durée admissible (I_{cw}) (essai de type)

5.2.4.10.1 Généralités

Le 5.2.4.10.1 de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

5.2.4.10.2 Méthode d'essai de tenue au courant de courte durée admissible

Le 5.2.4.10.2 de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

5.2.4.10.3 Critères de réussite

Le 5.2.4.10.3 de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

5.2.5 Essais de matériaux

5.2.5.1 Généralités

Le 5.2.5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.2 Essai d'inflammation par formation d'arc sous courant électrique élevé (essai de type)

Le 5.2.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.3 Essai au fil incandescent (essai de type)

Le 5.2.5.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.4 Essai d'inflammation au fil chaud (essai de type – variante à l'essai au fil incandescent)

Le 5.2.5.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.5 Essai d'inflammabilité (essai de type)

Le 5.2.5.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.6 Essai à l'huile chaude enflammée (essai de type)

Le 5.2.5.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.5.7 Essai des joints scellés (essai de type)

Le 5.2.5.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6 Essais environnementaux (essais de type)

5.2.6.1 Généralités

Le 5.2.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Ajout après le deuxième alinéa:

NOTE Les sous-ensembles de sécurité sont en général des sous-ensembles de commande.

5.2.6.2 Critères d'acceptation

Le 5.2.6.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6.3 Essais climatiques

5.2.6.3.1 Essai de chaleur sèche (régime permanent)

Le 5.2.6.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6.3.2 Essai de chaleur humide (régime permanent)

Le 5.2.6.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6.4 Essai de vibration (essai de type)

Le 5.2.6.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6.5 Brouillard salin (essai de type)

Le 5.2.6.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.6.6 Poussières et sable (essai de type)

Le 5.2.6.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

5.2.7 Pression hydrostatique (essai de type et essai individuel de série)

Le 5.2.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6 Exigences relatives aux informations et au marquage

6.1 Généralités

Le 6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Addition des exigences relatives aux informations et au marquage de défaut d'arc de l'Article AA.7.

6.2 Informations pour le choix

Le 6.2 de l'IEC 62477-1:2012 et l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 s'applique, avec des exceptions (voir 4.3.1).

6.3 Informations pour l'installation et la mise en service

6.3.1 Généralités

Le 6.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.2 Considérations d'ordre mécanique

Le 6.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.3 Environnement

Le 6.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.4 Manutention et montage

Le 6.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.5 Température de l'enveloppe

Le 6.3.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.6 Connexions

6.3.6.1 Généralités

Le 6.3.6.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.6.2 Schémas d'interconnexion et de câblage

Le 6.3.6.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.6.3 Choix des conducteurs (câbles)

Le 6.3.6.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.6.4 Capacité de raccordement et identification des bornes

Le 6.3.6.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7 Exigences de protection

6.3.7.1 Parties et circuits accessibles

Le 6.3.7.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.2 Type de système d'alimentation électrique

Le 6.3.7.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.3 Protection de classe

6.3.7.3.1 Généralités

Le 6.3.7.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.3.2 Matériel de protection de classe I

Le 6.3.7.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.3.3 Matériel de protection de classe II

Le 6.3.7.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.3.4 Matériel de protection de classe III

Le 6.3.7.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.4 Marquage du courant de contact

Le 6.3.7.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.5 Compatibilité avec le marquage DDR

Le 6.3.7.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.6 Câble et connexion

Le 6.3.7.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.3.7.7 Dispositifs de protection externes

Le 6.3.7.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Paragraphe complémentaire:

6.3.7.101 Matériel de type ouvert

Dans le cas d'un SECP destiné à être installé et utilisé sans enveloppe, la documentation doit exiger que l'installation mette en place des moyens supplémentaires de protection. Il convient que ces moyens de protection incluent toutes les informations pertinentes sur les dangers potentiels dus à l'absence d'enveloppe (voir 4.4.3.3).

6.3.8 Mise en service

Le 6.3.8 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4 Informations pour l'utilisation

6.4.1 Généralités

Le 6.4.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.2 Réglage

Le 6.4.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.3 Étiquettes, panneaux et signaux

6.4.3.1 Généralités

Le 6.4.3.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.3.2 Sectionneurs

Le 6.4.3.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.3.3 Signaux visuels et sonores

Le 6.4.3.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.3.4 Surfaces brûlantes

Le 6.4.3.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.4.3.5 Marquage des appareils

Le 6.4.3.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Paragraphe complémentaire:

6.4.3.101 Fonctionnement en condition de défaut

Si le constructeur autorise le fonctionnement après une condition de premier défaut, il est tenu de fournir toutes les informations de sécurité appropriées dans la documentation du produit (voir 4.1).

6.5 Information pour la maintenance

6.5.1 Généralités

Le 6.5.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.5.2 Décharge de condensateurs

Le 6.5.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement, dans le premier alinéa, de la référence "4.4.3.4" par "4.4.9"

6.5.3 Redémarrage automatique/connexion de dérivation

Le 6.5.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.5.4 Autres dangers

Le 6.5.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

6.5.5 Matériels à plusieurs sources d'alimentation

Remplacement:

L'installateur chargé de l'installation du CEP ou du SECP doit fournir les informations relatives au meilleur moyen de mettre le système hors tension pour l'entretien dans toutes les conditions.

Selon 4.8, en présence de plusieurs sources d'alimentation du SECP, le constructeur doit fournir des informations pour indiquer les accès d'entrée et de sortie qui doivent être isolés afin de procéder à des opérations de maintenance sur le matériel ou la partie concernée du système.

NOTE Dans la plupart des cas, le constructeur du CEP ou du SECP n'est pas chargé de l'installation du matériel et n'est pas en mesure de fournir ces informations.

Paragraphe complémentaire:

6.5.101 Conditions d'accès pour le CEP ou SECP HT

S'agissant des parties qui ne sont pas directement mises à la terre par un interrupteur de mise à la terre, les constructeurs doivent fournir des instructions de sécurité pour procéder à la mise à la terre. Ces informations doivent être incluses dans un manuel de maintenance (voir 4.4.101).

Article complémentaire:

101 Exigences relatives à la classification d'arc interne

Les exigences relatives à la classification d'arc interne sont définies à l'Annexe AA.

La classification d'arc interne a pour principal objet de permettre au constructeur de fournir toutes les informations nécessaires dans la documentation et le marquage du produit de sorte que l'installation finale puisse assurer la protection contre un défaut d'arc interne. Aucun essai de défaut d'arc n'est exigé pour satisfaire aux exigences minimales du présent document. L'utilisateur final est censé avoir accès à la totalité de ces informations. Le constructeur peut uniquement être chargé de la transmission de ces informations au client.

Dans de nombreux cas, l'organisme qui achète le CEP ou le SECP n'en est pas l'utilisateur final, mais un installateur/intégrateur système. Il est donc possible que le constructeur ne soit jamais en contact avec l'utilisateur final. Lorsque l'installateur/intégrateur système est celui qui est en contact direct avec l'utilisateur final, l'installateur/intégrateur système est responsable de l'utilisation des articles appropriés du présent document pour assurer le maintien de la sécurité.

Les exigences relatives à la classification d'arc interne permettent de garantir que les essais de défaut d'arc suivent une ligne directrice spécifique.

L'Annexe AA autonome facilite le transfert de toutes les exigences relatives à la classification d'arc interne en un seul tenant et leur adaptation dans d'autres normes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe A (normative)

Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques

A.1 Généralités

L'Article A.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

A.2 Protection au moyen de la CTD As

L'Article A.2 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

A.3 Protection au moyen de l'impédance de protection

L'Article A.3 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

A.4 Protection au moyen de tensions limitées

L'Article A.4 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

A.5 Évaluation de la tension de fonctionnement et choix de la CTD pour la tension de contact, et les circuits TBTP et TBTS

L'Article A.5 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

A.6 Évaluation de la tension de fonctionnement des circuits

L'Article A.6 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

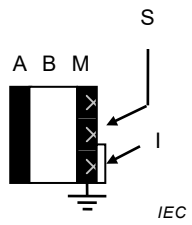
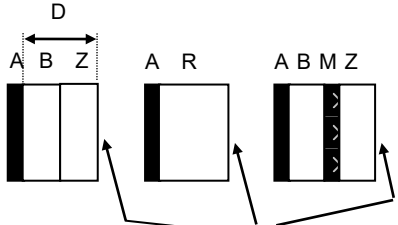
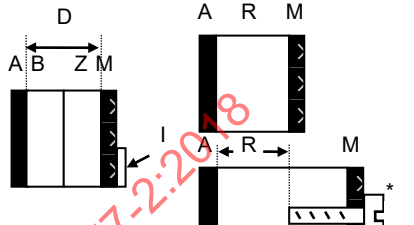
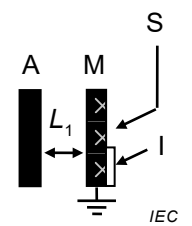
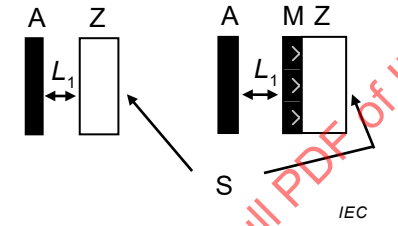
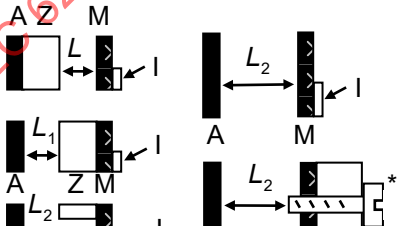
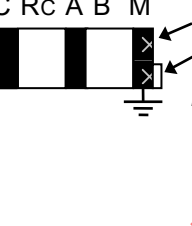
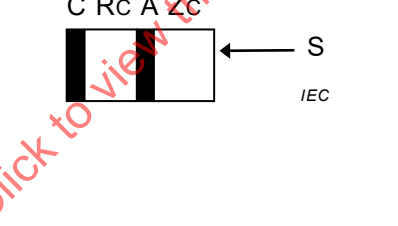
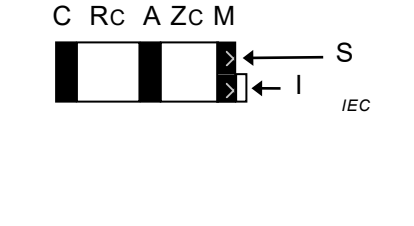
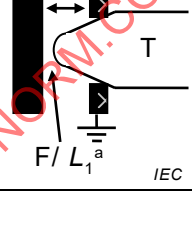
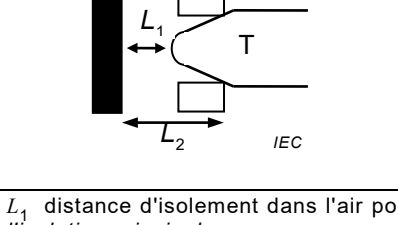
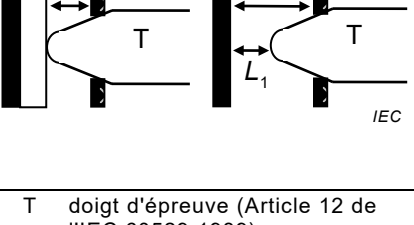
A.7 Exemples d'utilisation des éléments de mesures de protection

L'Article A.7 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement, dans le dernier alinéa, de "CTD C" par "CTD C ou CTD D".

Remplacement du Tableau A.4:

Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques

Type d'isolation	Configuration de l'isolation		
	a Parties conductrices accessibles et raccordées à la terre par une <i>liaison équipotentielle de protection</i>	b Parties accessibles non conductrices	c Parties conductrices accessibles, mais NON raccordées à la terre par une <i>liaison équipotentielle de protection</i>
1. Solide			
2. Totale ou partielle par distance d'isolement dans l'air			
3. Isolation des circuits adjacents: Circuit A: circuit de tension inférieure Circuit C: circuit de tension supérieure; CTD C ou CTD D			
4. Exigences pour les ouvertures dans les enveloppes			
A partie active B isolation principale pour circuit A Bc isolation principale pour circuit C C circuit adjacent D double isolation pour circuit A F isolation fonctionnelle pour circuit A I isolation inférieure à B L_1 distance d'isolement dans l'air pour l'isolation principale L_2 distance d'isolement dans l'air pour l'isolation renforcée M partie conductrice R isolation renforcée pour circuit A Rc isolation renforcée pour circuit C S surface du matériel T doigt d'épreuve (Article 12 de l'IEC 60529:1989) Z isolation supplémentaire pour circuit A Zc isolation supplémentaire pour circuit C * s'applique aussi aux vis en plastique			
À la ligne 4, ces schémas ne sont pas valides pour la CTD B, C ou D. La double isolation ou l'isolation renforcée est nécessaire pour une partie active de la CTD B, C ou D. NOTE 1 À la colonne c, une vis en plastique est considérée comme métallique parce qu'un utilisateur pourrait la remplacer par une vis métallique au cours de la vie du matériel. NOTE 2 À la ligne 4, l'insertion du doigt d'épreuve est considérée comme représentant une condition de premier défaut.			
^a L'isolation fonctionnelle est suffisante si l'ouverture est couverte en fonctionnement normal. Il ne doit pas être possible de retirer le capot sans l'utilisation d'un outil ou d'une clé. Si l'ouverture n'est pas couverte en fonctionnement normal, l'isolation principale est exigée.			

Annexe B
(informative)

Considérations relatives à la réduction du degré de pollution

L'Annexe B de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

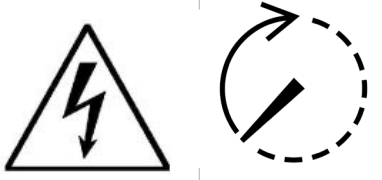
Annexe C (informative)

Symboles référencés dans l'IEC 62477-1

L'Annexe C de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Ajout de la ligne suivante dans le Tableau C.1:

Tableau C.1 – Symboles utilisés

	ISO 7010 et IEC 60417-6042:2010-11 et IEC 60417-5416:2015-04	Attention, risque de choc électrique Affichage du temps restant; traitement (temps à indiquer à côté du symbole)	4.4.9
---	---	---	-------

Annexe D
(normative)

Évaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite

L'Annexe D de l'IEC 62477-1:2012 s'applique uniquement pour la section basse tension.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe E
(informative)

Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air

L'Annexe E de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

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**

L'Annexe F de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe G
(informative)

Sections de conducteurs ronds

L'Annexe G de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe H (informative)

Principes directeurs pour la compatibilité des DDR

L'Annexe H de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

H.1 Choix du type de DDR

Addition avant le premier alinéa:

NOTE En principe, les SECP HT n'utilisent pas de DDR, mais plutôt des dispositifs ou systèmes différents (des transformateurs de courant, par exemple).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe I
(informative)

Exemples de réduction de catégorie de surtension

L'Annexe I de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe J
(informative)

Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher

L'Annexe J de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe K
(informative)

Tableau des potentiels électrochimiques

L'Annexe K de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe L (informative)

Instrument de mesure du courant de contact

L.1 Instrument de mesure

L'Article L.1 de l'IEC 62477-1:2012 s'applique, à l'exception de ce qui suit.

Remplacement de la Figure L.1 par la Figure 4 de l'IEC 60990:2016.

Addition, à la Figure L.1, de la note suivante:

Résistance d'entrée du voltmètre ou de l'oscilloscope (valeur de lecture efficace ou de crête): $> 1 \text{ M}\Omega$

Capacité d'entrée: $< 200 \text{ pF}$

Plage de fréquences: 15 Hz jusqu'à 1 MHz (à la fréquence la plus élevée considérée)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe M
(informative)

Doigts d'essai pour détermination de l'accès

L'Annexe M de l'IEC 62477-1:2012 s'applique.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe N
(informative)

Lignes directrices relatives au courant de court-circuit

L'Annexe N de l'IEC 62477-1:2012/AMD1:2016 ne s'applique pas.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62477-2:2018

Annexe complémentaire:

Annexe AA (normative)

Essai de défaut d'arc et exigences d'étiquetage

AA.1 Généralités

L'Annexe AA a pour objet de définir un système de classification d'arc interne. Elle comprend les exigences de marquage et des méthodes d'essai définies.

L'Annexe AA a pour objet de représenter toutes les configurations possibles de matériel, de conception, de puissance, etc. Toutefois, le présent document présente la configuration la plus simple utilisée, ce qui signifie que le dispositif en essai est un CEP.

Les pages qui suivent donnent des instructions relatives à des configurations plus complexes. Dans ce cas, le constructeur doit évaluer dans quelle mesure ces exigences sont applicables à son type de produit et définir les domaines qui ne sont pas abordés par l'Annexe AA si nécessaire.

Il existe plusieurs concepts de sécurité personnelle (voir l'Article AA.8).

L'Annexe AA peut être utilisée pour le matériel non SECP, en partant du principe que ce matériel particulier ne fait l'objet d'aucune norme en matière de défaut d'arc interne. Le constructeur est chargé de son application de manière raisonnable. Le constructeur doit évaluer dans quelle mesure l'Annexe AA est applicable à son type de produit et, si nécessaire, définir les domaines qu'elle n'aborde pas.

AA.2 Références

IEC 60059, *Caractéristiques des courants normaux de la CEI*

IEC 62271-200:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEC 62271-201:2014, *Appareillage à haute tension – Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

IEEE C37.20.7-2007, *IEEE guide for testing metal-enclosed switchgear rated up to 38 kV for internal arcing faults*

CSA C22.2 No. 0.22-11:2011, *Evaluation methods for arc resistance ratings of enclosed electrical equipment*

AA.3 Termes et définitions

AA.3.1

système électronique de conversion de puissance SECP

un ou plusieurs convertisseurs électroniques de puissance destinés à fonctionner ensemble avec d'autres matériels

[SOURCE: IEC 62477-1:2012, 3.46]

AA.3.2

CEP classifié en tenue à l'arc interne

CEP d'IAC

CEP pour lequel un critère prescrit définissant la protection du personnel est satisfait en cas de défaut d'arc interne

Note 1 à l'article: La classification d'arc interne est décrite en AA.4.2.

Note 2 à l'article: Il est en général pris en considération avec une enveloppe métallique. Toutefois, il convient de satisfaire à toutes les exigences des essais de type quel que soit le type de matériau de l'enveloppe ou en l'absence d'enveloppe.

Note 3 à l'article: Les IAC s'appliquent également aux SECP.

Note 4 à l'article: L'abréviation "IAC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "internal arc classification".

AA.3.3

classe d'accessibilité

caractéristique liée au niveau de protection assuré aux personnes ayant accès à une zone définie autour de l'enveloppe du CEP

AA.3.4

faces classifiées

caractéristique liée aux faces accessibles assurant un niveau défini de protection des personnes, procuré par le CEP en cas de défaut d'arc interne

AA.3.5

défaut d'arc interne

coupure d'un système d'isolation interne donnant lieu à un arc électrique

Note 1 à l'article: Un court-circuit sécurisé mécaniquement (défaut de connecteur de court-circuit) n'est pas un défaut d'arc.

AA.3.6

événement de défaut d'arc interne

événement qui commence par un défaut d'arc interne et se termine lorsque le courant de court-circuit disponible est annulé

AA.3.7

courant d'arc

courant de l'arc au point de l'arc

AA.3.8

courant d'arc potentiel

combinaison de tous les courants possibles qui peuvent participer au courant d'arc

AA.3.9

courant d'essai calibré

courant de court-circuit calibré du laboratoire d'essai

AA.3.10

courant d'essai externe

courant obtenu par le laboratoire d'essai et appliqué au CEP au cours de l'essai de défaut d'arc interne

AA.3.11**composant interne de stockage d'énergie**

composant de stockage d'énergie en mesure de délivrer de l'énergie au courant d'arc dans un laps de temps défini

AA.3.12**courant de court-circuit disponible**

courant qui peut être fourni par une ou plusieurs sources externes

AA.3.13**courant de défaut d'arc assigné**

combinaison des courants de court-circuit disponibles

Note 1 à l'article: Désignation pour le courant alternatif triphasé: I_A , pour le courant alternatif monophasé: I_{Ae} , pour le courant continu: I_{Adc} .

Note 2 à l'article: Il est égal au courant d'essai moins les courants provenant de sources d'énergie internes, selon le cas. Dans ce cas, le courant d'essai est supérieur au courant de défaut d'arc assigné.

AA.3.14**durée d'arc réelle**

durée de présence de l'arc pendant l'essai

AA.3.15**durée du défaut d'arc assignée**

durée au cours de laquelle le courant est fourni par l'alimentation du laboratoire d'essai, au point d'étalonnage, lorsque le dispositif en essai est connecté

Note 1 à l'article: Désignation pour le défaut alternatif triphasé: t_A , pour le défaut alternatif monophasé: t_{Ae} , pour le défaut en courant continu: t_{Adc} .

AA.3.16**dispositif en essai****DUT**

élément du matériel d'un SECP entouré par une barrière d'indicateurs en coton pendant l'essai

Note 1 à l'article: L'abréviation "DUT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "device under test".

AA.3.17**interne**

inclus dans un dispositif en essai ou un élément du matériel du SECP

Note 1 à l'article: Voir la Figure AA.6.

AA.3.18**externe**

exclu du SECP

Note 1 à l'article: Peut être exigé pour la fonctionnalité et/ou la sécurité, mais est hors du SECP référencé.

AA.3.19**protection associée**

dispositif extérieur au dispositif en essai ou à l'élément du matériel, et qui fait partie d'un environnement de système permettant de limiter l'énergie d'arc

AA.3.20**géométrie complexe**

géométrie qui n'est pas une boîte rectangulaire et qui a un impact sur les considérations en matière de sécurité ou d'essai

AA.3.21

coton hydrophile

matériau 100 % coton, de qualité chirurgicale (sans impuretés) et dont les propriétés permettent de l'utiliser comme indicateur d'inflammabilité

Note 1 à l'article: Peut être neuf ou stocké pour conserver en état neuf.

AA.3.22

personne qualifiée

personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

Note 1 à l'article: Dans certains pays, une personne qualifiée est appelée "personne autorisée".

[SOURCE: IEC 60050-826:1998, 826-18-01, modifiée – La note a été ajoutée.]

AA.3.23

personne avertie

personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

Note 1 à l'article: Dans certains pays, une personne avertie est appelée "personne concernée".

[SOURCE: IEC 60050-826:1998, 826-18-02, modifiée – La note a été ajoutée.]

AA.3.24

maquette

composant ou sous-ensemble dont la forme et l'aspect sont similaires à ceux du composant d'origine, et qui est utilisé pour les besoins de l'essai afin de réduire les coûts sans affecter les résultats

Note 1 à l'article: Sans affecter les résultats signifie que si la maquette peut faire partie de l'événement d'arc, elle peut être construite de manière à ne pas affecter les résultats. Cela peut imposer d'utiliser le matériel d'origine comme partie intégrante de la maquette (AA.3.25).

AA.3.25

équipement de protection individuelle

EPI

dispositif ou moyen destiné à être porté par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs dangers susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité lors de travaux sous tension

AA.4 Caractéristiques assignées

AA.4.1 Généralités

La classification d'arc interne (IAC) doit être attribuée et le produit correctement marqué par le constructeur selon les exigences de l'Annexe AA.

Plusieurs caractéristiques assignées doivent être spécifiées. Elles doivent être divisées en classe d'accessibilité, faces classifiées, courant de défaut d'arc assigné (I_A , I_{Ae} , I_{Adc}), durée du défaut d'arc assignée (t_A , t_{Ae} , t_{Adc}), si la protection associée est exigée (APR) et si la classification est relative à des conditions particulières (SC).

Les conditions particulières sont la géométrie complexe, le SECP de plusieurs unités, un fond accessible, etc.

Des exemples de conditions particulières sont donnés en AA.4.2.7.