

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-5-100:2018



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

**Fuel cell technologies –
Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-5450-9

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.....	6
1 Scope	8
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	13
4 Design and construction requirements	18
4.1 Physical environment and operating conditions	18
4.1.1 General requirements	18
4.1.2 Electrical power input	18
4.1.3 Handling, transportation, and storage	18
4.2 Material compatibility	18
4.2.1 General requirements for material compatibility	18
4.2.2 Polymeric and elastomeric components	19
4.2.3 Fuel connection devices	19
4.3 Protection against mechanical hazards	19
4.4 Protection against toxicity of fuels and fuel feedstocks	20
4.5 Protection against explosion hazards	20
4.5.1 General requirements for protection against explosion hazards	20
4.5.2 Flammable atmospheres within the portable fuel cell power system	20
4.5.3 Normal operation	20
4.5.4 Abnormal operation	20
4.5.5 Purging	20
4.5.6 Electrostatic discharge	21
4.6 Protection against electric shock	21
4.6.1 General requirements for protection against electric shock	21
4.6.2 Protection against direct contact with live parts	21
4.6.3 Protection against indirect contact with live parts	22
4.6.4 Protection by the use of SELV	22
4.7 Selection of electrical components and equipment	23
4.7.1 Area classification and suitability	23
4.7.2 Turning moments	23
4.7.3 Fuses	23
4.7.4 Capacitor discharge	23
4.7.5 Securing of parts	23
4.7.6 Current-carrying parts	24
4.7.7 Internal wiring	24
4.7.8 Cord-connected portable fuel cell power systems	24
4.7.9 Strain relief	25
4.7.10 Creepage and clearances	25
4.7.11 Separation of circuits	25
4.7.12 Protection of receptacles	26
4.7.13 Earthing and bonding	26
4.8 Protection against fire hazard	26
4.8.1 General intent and purpose of protection against fire hazard	26
4.8.2 Flammability	26
4.8.3 Openings in equipment	27
4.9 Protection against temperature hazards	28
4.9.1 General requirements for protection against temperature hazards	28

4.9.2	Surface temperatures	28
4.9.3	Component temperatures	28
4.9.4	Wall, floor and ceiling temperatures	28
4.10	Protection against electromagnetic disturbances	28
4.11	Hazard and risk assessment	28
4.11.1	General requirements for hazard and risk assessment and the approach	28
4.11.2	Safety and reliability analysis	29
4.12	Safety control circuits	29
4.13	Protection against oxygen depletion	29
4.14	Emission of effluents	30
4.15	Fuel supply	30
4.16	Fuel processing systems (if applicable)	30
4.17	Enclosures	31
4.17.1	General requirements for all enclosures	31
4.17.2	Enclosure requirements for outdoor use	31
4.18	Battery supplies	31
4.18.1	General requirements for batteries	31
4.18.2	Battery compartments	31
4.18.3	Vented wet cell batteries	32
4.18.4	Ventilation of battery compartments	32
4.19	Pressure vessels and piping	32
4.19.1	General requirements for pressure vessels and piping	32
4.19.2	Piping systems	32
4.20	Hoses	33
4.21	Automatic shut-off valves	33
4.22	Regulators	33
4.23	Process control equipment	33
4.24	Filters	33
4.24.1	Air filters	33
4.24.2	Liquid fuel filters	34
4.25	Motors	34
4.26	Fuel pumps	34
5	Instructions	34
5.1	Operation and maintenance manual	34
5.2	User's information manual	36
5.2.1	User's information manual general requirements	36
5.2.2	User's information manual front cover	36
5.2.3	Users information manual safety section	36
6	Labelling	37
6.1	General labelling requirements	37
6.2	Marking	37
6.3	Warnings	38
7	Type tests	38
7.1	General requirements for type tests	38
7.2	Tests sequence	39
7.3	Leakage test for liquid fueled systems	39
7.3.1	General requirements for leakage tests for liquid fueled systems	39
7.3.2	Method of test	39
7.4	Flammable fuel gas concentration test	40

7.4.1	General requirements for flammable gas concentration testing	40
7.4.2	Method of test.....	40
7.5	Surface temperature test.....	40
7.6	Component temperature test.....	40
7.7	Wall, floor and ceiling temperatures test	40
7.8	Dielectric strength test	41
7.8.1	General requirements for dielectric strength and testing	41
7.8.2	Test method	41
7.9	Humidity test.....	41
7.10	Leakage current at operating temperature.....	41
7.10.1	Leakage current testing requirement and duration	41
7.10.2	Test method	42
7.11	Abnormal operation testing	42
7.11.1	Abnormal operation testing – General requirements.....	42
7.11.2	Abnormal operation tests – Outcomes and further testing requirements.....	42
7.11.3	Abnormal operation test methods	42
7.12	Strain relief test	43
7.13	Insulating material test.....	43
7.14	Earthing test	43
7.15	Tank pressure test	43
7.16	Stability.....	44
7.17	Impact test.....	44
7.18	Free drop test	45
7.19	Adhesion and legibility of marking materials.....	46
7.20	Flammable gas accumulation	46
7.20.1	Flammable gas accumulation test basis and applicability.....	46
7.20.2	Test set-up	47
7.20.3	Test method	47
7.21	Oxygen depletion test.....	47
7.21.1	Oxygen depletion test basis and applicability.....	47
7.21.2	Test set-up.....	47
7.21.3	Test method	48
7.22	Emission of effluents tests	48
7.22.1	Emission of effluents testing sequence	48
7.22.2	Emission of effluents for indoors.....	48
7.23	Wind test	50
7.23.1	Wind test applicability	50
7.23.2	Method of test.....	50
7.24	Strength test	51
7.24.1	Strength test sequencing and alternative compliance methods	51
7.24.2	Method of test (liquid).....	51
7.24.3	Method of test (gas).....	51
7.24.4	Passing criteria.....	51
7.25	Stress relief test.....	52
7.26	Fuel supply securement test	52
7.27	Shutdown parameters	52
7.28	Non-metallic tubing conductivity test	52
7.28.1	Passing criteria.....	52
7.28.2	Test method	52

7.29	Non-metallic tubing test for accumulation of static electricity.....	53
7.29.1	Passing criteria.....	53
7.29.2	Test method	53
8	Routine tests	53
8.1	Routine test requirements	53
8.2	Liquid leakage test.....	53
8.3	Gas leakage test.....	53
8.4	Dielectric strength test	54
8.5	Routine test records.....	54
Annex A	(normative) Ventilation rates for batteries	55
A.1	Ventilation rate for valve regulated lead acid batteries	55
A.2	Ventilation rate for vented wet cell batteries.....	55
Annex B	(informative) Shock and vibration limits for high shock environments.....	56
B.1	Field of application.....	56
B.2	Vertical axis test	56
B.3	Longitudinal and lateral axes tests	56
Annex C	(normative) Uncertainty of measurements	58
Bibliography		59
Figure 1	– Portable fuel cell power systems	9
Figure 2	– Articulated probe.....	46
Table 1	– Emission limits based on STEL	50
Table B.1	– Vertical axis vibration conditions	56
Table B.2	– Longitudinal and lateral axes vibration conditions	57
Table C.1	– Measurements and their maximum uncertainties.....	58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety

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 62282-5-100 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

This edition cancels and replaces the second edition of IEC 62282-5-1, published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 62282-5-1:

- the requirements and verification method regarding 4.13 and 7.21 for oxygen depletion have been modified;
- the requirements and verification method regarding 4.14 and 7.22 for emission of effluents have been modified;
- Subclauses 4.21 and 7.20.3, for fuel cell power systems with flammable gas generators relying on water reactive technology, new safety requirements and test procedures have been added;
- Subclause 7.11.1 e) has been updated; for an overcurrent test in abnormal operations, a new test procedure in consideration of safety has been added.

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

CDV	Report on voting
105/649/CDV	105/670/RVC

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.

A list of all parts in the IEC 62282 series, published under the general title *Fuel cell technologies*, 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-5-100:2018

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 5-100: Portable fuel cell power systems – Safety

1 Scope

This part of IEC 62282 covers construction, marking and test requirements for portable fuel cell power systems. These fuel cell systems are movable and not fastened or otherwise secured to a specific location. The purpose of the portable fuel cell power system is to produce electrical power.

This document applies to AC and DC type portable fuel cell power systems, with a rated output voltage not exceeding 600 V AC, or 850 V DC for indoor and outdoor use. These portable fuel cell power systems cannot be used in hazardous locations as defined in IEC 60050-426:2008, 426-03-01 unless there are additional protective measures in accordance with IEC 60079-0[5]¹⁾.

This document does not apply to portable fuel cell power systems that are

- 1) permanently connected (hard wired) to the electrical distribution system,
- 2) permanently connected to a utility fuel distribution system,
- 3) exporting power to the grid,
- 4) for propulsion of road vehicles,
- 5) intended to be used on board passenger aircraft.

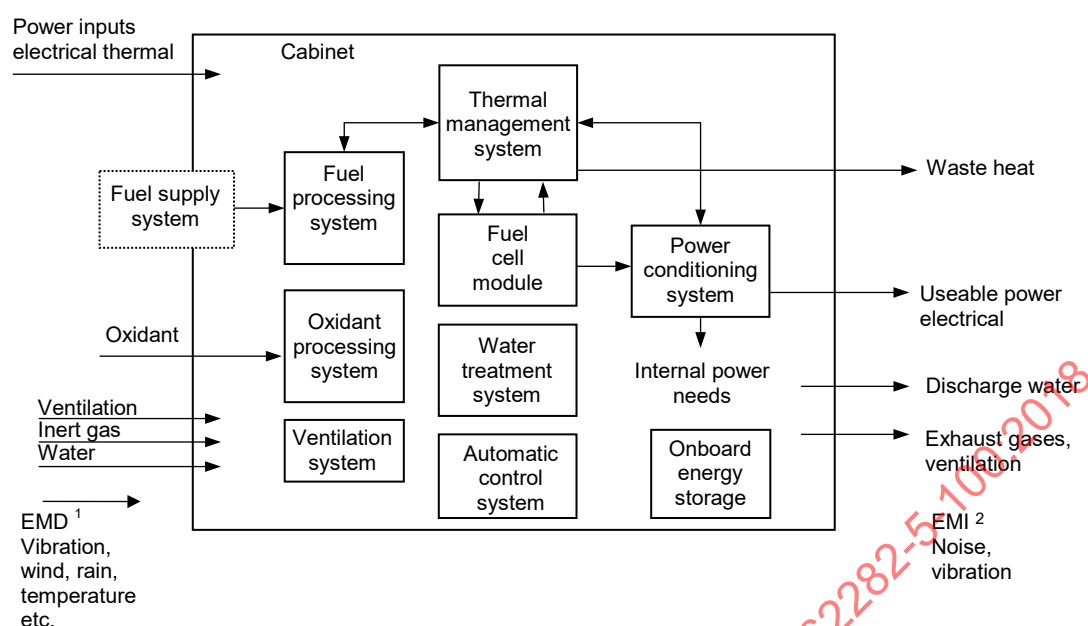
Fuel cells that provide battery charging for hybrid vehicles where the battery provides power and energy for propulsion of the vehicle are not included in the scope of this document

The following fuels and fuel feedstocks are considered within the scope of this document:

- natural gas,
- liquefied petroleum gas, such as propane and butane,
- liquid alcohols, for example methanol, ethanol,
- gasoline,
- diesel,
- kerosene,
- hydrogen,
- chemical hydrides.

This document does not preclude the use of similar fuels or oxidants from sources other than air provided the unique hazards are addressed through additional requirements.

1) Numbers in square brackets refer to the Bibliography.



IEC

Key

- 1 EMD electromagnetic disturbance
 2 EMI electromagnetic interference

Figure 1 – Portable fuel cell power systems

The overall design of a portable fuel cell power system anticipated by this document forms an assembly of some or all of the following systems (see Figure 1), integrated as necessary, to perform designated functions, as follows:

Fuel processing system – chemical processing equipment including any associated heat exchangers and controls required to convert input fuel to a composition suitable for the fuel cell stack.

Oxidant processing system – subsystem that meters, conditions, processes and may pressurize the incoming oxidant supply for use within the fuel cell power system.

Thermal management system – subsystem intended to provide cooling and heat rejection in order to maintain thermal equilibrium within the fuel cell power system, and, if necessary, to provide for the recovery and utilization of excess heat and to assist in heating the fuel cell power systems during start-up.

Power conditioning system – equipment which is used to change the magnitude or waveform of the voltage, or otherwise alter or regulate the output of a power source.

Automatic control system – assembly of sensors, actuators, valves, switches and logic components (including process controllers) that maintains the fuel cell power system parameters within the manufacturer's specified limits without manual intervention.

Fuel cell module – assembly, including a fuel cell stack(s), which electrochemically converts chemical energy to electric energy and thermal energy intended to be integrated into a power generation system.

Fuel supply system – either integral to the portable fuel cell power system or supplied through a removable and refillable container assembly.

On-board energy storage system – an internal energy source intended to aid or complement the fuel cell module in providing power to internal or external loads.

Ventilation systems – subsystem of the fuel cell power system that provides, by mechanical means, air to its cabinet.

Water treatment systems – provides for treatment and purification of recovered or added water for use within the portable fuel cell power system.

These requirements are not intended to prevent the design and construction of a portable fuel cell power system not specifically described in this document, provided that such alternatives have been considered and equivalent testing yields equivalent safety performance to that specified in this document. In considering alternative designs or construction, this document can be used to evaluate the alternative materials or methods to be used as to their ability to yield equivalent performance to that specified in this document.

This document does not cover requirements of pressurized or non-pressurized fuel supply containers upstream of the appliance gaseous or liquid fuel supply connector that are not integral to the portable fuel cell power system.

All pressures in this document are considered to be gauge pressures, unless otherwise specified.

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 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60079-2, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure "p"*

IEC 60079-10 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 10: Classification of areas*

IEC 60079-15, *Explosive atmospheres – Part 15: Equipment protection by type of protection "n"*

IEC 60079-29 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 29: Gas detectors*

IEC 60086-4, *Primary batteries – Part 4: Safety of lithium batteries*

IEC 60204-1:2016, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

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

IEC 60335-1:2010, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-1:2010/AMD2:2016

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

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

IEC 60695-2-11, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)*

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

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

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

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

IEC 60730-1:2013, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*
IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-2-5, *Automatic electrical controls – Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems*

IEC 60730-2-17, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-17: Particular requirements for electrically operated gas valves, including mechanical requirements²⁾*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60934, *Circuit-breakers for equipment (CBE)*

IEC 60950-1:2005, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*
IEC 60950-1:2005/AMD1:2009
IEC 60950-1:2005/AMD2:2013

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

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

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*

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

²⁾ Withdrawn.

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

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

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

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

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61511-1, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements*

IEC 61511-3, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 62040-1, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: Safety requirements*

IEC 62040-2, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements*

IEC 62133 (all parts), *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications*

IEC 62282-2, *Fuel cell technologies – Part 2: Fuel cell modules*

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

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

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

ISO 15649, *Petroleum and natural gas industries – Piping*

ISO 16000-3, *Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air – Active sampling method*

ISO 16000-6, *Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID*

ISO 16017-1:2000, *Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling*

ISO 16111, *Transportable gas storage devices – Hydrogen absorbed in reversible metal hydride*

ISO 16528 (all parts), *Boilers and pressure vessels*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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>

3.1

basic insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides basic protection

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06, modified – The note has been deleted.]

3.2

double insulation

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.3

electromagnetic interference

EMI

degradation of the performance of an equipment, transmission channel or system caused by an electromagnetic disturbance

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

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-06, modified – The notes have been deleted.]

3.4

electromagnetic disturbance

EMD

any electromagnetic phenomenon which may degrade the performance of a device, equipment or system, or adversely affect living or inert matter

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

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-05, modified – The note has been deleted.]

3.5

enclosure

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

Note 1 to entry: One type of enclosure can be inside another type (e.g. an electrical enclosure inside a fire enclosure or a fire enclosure inside an electrical enclosure). Also, a single enclosure can provide the functions of more than one type (e.g. those of both an electrical enclosure and a fire enclosure). Enclosures may be electrical, mechanical, fire or another type of enclosure to provide protection from these hazards or from wind, weather and other hazards.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-35, modified – The note has been added.]

3.6

electrical enclosure

enclosure providing protection against the foreseen dangers created by electricity

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-13]

3.7

fire enclosure

part of the equipment intended to minimize the spread of fire or flames from within

3.8

mechanical enclosure

part of the equipment intended to reduce the risk of injury due to mechanical and other physical hazards

3.9

hazardous location

any area or space where combustible dust, ignitable fibres, or flammables, volatile liquids, gases, vapours or mixtures are or may be present in the air in quantities sufficient to produce an explosive atmosphere or ignitable mixtures

3.10

explosive atmosphere

mixture with air, under atmospheric conditions, of flammable substances in the form of gas, vapour, dust, fibres, or flyings which, after ignition, permits self-sustaining propagation

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-01-06]

3.11

hazardous energy level

available power level of 240 VA or more, having a duration of 60 s or more, or a stored energy level of 20 J or more (for example, from one or more capacitors), at a potential of 2 V or more

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.10]

3.12

hazardous voltage

voltage exceeding 42,4 V peak, or 60 V DC, existing in a circuit that does not meet the requirements for either a limited current circuit or a TNV circuit

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.6]

3.13

heat deflection temperature

HDT

measure of a polymer's resistance to distortion under a given load at elevated temperatures

Note 1 to entry: The deflection temperature is the temperature at which a test bar, loaded to the specified bending stress, deflects by 0,25 mm.

Note 2 to entry: This note only applies to the French language.

3.14

lower flammability limit

LFL

minimum concentration of fuel in a fuel-air mixture where a combustion can be ignited by an ignition source

Note 1 to entry: A fuel-air mixture is flammable when combustion can be started by an ignition source. The main component is the proportions or composition of the fuel-air mixture. A mixture that has less than a critical amount of fuel, known as the lower flammability limit (LFL) or more than a critical amount of fuel, known as the rich or upper flammability limit (UFL), will not be flammable.

Note 2 to entry: This note only applies to the French language.

3.15**limited current circuit**

circuit that is so designed and protected that, under both normal operating conditions and single fault conditions, the current that can be drawn is not hazardous

Note 1 to entry: The limit values of currents under normal operating conditions and single fault conditions (see IEC 60950-1:2005, 1.4.14) are specified in IEC 60950-1:2005, 2.4.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.9]

3.16**live part**

conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19]

3.17**maximum allowable working pressure****MAWP**

maximum pressure at which a fuel cell or fuel cell power system may be operated

Note 1 to entry: The maximum allowable working pressure is expressed in Pa.

Note 2 to entry: The maximum allowable working pressure is the pressure used in determining the setting of pressure limiting and relieving devices installed to protect a component or system from accidental over-pressuring.

Note 3 to entry: For the purposes of this document, all pressures are to be given and used as gauge pressures unless absolute pressure is indicated.

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

3.18**maximum operating pressure**

maximum pressure, specified in gauge pressure by the manufacturer, of a component or system at which it is designed to operate continuously

Note 1 to entry: The maximum operating pressure is expressed in Pa.

Note 2 to entry: This includes all normal operation, both steady state and transient.

3.19**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.

3.20**portable fuel cell power system**

fuel cell power system that is not intended to be permanently fastened or otherwise secured in a specific location

3.21**portable stand-alone fuel cell power system**

portable fuel cell power system that is not designed to be connected to the energized mains

3.22

reinforced insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

Note 1 to entry: Reinforced insulation may comprise several layers which cannot be tested singly as basic insulation or supplementary insulation.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-09]

3.23

secondary circuit

circuit that has no direct connection to a primary circuit and derives its power from a transformer, converter or equivalent isolation device, or from a battery

Note 1 to entry: Conductive parts of an interconnecting cable may be part of a secondary circuit as stated in IEC 60950-1:2005, 1.2.11.6.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.5]

3.24

SELV

safety extra low voltage

voltage, the peak value of which does not exceed 42,4 V for alternating current and which does not exceed 60 V for direct current

Note 1 to entry: When safety extra low voltage is obtained from the supply mains, it is to be through a safety isolating transformer or a converter with separate windings, the insulation of which complies with double insulation or reinforced insulation requirements.

Note 2 to entry: The voltage limits specified are based on the assumption that the safety isolating transformer is supplied at its rated voltage.

[SOURCE: IEC 60335-1:2010, 3.4.2, modified – The definition has been revised.]

3.25

SELV circuit

safety extra low voltage circuit

secondary circuit that is so designed and protected that under normal operating conditions and single fault conditions, its voltages do not exceed a safe value

Note 1 to entry: For commercial, industrial and telecommunication applications, the SELV voltage limits provided in IEC 60950-1:2005 are applicable. For household applications, the SELV voltage limits in IEC 60335-1:2010 shall be used.

Note 2 to entry: The limit values of voltages under normal operating conditions and single fault conditions (see IEC 60950-1:2005, 1.4.14) are specified in IEC 60950-1:2005, 2.2. See IEC 60950-1:2005, Table 1.A.

Note 3 to entry: This definition of a SELV circuit differs from the term "SELV system" as used in IEC 61140.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, definition 1.2.8.8, modified – Note 1 has been added.]

3.26

service personnel

trained persons having familiarity and experience with the construction and operation of the system and the risks involved

3.27

standard litre

volume in litre at temperature of 288,15 K (15 °C) and pressure of 101,325 kPa

3.28**supplementary insulation**

independent insulation applied in addition to basic insulation in order to reduce the risk of electric shock in the event of a failure of the basic insulation

3.29**thermal equilibrium**

stable temperature conditions, pseudo steady-state, arbitrarily indicated by temperature changes of no more than 3 K or 1 % of the absolute operating temperature, whichever is higher between two readings 15 min apart

3.30**tool**

screwdriver, coin, key, or any other object that may be used to operate a screw, latch, or similar fastening means

3.31**touch voltage**

voltage between conductive parts when touched simultaneously by a person or an animal

Note 1 to entry: The value of the effective touch voltage may be appreciably influenced by the impedance of the person or the animal in electric contact with these conductive parts.

3.32**uninterruptible power system****UPS**

combination of convertors, switches and energy storage devices (for example, batteries), constituting a power system for maintaining continuity of load power in case of input power failure

3.33**wet cell battery**

battery in which the electrolyte is in liquid and mobile form

3.34**transportable equipment**

movable equipment that is intended to be routinely carried by a user

Note 1 to entry Examples include laptop and notebook personal computers, pen-based tablet computers, and their portable accessories such as printers and CD-ROM drives.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.3.3]

3.35**hand-supported equipment**

equipment that is physically supported by any part of the body of the user during the performance of its intended functions

3.36**hand-held equipment**

portable and intended to be held in the hand during normal use

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-48, modified – "equipment" has been added.]

3.37**highly ventilated area**

area that is provided with clean, fresh air at a minimum flow rate of 140 m³/h (approximately 10 air changes per hour in a room of 14 m³)

Note 1 to entry: Different ventilation rates may be used. See 4.14.

3.38

PEN conductor

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.39

PEM conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a mid-point conductor

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.40

PEL conductor

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

4 Design and construction requirements

4.1 Physical environment and operating conditions

4.1.1 General requirements

The portable fuel cell system and its protective systems shall be so designed and constructed as to be capable of performing their intended functions in their expected physical environment and operating conditions.

4.1.2 Electrical power input

The fuel cell power system input limits shall be designed to operate correctly with the conditions of IEC 60204-1:2016, 4.3 or as otherwise specified by the manufacturer.

4.1.3 Handling, transportation, and storage

The portable fuel cell power system shall be designed to withstand, or suitable precautions shall be taken to protect against the effects of transportation and storage temperatures. The fuel cell power system or each component part thereof shall be packaged or designed so that it can be stored safely and without damage (e.g. adequate stability, special supports).

The manufacturer shall specify special means for handling, transportation and storage if required.

4.2 Material compatibility

4.2.1 General requirements for material compatibility

All parts and all substances used shall be suitable for the range of temperatures and pressures to which they are subjected during expected usage; and suitably resistant to the reactions, processes, environments and other conditions to which they are exposed during expected usage. The following provisions apply.

- 1) Appropriate pressure relief devices or methods shall be used to protect parts from damage due to overpressure as indicated by the safety and reliability analysis carried out in accordance with 4.11. Pressure relief devices or methods shall be used to prevent the system, or portions of the system, from exceeding the maximum allowable working pressure of the system, or portion of the system.

- 2) Any part that is exposed directly to liquid fuel, moisture, condensate, etc. as well as fasteners used to attach any part that needs to be adjusted or removed for servicing, shall be corrosion-resistant and suitable for the application.
- 3) Ferrous materials used in the construction of the outside casing, and in an outside cabinet which is the sole enclosure of current-carrying parts, shall be adequately protected against corrosion.
- 4) Asbestos or asbestos-containing material(s) shall not be used in the construction of a portable fuel cell power system.

4.2.2 Polymeric and elastomeric components

Polymeric and elastomeric piping, tubing and components shall be permitted under the following conditions.

- 1) Materials shall be demonstrated to be suitable for the combined maximum operating temperatures and pressures and compatible with other materials and chemicals with which they will come into contact in normal operation, service and maintenance over the manufacturer-defined life span of the product. Guidance can be found in ISO 4080.
- 2) Polymeric or elastomeric components shall be protected from mechanical damage within the enclosure. Shielding may be used as appropriate to protect components against failure of rotating equipment or other mechanical devices housed within the portable fuel cell power system.
- 3) Any compartment enclosing polymeric or elastomeric components used to convey flammable gases shall be protected against the possibility of overheating. A control system shall be provided to terminate fuel flow before temperatures reach 10 °C below the lowest heat deflection temperatures (HDT) of the materials used in the fuel conveying components.
- 4) Non-metallic tubing may be used if it is demonstrated through testing that the end-to-end resistance is less than 1 MΩ, at a test voltage up to 1 000 V, when measured between two metal fittings and provided that at least one end of the tubing is connected to a metal fitting that is electrically continuous with the equipment frame and other associated metal parts are bonded such that discharges through air cannot occur (see IEC 60079-32 (all parts) [7]). Air gaps less than 1 cm between a semi-conductive tubing wall and other metal parts are not permissible. Compliance is determined through the conductivity test of 7.29.

Alternatively, the non-metallic tubing may be tested using the accumulation of static electricity test of 7.30 to determine that under normal and abnormal operating conditions including refuelling, an incentive electrostatic charge on the tubing material would not be generated as a result of fluid flow through the tubing.

- 5) Appropriate pressure relief devices or methods shall be used to protect polymeric and elastomeric components from damage due to overpressure as indicated by the safety and reliability analysis carried out in accordance with 4.11.

4.2.3 Fuel connection devices

Fuel connection devices shall be resistant to stress corrosion cracking.

NOTE Guidance can be found in ISO 15156-1 [13].

4.3 Protection against mechanical hazards

Protection shall be provided against accidental contact with moving parts. All parts that may be contacted during normal usage, adjustment or servicing shall be free from sharp projections or edges.

The portable fuel cell power systems shall resist reasonably foreseeable impacts and not be susceptible to tipping during operation and handling. Compliance is demonstrated through the type tests in 7.16, 7.17, and 7.18.

4.4 Protection against toxicity of fuels and fuel feedstocks

Precautions shall be taken in the design of the portable fuel cell power system and fuel supply to avoid spillage or unnecessary exposure of personnel to fuels that are potentially harmful due to flammability, corrosive effects, ingestion, inhalation or skin absorption.

The operating and storage instructions shall describe the possible hazards resulting from the use of fuels and any precautions to be taken when handling the materials. This shall include the maximum tolerable exposure levels in continuous use, and means to deal with spillage or contamination of personnel.

4.5 Protection against explosion hazards

4.5.1 General requirements for protection against explosion hazards

The portable fuel cell power system shall be designed and constructed to minimize the risk of fire or explosion posed by the portable fuel cell power system itself, or by gases, liquids, dust, vapours or other substances produced or used by the portable fuel cell power system.

4.5.2 Flammable atmospheres within the portable fuel cell power system

Within the portable fuel cell power system, compartments with sources of flammable gas or vapour shall be classified and the extent of hazardous areas determined. The boundary for dilution to below 25 % of the lower flammability limit (LFL) may be determined by computational fluid dynamics analysis, tracer gas, or similar methods such as those given in IEC 60079-10 (all parts) or IEC 60079-2.

Within areas classified as hazardous, the manufacturer shall eliminate ignition sources by ensuring that:

- the installed electrical equipment is suitable for the area classification;
- the surface temperatures do not exceed 80 % of the auto-ignition temperature, expressed in degrees Celsius, of the flammable gas or vapour; see ISO/IEC 80079-20-1 for guidance regarding auto-ignition temperatures of various flammable fluids;
- the potential for static discharge has been eliminated by proper bonding and earthing;
- equipment containing materials capable of catalysing the reaction of flammable fluids with air shall be capable of suppressing the propagation of the reaction from the equipment to the surrounding flammable atmosphere.

4.5.3 Normal operation

The concentration of fuel vapour within the system enclosure shall be less than 25 % of the LFL under normal operating conditions. Where mechanical ventilation is required to meet a safety limit or maintain the LFL limits, the portable fuel cell power system shall safely shut down in a controlled manner upon failure of the ventilation system. Compliance with this requirement is demonstrated in 7.4.

4.5.4 Abnormal operation

In the event of an internal release of flammable gas, a safety device within the portable fuel cell power system shall shut down the system immediately or prior to concentrations reaching 25 % of the LFL at the highest concentration area.

4.5.5 Purging

Means shall be provided to purge those systems of the portable fuel cell power system where, for safety reasons, it requires a passive state after shutdown or prior to initialization as specified by the manufacturer. A suitable purge system, utilizing a medium specified by the manufacturer

such as but not limited to nitrogen, or air or steam in a non-hazardous situation within the intended use, meets the intent of this provision.

If safety can be secured by procedures other than the purge, purging is not required.

4.5.6 Electrostatic discharge

Protection against electrostatic discharges shall be provided in locations where a flammable gas may accumulate. This may be achieved through the selection of materials for non-metallic tubing and through the grounding and bonding of isolated metal parts. An electrostatic test instrument shall be used to verify there is no spark-capable generation of charge during equipment operation or when re-fuelling (see 7.29 and 7.30).

Non-metallic tubing carrying fluids, such as hydrogen gas, may accumulate an electrostatic charge along its interior and exterior surfaces and it may transfer some of that charge to metal fittings attached at either end. Discharges from the external surface of this tube, or the fittings, may be sufficient to ignite a flammable mixture of gas or vapour in the surrounding environment. The accumulation of charge may be mitigated by specifying a tube material with a resistance less than 1 M Ω , at a test voltage up to 1 000 V, as measured between metal fittings on either end of the tube (see IEC 60079-32 (all parts) [7]). Alternatively, gas flow velocity may be limited to values below which electrostatic charge does not accumulate for that specific material. Metal braid coverings, or conductive wires within the non-metallic tubing, can reduce charge accumulation, but may also increase the chance of electrostatic discharge if those conductors become disconnected from their bonding conductor. Flexible metal tubing with isolating unions may be a practical alternative to the use of polymeric tubing.

4.6 Protection against electric shock

4.6.1 General requirements for protection against electric shock

Except where specifically permitted for functional reasons, accessible conductive parts of equipment shall not be hazardous live parts in normal conditions, nor be, or become, hazardous live parts in any reasonably foreseeable single fault condition. Portable fuel cell power systems shall be constructed and enclosed so that there is adequate protection against accidental contact with live parts.

The electrical equipment shall provide protection of persons against electric shock from

- 1) direct contact,
- 2) indirect contact.

4.6.2 Protection against direct contact with live parts

4.6.2.1 General requirements and alternative measures for protection against direct contact with live parts

For each circuit or part of the electrical equipment, protection shall be achieved through the use of enclosures or the insulation of live parts. Where these measures are not practical, alternative measures for protection may be applied such as barriers, placing out of reach, and using obstacles (see IEC 60364-4-41).

4.6.2.2 Protection by enclosures

Opening an enclosure (i.e. opening doors, lids, covers, and the like) shall be possible only under one of the following conditions:

- 1) the use of a key or tool;
- 2) the disconnection of live parts inside the enclosure before the enclosure may be opened (i.e., interlocking the door);

- 3) opening without using one of the protection techniques described in 1) or 2) shall be possible only when all live parts are protected against direct contact to at least IP2X or IPXXB (see IEC 60529).

4.6.2.3 Protection by insulation of live parts

It shall not be possible to touch live parts or live parts protected only by lacquer, enamel, ordinary paper, cotton, oxide film, beads, or sealing compound except self-hardening resins, with the test probe B of IEC 61032.

Live parts protected by insulation shall be completely covered with insulation that can only be removed by destruction. Such insulation shall be capable of withstanding the mechanical, chemical, electrical, and thermal stresses to which it can be subjected under normal service conditions. Heat-resistant, moisture-absorption-resistant insulating material, such as phenolic composition, porcelain, cold moulded composition that will withstand the most severe conditions likely to be met in service shall be used for the support of bare, live parts and for barriers used to obtain required spacings (as specified in 4.7.10) and shall comply with the test specified in 7.13.

4.6.3 Protection against indirect contact with live parts

4.6.3.1 General intent and acceptable approaches for protection against indirect contact with live parts

Protection against indirect contact is intended to prevent hazardous conditions in the event of an insulation failure between live parts and exposed conductive parts. Protection against indirect contact shall be achieved by measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage; or automatic disconnection of the supply before the time of contact with a touch voltage can become hazardous.

4.6.3.2 Measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage

Measures to prevent the occurrence of a hazardous touch voltage include the use of Class II equipment or by equivalent insulations (see IEC 61140), electrical separation (see IEC 60364-4-41) and the design of the supply system so that its neutral point is either insulated from or has a high impedance to earth so that an earth fault will not result in a hazardous touch voltage.

4.6.3.3 Automatic disconnection of the supply

Automatic disconnection of the supply of any circuit affected by the occurrence of an insulation failure is intended to prevent a hazardous condition resulting from a touch voltage (see IEC 60364-4-41).

4.6.4 Protection by the use of SELV

SELV (safety extra-low voltage) may be used to protect persons against electric shock from both direct and indirect contact. Accessible parts are not considered to be a shock hazard at or below SELV.

An accessible part is not considered to be live if the part is supplied at safety extra-low voltage, provided that:

- for alternating current, the peak value of the voltage does not exceed 42,4 V;
- for direct current, the voltage does not exceed 60 V;
- the part is separated from live parts by protective impedance. If protective impedance is used, the current between the part and the supply source shall not exceed 2 mA for direct current and its peak value shall not exceed 0,7 mA for alternating current as described in IEC 60335-1:2010, 8.1.4 and IEC 60990:2016, Figure 4.

4.7 Selection of electrical components and equipment

4.7.1 Area classification and suitability

Electrical components and equipment shall be suitable for the area classification in which they are used, based on IEC 60079-10 (all parts) (see 4.5.2).

4.7.2 Turning moments

Electrical components such as switches that are subjected to turning moments in normal operation or servicing shall be fastened securely and prevented from turning by means other than friction between surfaces, if turning could result in reduction of the spacings specified in 4.7.10 or 4.7.11, or in an infringement of other requirements of this document. A lock washer shall not be considered acceptable for devices that require turning moments for their operation.

4.7.3 Fuses

If the circuits protected by the fuses extend beyond the portable fuel cell power system enclosure, fuses shall be of a type that are non-replaceable without the use of tools (e.g. soldered-in type). If the circuits protected by the fuses do not extend beyond the enclosure, the fuses may be of a readily replaceable type. If the fuse can be contacted externally, a fully touch proof fuse-holder shall be used.

4.7.4 Capacitor discharge

If the charge stored in capacitors is accessible in an operator access area, and the safety of the operator is assured by an interlock actuated by a door or cover, or by disconnecting a connector (or attachment plug), then the energy stored as determined from the following equation, shall be discharged to a safe level not exceeding 42,4 V peak or DC and it shall not exceed 20 J at 1 s after operation of this interlock or disconnection of the connector:

$$J = 5 \times 10^{-7} CV^2$$

where

J is the energy in joules;

C is the capacity in microfarads;

V is the voltage in volts.

4.7.5 Securing of parts

Screws, nuts, washers, springs or similar parts shall be secured so as to withstand mechanical stresses occurring in normal use if loosening would create a hazard, or if clearances or creepage distances over supplementary insulation or reinforced insulation would be reduced to less than the values specified in 4.7.10.

Bare live parts (including conductors) shall be fixed to their bases or mounting surfaces so that they shall be prevented from turning or shifting so as to reduce the spacings required by 4.7.10. Friction between surfaces is not an acceptable means of preventing the turning of live parts, but a suitable lock washer will be acceptable if properly applied.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by manual test.

For the purpose of assessing compliance, it is assumed that

- two independent fixings will not become loose at the same time,
- parts fixed by means of screws or nuts provided with self-locking washers or other means of locking are not liable to become loose.

4.7.6 Current-carrying parts

Current-carrying parts shall have adequate mechanical strength and current-carrying capacity for the service, and shall be non-ferrous or stainless steel, except that in SELV circuits the material is not specified.

The securement of contact assemblies shall be such as to ensure the continued alignment of contacts.

Misalignment of male and female connectors, insertion of a multi-pin male connector in a female connector other than one intended to receive it, and other manipulations of parts that are accessible without the use of a tool shall not result in a hazardous condition.

4.7.7 Internal wiring

The space within enclosures of equipment shall provide ample room for the distribution of wires and cables required for the proper wiring of the equipment to prevent overheating and damage to the insulation. The wire connections and wires between parts of equipment shall be protected or enclosed. Wireways shall be smooth and entirely free from projections, burrs, and sharp edges that may cause abrasion of the insulation on the conductors.

Wiring other than that of printed circuits shall consist of wire of a type, or types, that are suitable for the particular application when considered with respect to

- a) conductor size (consideration shall be given to the effects of vibration, impact and handling for wires smaller than 1,5 mm²);
- b) temperature and voltage to which the wiring is liable to be subjected;
- c) exposure to oil, grease or other substance liable to have a deleterious effect on the insulation;
- d) exposure to moisture;
- e) other conditions of service to which the wire is liable to be subjected.

All wiring joints shall be provided with insulation equivalent to that of the conductors themselves, unless they are held securely and rigidly so that the spacings required by 4.7.10 are maintained.

Cords and insulated conductors, either single or bunched, or cabled, when passing through openings in sheet metal walls, shall be effectively protected by suitable bushings or well-rounded bearing surfaces which shall not damage the cords or conductors.

Conductors identified by green or the colour combination green/yellow shall be used only for earthing or bonding connections.

Electrical connections which need to be broken to service any controls shall be made in such a manner that they may be disconnected and reconnected without breaking a soldered connection and without breaking or cutting the wire(s).

4.7.8 Cord-connected portable fuel cell power systems

Portable fuel cell power systems intended to be cord-connected at the input shall be provided with a suitable length of cord having an additional conductor for earthing non-current-carrying conductive parts. The cord shall have an ampacity at least equal to the marked input in amperes and shall be of the hard-usage type, damp/wet type, except as required by other clauses of this document.

The supply cord shall terminate in a suitable attachment plug that conforms to IEC 60884-1 and has

- a voltage rating suitable for the voltage marked on the portable fuel cell power system,
- a current rating of not less than 125 % of the marked input current.

4.7.9 Strain relief

Strain relief shall be provided so that stress on a supply cord, as determined by the test specified in 7.26 or twisting of the cord, will not be transmitted to the connections inside the portable fuel cell power system. Portable fuel cell power systems provided with a supply cord, or intended to be connected to fixed wiring by a flexible cord, shall have a cord anchorage. The cord anchorage shall relieve conductors from strain, including twisting, at the terminals and protect the insulation of the conductors from abrasion. At least one part of the cord anchorage shall be securely fixed to the portable fuel cell power system, unless it is part of a specially prepared cord.

At the point at which a supply cord passes through an opening in a wall, a barrier or the overall enclosure, there shall be a bushing or the equivalent that is secured in place and that has smooth, well-rounded bearing surfaces which will not damage the cord.

It shall not be possible for a flexible cord to be pushed through the cord-entry hole, if such displacement is liable to:

- 1) subject the cord to mechanical injury;
- 2) expose the cord to a temperature higher than that for which the cord is recognized;
- 3) reduce the spacings (such as from bare live parts to a metal strain relief clamp) below the values specified in 4.7.10.

4.7.10 Creepage and clearances

Portable fuel cell power systems shall be constructed so that the clearances, creepage distances and solid insulation are adequate to withstand the electrical stresses to which the portable fuel cell power system is liable to be subjected. Guidance in determining appropriate clearance and creepage distances is specified in IEC 60664-1.

Exemption: An anode and cathode of the same cell are not subject to these clearances and creepage requirements.

In the case of explosive gas atmospheres, as determined by IEC 60079-10 (all parts), the clearances, creepage distances and separations between conductive parts at different potentials shall also comply with IEC 60079-15.

4.7.11 Separation of circuits

Insulated conductors (internal wiring, including wires in a terminal box or compartment) that operate at different voltages shall comply with at least one of the following:

- 1) be segregated by internal barriers;
- 2) be segregated from each other;
- 3) be segregated by grounded shielding;
- 4) have all conductors insulated for the highest voltage;
- 5) have either conductor (or the group of conductors for that voltage) insulated for twice the highest voltage.

Insulated conductors shall be separated by internal barriers or shall be segregated from bare live parts at a voltage higher than that for which the conductors are insulated.

Segregation or separation of insulated conductors may be accomplished by clamping, routing or an equivalent means that ensures permanent separation.

If an internal barrier is used to provide separation between the wiring of different circuits, it shall be of adequate mechanical strength and reliably held in place. Barriers shall be firmly secured in place and have sufficient stability and durability to maintain the appropriate separation from live parts under normal service conditions, taking account of relevant external influences (see IEC 61439-1).

Barriers of insulating material shall have appropriate thickness, if of electrical grade paper and, when located between conductors and bare live parts of different circuits, shall comply with 4.6.2.3.

4.7.12 Protection of receptacles

An output receptacle shall be protected by an overcurrent device rated or set at not more than the rating of the receptacle unless:

- 1) the circuit is not capable of delivering current in excess of the rating of the receptacle under any conditions of loading; or
- 2) electronic protection is provided that cannot be defeated by a single fault.

4.7.13 Earthing and bonding

4.7.13.1 General requirements for earthing and bonding

Where applicable, the connection between the earthing terminal or earthing contact and earthed metal parts shall have low resistance. Compliance is demonstrated in 7.14.

4.7.13.2 Portable stand-alone fuel cell power systems

The frame of a portable stand-alone fuel cell power system shall not be required to be grounded and shall be permitted to serve as the earthing electrode under the following conditions:

- 1) the generator supplies only equipment mounted on the portable stand-alone fuel cell power system, cord-and-plug-connected equipment through receptacles mounted on the portable stand-alone fuel cell power system, or both;
- 2) the non-current-carrying metal parts of the equipment and the equipment earthing conductor terminals of the receptacles are bonded to the portable stand-alone fuel cell power system frame.

4.7.13.3 Uninterruptible power systems (UPS)

Uninterruptible power systems (UPS) shall meet the earthing and grounding provisions of IEC 62040-1 and IEC 62040-2 as applicable.

Accessible conductive parts of Class I equipment, which might assume a hazardous voltage in the event of a single insulation fault, shall be reliably connected to a protecting earthing terminal within the equipment.

4.8 Protection against fire hazard

4.8.1 General intent and purpose of protection against fire hazard

Subclause 4.8 specifies requirements intended to reduce the risk of ignition and the spread of flame, both within the equipment and to the outside, by the appropriate use of materials and components and by suitable construction.

4.8.2 Flammability

Components and materials inside the portable fuel cell power system enclosure shall be so constructed or shall make use of such materials, that propagation of fire and ignition is minimized. This may be demonstrated through the appropriate selection of materials meeting FV 0, FV 1 or FV 2 when tested in accordance with IEC 60695-11-10 or IEC 60695-11-20.

Exemptions:

- Membranes, or other materials within a single portable fuel cell power system or stack which comprise less than 10 % of its total mass, are considered to be of limited quantity and are permissible without flammability ratings.

- Components shall be protected against overheating under fault conditions. Where it is not practical to protect components against overheating under fault conditions, the components shall be mounted on materials of flammability Class V-1 or better. Additionally, such components shall be separated from material of a class lower than flammability Class V-1 by at least 13 mm of air, or by a solid barrier of material of flammability Class V-1.

Parts of insulating material supporting current-carrying connections, and parts of insulating material within a distance of 3 mm of such connections, are subjected to the glow-wire test of IEC 60695-2-11. However, the glow-wire test is not carried out on parts of material classified as having a glow-wire ignition temperature, according to IEC 60695-2-13, of at least

- a) 775 °C, for connections which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation,
- b) 675 °C, for other connections, provided that the test sample was no thicker than the relevant part.

When the glow-wire test of IEC 60695-2-11 is carried out, the temperatures are

- 1) 750 °C, for connections which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation,
- 2) 650 °C, for other connections.

Parts that withstand the glow-wire test of IEC 60695-2-11, but which, during the test, produce a flame that persists for longer than 2 s, are further tested as follows.

Parts above the connection within the envelope of a vertical cylinder having a diameter of 20 mm and a height of 50 mm are subjected to the needle-flame test of IEC 60695-11-5. However, parts shielded by a barrier that meets the needle-flame test of IEC 60695-11-5 are not tested. The needle-flame test is not carried out on parts of material classified as V-0 or V-1 according to IEC 60695-11-10, provided that the test sample is no thicker than the relevant part.

4.8.3 Openings in equipment

The risk of ignition caused by small metallic objects, such as paper clips or staples, shall be reduced by measures to minimize the likelihood of such objects entering the equipment and bridging bare conductive parts between which the voltage is not limited in accordance with 4.6.4.

Acceptable measures include:

- a) providing openings that do not exceed 1 mm in width regardless of length;
- b) providing a screen having a mesh with nominal openings not greater than 2 mm between centre lines and constructed with a thread or wire diameter of not less than 0,45 mm;
- c) providing internal barriers.

Additionally, where metallized parts of a barrier or enclosure are within 13 mm of parts of circuits where the available power is greater than 15 VA, one of the following requirements applies:

- 1) access by a foreign metallic object shall be limited in accordance with the above acceptable measures even though the available voltage meets the limits of 4.6.4;
- 2) there shall be a barrier between the bare conductive parts and the enclosure;
- 3) fault testing shall be carried out to simulate bridging along a direct path between a bare conductive part and the nearest metallized part of a barrier or enclosure that is within 13 mm of the bare conductive part.

Examples of metallized plastic barriers or enclosures include those made of conductive composite materials or that are electroplated, vacuum-deposited, painted or foil lined. Compliance is checked by inspection and measurement and, where appropriate, by test. If simulated fault testing is carried out, no ignition of the metallized barrier or enclosure should occur.

Openings in the vertical sides of an enclosure of a portable fuel cell power system shall not allow intrusion of objects or material that would cause injury to persons or malfunction of equipment that would result in a shock or release of energy that meets or exceeds a hazardous energy level.

Portable fuel cell power systems with openings at the bottom of the enclosure shall comply with the applicable requirements of IEC 60950-1:2005, 4.6.2.

4.9 Protection against temperature hazards

4.9.1 General requirements for protection against temperature hazards

Components working at high temperature shall be effectively shielded or separated to avoid overheating of their adjacent materials and components.

4.9.2 Surface temperatures

The maximum temperature of any surface(s) that may be contacted by personnel performing regular and routine service while the portable fuel cell power system is in operation shall not exceed the limit(s) given in IEC 60335-1:2010 and IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Clause 11.

Compliance is checked by determining the temperature rise of the various parts under the conditions specified in 7.5.

4.9.3 Component temperatures

The maximum temperature of any component shall not exceed the limit(s) given in IEC 60335-1:2010 and IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Clause 11.

Compliance is checked by determining the temperature rise of the various parts under the conditions specified in 7.6.

4.9.4 Wall, floor and ceiling temperatures

The temperatures on walls, floor and ceiling adjacent to a portable fuel cell power system shall not exceed 50 °C above ambient temperature under the test conditions of 7.7.

4.10 Protection against electromagnetic disturbances

The portable fuel cell power system shall have an adequate level of immunity to electromagnetic disturbances so that it can operate correctly in its intended environment. In addition, the equipment shall not generate electromagnetic disturbances above the levels appropriate for its intended places of use.

As applicable, the portable fuel cell power system shall comply with IEC 61000-6-1 and IEC 61000-6-3 for residential, commercial and light industrial environments. If the portable fuel cell power system is intended to be used in industrial environments, the following standards shall be referenced: IEC 61000-6-2; IEC 61000-6-4; IEC 61000-3-2 and IEC 61000-3-3, as applicable.

4.11 Hazard and risk assessment

4.11.1 General requirements for hazard and risk assessment and the approach

The manufacturer shall ensure that:

- a) all foreseeable hazards, hazardous situations and events associated with the portable fuel cell power system throughout their anticipated lifetime have been identified;

- b) the risk for each of these hazards has been estimated from the combination of probability of occurrence of the hazard and of its foreseeable severity in accordance with IEC 61882, IEC 61511-3 or equivalent methodology;
- c) the two factors which determine each one of the estimated risks (probability and severity) have been eliminated or reduced as far as possible through design (inherently safe design and construction);
- d) the necessary protection measures in relation to risks that are not eliminated have been taken (provision of warning and safety devices);
- e) users are informed of any additional safety measures that they may be required to implement.

4.11.2 Safety and reliability analysis

The manufacturer shall demonstrate that the necessary protection measures in relation to risks that are not eliminated have been taken by performing a safety and reliability analysis which is intended to identify failures that have significant consequences affecting the system performance and/or safety.

The safety and reliability analysis shall be performed in accordance with IEC 60812, IEC 61025 or equivalent.

4.12 Safety control circuits

Automatic electrical and electronic controls shall be designed and constructed so that they are safe and reliable in conformance to IEC 60730-1, IEC 61508-1 or IEC 61511-1, as appropriate.

Manual controls shall be clearly marked and designed to prevent inadvertent adjustment and activation.

Protective devices, such as relays, switches and transformers, that meet the requirements of the relevant product standards shall be exempt from this component failure analysis. For example, automatic electrical burner control systems shall comply with IEC 60730-2-5.

The design of a safety-control circuit shall be such that electrical failure of an individual functional part will either

- 1) interrupt the intended function under its control, or
- 2) allow completion of an operational cycle, but will fail to start again or will lock out on the subsequent cycle.

4.13 Protection against oxygen depletion

Portable fuel cell power systems shall avoid the oxygen depletion below a concentration of 18 vol % to ensure compliance with health and safety limits for the user.

The manufacturer of the portable fuel cell power system shall implement technical measures and/or define safe modes of operation for the user to avoid oxygen depletion.

Secure methods of operation can be indicated on a warning label/display and can also refer to dedicated areas in the user manual. Operational methods/warnings include messages such as:

- Limitation/definition of room volume and/or indoor operation duration
- Provide sufficient air supply when operated indoors
- For outdoor use only

Detailed instructions in the operational manual shall be referred to in the warning message.

Portable fuel cell power systems that are intended to use indoors shall comply with 7.21.

Compliance with 7.21 is not required for portable fuel cell power systems that are intended to be used outdoors only.

4.14 Emission of effluents

Emissions of effluents need to be limited in order to protect the users from hazards and to comply with regional or national air quality and emission standards. Hazards could result from excessive concentration of harmful or toxic effluents in the ambient air, especially but not exclusively from systems dedicated for indoor or outdoor use.

The manufacturer of the portable fuel cell power system shall implement technical measures and/or define safe modes of operation for the user to avoid excessive concentration of emission of restricted effluents. Concentration limits for various potential effluents based on the short-term exposure limit (STEL) are given in Table 1.

Secure methods of operation can be indicated on a warning label/display and can also refer to dedicated areas in the user manual. Operational methods/warnings include messages such as:

- Limitation/definition of room volume and/or indoor operation duration
- Provide sufficient air supply when operated indoors
- For outdoor use only

Detailed instructions in the operational manual shall be referred to in the warning message.

Portable fuel cell power systems that are intended to be used indoors – that are not marked with **“FOR OUTDOOR USE ONLY”** – shall comply with 7.22.2 and 7.22.3.

Portable fuel cell power systems that are intended to be used outdoors and that are marked **“FOR OUTDOOR USE ONLY”** shall comply with 7.22.2 at the exhaust. No other emission testing is required for portable fuel cell power systems that are intended to be used outdoors and are marked **“FOR OUTDOOR USE ONLY”**.

4.15 Fuel supply

Where necessary, means shall be provided to allow for a ground connection during refueling. The replenishment port on non-standard fuel tanks shall be incompatible with standard fuel storage connections.

Fuel storage systems using hydrogen stored in metal hydrides shall comply with ISO 16111.

Where the fuel supply is resident within the portable fuel cell power system, in either an integral, or removable and refillable container assembly (pressurized or non-pressurized), the fuel container shall meet applicable national regulatory requirements.

Means shall be provided to secure fuel containers from becoming dislodged while in use or stored on the portable fuel cell power system. Lateral movement shall not exceed an amount that results in a hazardous condition. Compliance is checked by 7.27. Any integral compressed gas fuel container shall include a connection fixture that will not allow the flow of gas until a positive gas seal has been achieved. The fuel connection device connecting the fuel supply and the system shall be suitable for its application.

4.16 Fuel processing systems (if applicable)

Fuel processing systems and fuel processing components shall be able to withstand stress due to shock, vibration and temperatures anticipated during normal usage. See Annex B for guidance.

4.17 Enclosures

4.17.1 General requirements for all enclosures

Enclosures for electrical equipment shall be formed and assembled so that they will have the strength and rigidity necessary to resist the abuse to which they may be subjected, without increasing their fire and accident hazards due to partial collapse and without reduction of spacing, loosening or displacement of parts or other serious defects.

For applications where the equipment may be exposed to moisture, dust, or other injurious materials in normal operation, the protection afforded to the enclosed components shall be compliant with the applicable ingress protection "IP" rating in accordance with IEC 60529.

Enclosures shall be sufficiently complete to contain or deflect parts that, because of failure or for other reasons, might become loose, separated or thrown from a moving part.

4.17.2 Enclosure requirements for outdoor use

The enclosure shall have a degree of protection at least IPX4D according to IEC 60529.

4.18 Battery supplies

4.18.1 General requirements for batteries

A battery shall be so located and mounted that the terminals of cells will be prevented from coming in contact with the terminals of adjacent cells, or with the metal parts of the battery compartment, as a result of shifting of the battery.

If transformer isolation is not provided between the AC input circuit of the portable fuel cell power system and the battery circuit, the battery terminals shall be guarded to reduce the likelihood of unintentional contact with the battery terminals.

A battery that requires the addition of water shall have a means to determine the fluid level. Batteries shall be protected from overcharging, reverse charging and rapid discharging in accordance with IEC 60950-1:2005, 4.3.8.

Primary lithium batteries shall comply with IEC 60086-4. Secondary lithium batteries shall comply with IEC 62133 (all parts).

4.18.2 Battery compartments

Battery compartments shall be suitable for the service and resistant to potential leakage.

A polymeric enclosure or compartment housing a wet cell battery, such as a lead-acid storage battery, shall be resistant to corrosion by acids or alkalis, as applicable.

The enclosure or compartment housing a wet cell battery, such as a lead-acid storage battery, shall be constructed so that spillage or leakage of the electrolyte from the volume of one battery container will be contained within the enclosure and prevented from

- 1) reaching the outer surfaces of the portable fuel cell power system where contact with the user is possible,
- 2) contaminating adjacent electrical components or materials,
- 3) bridging required electrical spacing.

A metal case or container of a battery, such as an alkaline battery, shall be insulated or spaced away so as not to contact uninsulated live parts of the portable fuel cell power system if such contact may result in a short-circuit.

An enclosure or compartment housing batteries having metal containers or cases that are conductively connected to a battery electrode shall be such that the batteries are insulated or spaced from each other, or otherwise physically arranged, to prevent short-circuiting of part or all of the battery supply after installation in the portable fuel cell power system.

4.18.3 Vented wet cell batteries

Vented wet cell batteries may be integral with the portable fuel cell power system, provided all of the following conditions are met:

- a) the enclosure or compartment housing the batteries is vented;
- b) arcing parts such as the contacts of switches, circuit-breakers and relays are not located in the battery compartment;
- c) the battery compartment does not vent into compartments with enclosed spaces that contain arcing parts;
- d) where a hazard may be present through system orientation or positioning, instructions shall be provided and the portable fuel cell power system shall be marked.

NOTE The requirements of 4.18.3 do not apply to sealed cell or valve regulated batteries.

4.18.4 Ventilation of battery compartments

If vented wet cell batteries are housed in an enclosure or compartment, the minimum ventilation rates shall comply with the requirements of Annex A.

4.19 Pressure vessels and piping

4.19.1 General requirements for pressure vessels and piping

The design and construction of both rigid and flexible components carrying fluids under high pressure, and fittings, shall be designed, constructed and tested in accordance with the appropriate national requirements as outlined in ISO 16528 (all parts).

Fuel storage systems using hydrogen stored in metal hydrides shall comply with ISO 16111.

Where piping systems are designed for internal pressures over 100 kPa, they shall be designed, constructed, and tested in accordance with ISO 15649.

Piping designed for operation below 100 kPa, or piping that the applicable regional or national pressure equipment codes and standards do not consider to be pressure piping (such as low-pressure water hoses, plastic tubing or other connections to atmospheric or low-pressure tanks and similar containers) shall be constructed of suitable materials and fittings, and designed and constructed with adequate strength and leakage resistance to prevent unintended releases.

For materials (piping, accessories, joints or vessels) that will be in direct contact with hydrogen, refer to ISO 16110-1:2007, Annex B, as a source of information to prevent problems of incompatibility.

4.19.2 Piping systems

All piping materials, thread compounds and thread tapes shall not be degraded through interaction with the system constituents. Unions, when used in gas lines, shall be appropriately constructed and if a packing is used it shall be resistant to the action of the gases.

For liquid fuel piping, a filter shall be provided upstream of the fuel controls.

Special consideration shall be given to the following aspects:

- a) overstressing from inadmissible free movement or excessive stresses and strains being produced, for example, on flanges, connections, bellows or hoses; overstressing can be avoided by means such as support, constraint, anchoring, alignment and pre-tension;
- b) rupture events (sudden movement, high-pressure jets, etc.);
- c) condensation during start-up and/or use occurring inside enclosures for gaseous fluids which could cause damage from water hammer, vacuum collapse, corrosion and uncontrolled chemical reactions; in such a case means shall be provided for drainage and removal of deposits from low areas and for access during cleaning, inspection and maintenance;
- d) where explosive, flammable, or toxic fluids are contained in the piping, appropriate precautions shall be taken in the design and marking of sampling and take-off points;
- e) the piping for explosive, flammable or toxic fluids shall be suitable for their purpose.

4.20 Hoses

Hoses used for liquid fuels shall be suitable for the application. Compatibility includes absence of corrosion of the hose material and no breakdown of physical properties in use.

Hoses used for liquid fuels shall be used within their maximum allowable working pressures and temperatures for all conditions of normal, abnormal, emergency and faulted operating and shutdown conditions of the portable fuel cell power system.

4.21 Automatic shut-off valves

Flammable gas supplied to the portable fuel cell power systems shall pass through at least two automatic shut-off valves, in series, each of which serves as an operating valve and a safety shut-off valve. Additionally:

- a) electrically-operated safety shut-off valves shall be of a type that will close upon current failure;
- b) the valve closing time of safety shut-off valves shall not exceed 1 s;
- c) automatic valves shall comply with IEC 60730-2-17;
- d) placement of the two valves can be either in the fuel line feeding the fuel power system or, for a fuel cell power system relaying on water reactive technology, one valve placed in the water reactant line and the other valve placed in the fuel line.

4.22 Regulators

The gas pressure regulator shall be equipped with a vent limiter or a vent line.

4.23 Process control equipment

Process control equipment and monitoring devices, such as sensors, indicators and transmitters, shall comply with the applicable parts of the IEC 60079 series such as IEC 60079-29 (all parts), and the applicable parts of the IEC 60730 series such as IEC 60730-1 or other nationally recognized standards as appropriate for the application.

4.24 Filters

4.24.1 Air filters

Air filters shall be of a type suitable for the application and shall be reasonably accessible for inspection and replacement. The air velocity through a filter shall not exceed the filter manufacturer's recommended air velocity.

4.24.2 Liquid fuel filters

Liquid fuel filters shall be designed by the manufacturer as a pressure part, suitable for the maximum working pressure of the adjacent fuel system.

Liquid fuel filters and their filter media shall be compatible with the fuel used.

4.25 Motors

Electric motors shall be designed for continuous duty and shall be provided with overload protection in accordance with the applicable clauses/subclauses of the relevant parts of the IEC 60034 series.

4.26 Fuel pumps

Fuel pumps shall be designed for the specific fuel and for the pressures and temperatures to which it may be subjected under normal operating conditions. Fuel pumps shall be provided with the following:

- a) pressure relief devices that limit both inlet and outlet piping pressure to less than the design pressure of the piping; if the shut-off head is less than the pressure rating of the piping, relief valves are not required; relief valve discharge shall be recycled to the fuel tank or routed to a safe place;
- b) an automatic shutdown on high discharge pressure;
- c) suction and discharge lines shall be adequately protected from damage due to vibration;
- d) shaft seals compatible with the fluids, temperatures and pressures expected in normal and abnormal operation and during normal and emergency shutdowns;
- e) motors, bearings and seals suitable for the expected duty cycles.

5 Instructions

5.1 Operation and maintenance manual

Instructions to be referred to as the operation and maintenance manual shall be provided with the portable fuel cell power system. Instructions related to product safety shall be provided in printed form. This manual shall contain clearly defined, legible and complete instructions for at least the following:

- a) directions that the area surrounding the portable fuel cell power system shall be kept clear and free of combustible materials, gasoline and other flammable vapours and liquids;
- b) where requiring air for combustion or ventilation, instructions to provide adequate ventilation either from outside air or adjacent spaces, not to block or obstruct air openings on the portable fuel cell power system, air openings communicating with the area in which the portable fuel cell power system is installed, and the required spacings around the portable fuel cell power system that provide clearances to secure and discharge required air;
- c) instructions for electrical connections (grounding, if applicable) and starting and shutting down the portable fuel cell power system; these instructions shall illustrate and locate all components;
- d) the following statement: "Do not use this portable fuel cell power system if any part has been immersed or flooded with water. Immediately call the manufacturer or manufacturer's representative to inspect the portable fuel cell power system and to replace any functional part that has been affected";
- e) specifications for the frequency of filter change or cleaning and the dimensional size and type of filter for replacements; these instructions shall contain directions for removal and replacement of filters and pictorially illustrate and locate all components supplied by the manufacturer referred to in the instructions for removal and replacement of filters;
- f) recommended methods for periodic cleaning of necessary parts;

- g) when a means to neutralize condensate is provided, instructions and a schedule for maintenance, if required;
- h) instructions for lubrication of moving parts, including type, grade and amount of lubricant;
- i) instructions for examining the portable fuel cell power system installation to determine that
 - 1) any intake or exhaust openings are clear and free of obstructions,
 - 2) there are no obvious signs of deterioration of the portable fuel cell power system;
- j) a list of replacement parts and the source where such parts are available;
- k) the necessity and minimum frequency for examinations and periodic inspection of the portable fuel cell power system by the user and by qualified service personnel, if required;
- l) where a hazard may be present through system orientation or positioning, instructions shall be provided and the portable fuel cell power system shall be so marked;
- m) documentation of all hazardous chemicals contained within the portable fuel cell power system with a description of the hazard and instructions for remedial action should the user or service personnel be contaminated;
- n) an enumeration of all regular and routine maintenance items to be performed on the equipment;
- o) manufacturer's or distributor's name, address, and telephone number;
- p) the following statement for portable fuel cell power systems intended only for indoor use:

CAUTION: FOR INDOOR USE ONLY

- q) the following statement for portable fuel cell power systems intended only for outdoor use:

**WARNING: FOR OUTDOOR USE ONLY. RISK OF ASPHYXIATION
OR CARBON MONOXIDE POISONING. DO NOT OPERATE INDOORS**

- r) the following statement for portable fuel cell power systems intended for indoor use and equipped with the operational mode, including automatic shutdown after a predetermined time:

WARNING: DO NOT RESTART BEFORE SUFFICIENT VENTILATION

- s) proper earthing connections, if applicable;
- t) the composition limits and supply characteristics of the fuels to be used in the fuel cell power system;
- u) proper refuelling and if applicable, disposal of depleted fuel containers;
- v) periodic inspection of refuelling connections;
- w) the altitude above sea level up to which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- x) the range of air temperatures within which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- y) the range of temperatures within which the fuel cell power system shall be stored;
- z) for outdoor portable fuel cell power systems, the considered environment for the design of the fuel cell power system where it may be used including wind speed, rain intensity and direction, airborne particles, airborne dust (protective index), and air quality (pollution component);
- aa) the acceptable tilt limits for its use;
- bb) if specific instructions are necessary to avoid the risk of explosion, they shall be included in the operation and maintenance manual.

5.2 User's information manual

5.2.1 User's information manual general requirements

A user's information manual shall be provided for a portable fuel cell power system. The manual shall be provided in the official language of the countries of expected use.

The user's information manuals shall be formatted to provide easy-to-follow procedures. Instructions related to product safety and operational/environmental conditions shall be provided in printed form. Illustrations should be used to identify portable fuel cell power system components, dimensions and clearances, assembled component, and connection points as needed to make the instructions clear. Illustrations should also be used to identify the location of user serviceable components and illustrate correct methods for performing service procedures.

When text is shown in quotation marks, it shall appear in the user's information manual exactly as shown.

Each user's information manual should be divided into appropriate chapters or sections, and should include a table of contents and clearly marked page numbers.

The user's information manual shall contain the safety information given below.

5.2.2 User's information manual front cover

The front cover shall present the user(s) with only the most important safety instructions. The front cover or, in the absence of a cover, the first page of the manual shall bear the applicable safety labelling in accordance with ISO 7010.

The boxed warning shall contain the following additional statement when the portable fuel cell power system is intended only for indoor use:

FOR INDOOR USE ONLY

The boxed warning shall contain the following additional statement when the portable fuel cell power system is intended only for outdoor use:

WARNING: FOR OUTDOOR USE ONLY. RISK OF ASPHYXIATION OR CARBON MONOXIDE POISONING. DO NOT OPERATE INDOORS

The boxed warning shall contain the following statement for portable fuel cell power systems intended for indoor use and equipped with the operational mode, including automatic shutdown after a predetermined time:

WARNING: DO NOT RESTART BEFORE SUFFICIENT VENTILATION

The front cover shall include a statement informing users that they need to read all instructions in the manual, and shall keep all manuals for future reference.

5.2.3 Users information manual safety section

A safety section shall be included near the front of the manual to provide portable fuel cell power system users with a listing of potential hazards and safety-related instructions for a particular portable fuel cell power system. Statements along the following lines shall be included in the safety section with references to specific clauses or pages of the manual for more information:

- a) directions that the area surrounding the portable fuel cell power system needs to be kept clean and free of gasoline and other flammable vapours and liquids;

- b) where requiring air for cooling or ventilation, instructions not to block or obstruct air openings on the portable fuel cell power system, air openings communicating with the area in which the portable fuel cell power system is being used, and the required spacings around the portable fuel cell power system that provide clearances for the intake and discharge of the required air;
- c) instructions for starting and shutting down the portable fuel cell power system; these instructions shall pictorially illustrate and locate all user interface components;
- d) portable fuel cell power systems intended for outdoor use only shall include instructions stating:

**WARNING: FOR OUTDOOR USE ONLY. RISK OF ASPHYXIATION
OR CARBON MONOXIDE POISONING. DO NOT OPERATE INDOORS**

- e) the following statement: "Do not use this portable fuel cell power system if any part has been under water. A flood-damaged portable fuel cell power system is extremely dangerous. Attempts to use the portable fuel cell power system can result in fire or explosion. The manufacturer or manufacturer's representative should be contacted to inspect the portable fuel cell power system and to replace all fuel controls, control system parts, electrical parts that have been wet.";
- f) specifications for the frequency of filter change or cleaning and the dimensional size and type of filter for replacements; these instructions shall contain directions for removal and replacement of filters and pictorially illustrate and locate all components supplied by the manufacturer referred to in the instructions for the removal and replacement of filters;
- g) where a hazard may be present through system orientation or positioning, warnings shall be provided and the portable fuel cell power system shall be so marked;
- h) documentation of all hazardous chemicals contained within the portable fuel cell power system with a description of the hazard and instructions for remedial action should the user or service personnel be contaminated;
- i) recommended methods for periodic cleaning of necessary parts;
- j) instructions for examining the portable fuel cell power system to determine that
 - 1) any intake or exhaust openings are clear and free of obstructions,
 - 2) there are no obvious signs of deterioration of the portable fuel cell power system;
- k) instructions for safe refuelling of the portable fuel cell power system;
- l) instructions for safe disposal of waste products, if applicable;
- m) if specific instructions are necessary to avoid the risk of explosion, they shall be included in the user's information manual.

6 Labelling

6.1 General labelling requirements

All marking materials shall be suitable for application to surfaces upon which they are applied. Each portable fuel cell power system shall carry an indelible data plate which is visible during operation.

6.2 Marking

The equipment shall be plainly marked, in a permanent manner, in a place where the details will be readily visible after installation, with the following:

- a) manufacturer's or distributor's name and location, trademark, trade name or other recognized symbol of identification;
- b) catalogue, style, model or other type designation;
- c) rated input voltage(s), if applicable;

- d) an indication whether the equipment is rated for AC or DC, or both, and, when necessary, the input and output frequency;
- e) number of phases, except for equipment obviously intended for single-phase use only;
- f) rated output voltage;
- g) output in amperes, volt-amperes or watts;
- h) the month and year of manufacture (date coding, serial numbers or the equivalent may be used);
- i) range of ambient temperatures (minimum and maximum) within which the portable fuel cell power system is intended to operate;
- j) type and quality of fuel;
- k) fuel supply pressures (minimum and maximum) to the portable fuel cell power system;
- l) proper orientation, if applicable;
- m) the polarity of the output leads shall be plainly marked unless the portable fuel cell power system is provided with a polarized termination;
- n) the required voltage and current rating of customer replaceable fuses and other fuses that provide current limitation for compliance with this document, shall be marked in the vicinity of the fuse;
- o) portable fuel cell power systems intended for outdoor use shall be marked

**WARNING: FOR OUTDOOR USE ONLY. RISK OF ASPHYXIATION
OR CARBON MONOXIDE POISONING. DO NOT OPERATE INDOORS**

- p) portable fuel cell power systems intended for indoor use shall be marked

WARNING: FOR INDOOR USE ONLY. DO NOT OPERATE OUTDOORS

- q) portable fuel cell power systems intended for indoor and outdoor use shall be marked

FOR INDOOR OR OUTDOOR USE

- r) portable fuel cell power systems that are intended for indoor use and equipped with the operational mode, including automatic shutdown after a predetermined time shall be marked:

WARNING: DO NOT RESTART BEFORE SUFFICIENT VENTILATION

6.3 Warnings

Warning signs shall be appropriately placed to identify electrical hazards, contents from drain valves, hot components and mechanical hazards. Preference shall be given to the use of standard symbols given in applicable parts of the ISO 3864 series.

Control devices, visual indicators and displays (particularly those related to safety) used in the man-machine interface shall be clearly marked with regard to their functions either on or adjacent to the item. Preference shall be given to the use of standard symbols given in applicable parts of the ISO 3864 series and ISO 7000.

7 Type tests

7.1 General requirements for type tests

All measurements shall be carried out at rated power, voltage, current and frequency. Multi-voltage portable fuel cell power systems shall be tested at the voltage(s) that produce the highest temperatures. Except where otherwise stated in the particular clauses, measurements

shall be carried out with the maximum uncertainties indicated in Annex C. A manufacturer shall specify fuel quality requirements for testing.

7.2 Tests sequence

For liquid fueled systems, the same sample shall be used for 7.3, 7.11, 7.17, 7.18, and then that same sample shall be tested for emissions in accordance with 7.22 and its applicable subclauses. If a sample does not operate after a test, another sample may be exposed to a cumulative operating period in accordance with 7.3 and used for the subsequent tests.

For gaseous fueled systems, the same sample shall be used for 7.4, 7.11, 7.17, 7.18 and then that same sample shall be tested for emissions in accordance with 7.22 and its applicable subclauses. If a sample does not operate after a test, another sample may be exposed to a cumulative operating period in accordance with 7.4 and used for the subsequent tests.

7.3 Leakage test for liquid fueled systems

7.3.1 General requirements for leakage tests for liquid fueled systems

The procedures of 7.3 shall be performed, when applicable, following purging as required in 4.5.5.

The system shall comply with 7.3.2 following exposure to a cumulative operating period within the maximum operating temperature range for the lesser of 720 h, or 10 % of the system operating design life.

7.3.2 Method of test

Liquid fueled systems shall be tested with their proper fuel for final leak testing as specified by the manufacturer.

Prior to the performance of the test, it shall be established which liquid carrying parts, through interconnection, are subject to the same internal pressure during normal operation. These parts shall comprise an individual test section which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the power system by any convenient means.

A suitable pressurizing system, capable of safely providing fuel at 1,5 times the maximum operating pressure of the system, shall be connected to the test section. This test shall be conducted at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

The test section shall be isolated by any convenient means. System isolation leakage during the test shall be eliminated. High point vents shall be provided, where practical, for the purpose of venting any air, vapour or gas in the test section. If high point vents are not practical, the test section may be evacuated using suitable vacuum pumps so that the total gas volume of the system is less than 0,001 l prior to the introduction of the test fluid.

Any functional part(s) shall be made to assume the open position so the required test pressure is exerted on all parts of the test section. Pressure relief devices capable of interrupting the test shall be defeated for the purpose of this test.

The test fluid shall be introduced gradually into the test section. The test section shall be gradually pressurized using the pressurizing system, while venting any air or gas or vapour present from all high points of the test section, unless the pre-test vacuum option is used.

The test section shall be pressurized and held at 1,5 times its maximum operating pressure after filling is complete for at least 1 h while inspecting all external surfaces of the system for any sign of liquid leakage. All external surfaces of the parts that convey liquid fuels shall be made visible in order to check for leakage, or provisions shall be made to capture and route leakage down-slope to a suitable tell-tale.

No visible leakage is allowed.

7.4 Flammable fuel gas concentration test

7.4.1 General requirements for flammable gas concentration testing

This test shall determine the maximum flammable fuel concentration within the portable fuel cell power system enclosure under normal operation. The system shall comply with 7.4.2 below following exposure to a cumulative operating period within the maximum operating temperature range for the lesser of 720 h, or 10 % of the system operating design life.

7.4.2 Method of test

The portable fuel cell power system shall be operated within its nominal temperature range until thermal equilibrium conditions are achieved. The testing shall be carried out at the barometric pressure at the testing station and in an area, free from appreciable draughts.

Measurements shall be made at multiple locations within the enclosure at a sufficient distance from the purge or points of release so that the flammable concentration measured is that of the compartment rather than the source.

The test shall be conducted for at least four measurements. The time interval between measurements shall be not less than 5 min. The test shall be continued until the final measured value is less than or equal to the mean of the four previous measurement values.

At the conclusion of the test, the highest measured value shall be compared to the lower flammability limit of the fuel being measured. The test is satisfactory if the highest concentration of flammable gas measured during the test is less than 25 % of the lower flammability limit.

7.5 Surface temperature test

The test method for determining maximum surface temperatures shall be in accordance with IEC 60335-1:2010 and IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Clause 11. Surface temperatures shall be measured to determine compliance with 4.9.2.

7.6 Component temperature test

The method of test for determining component temperatures shall be in accordance with IEC 60335-1:2010 and IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Clause 11. Component temperatures shall be measured to determine compliance with 4.9.3.

When no IEC standard exists for the relevant component, when the component is not marked or is not used in accordance with its marking, it is tested under the conditions occurring in the portable fuel cell power system.

NOTE For automatic controls, the term "marking" includes documentation and declaration as specified in IEC 60730-1:2013 and IEC 60730-1:2013/AMD1:2015, Clause 7.

7.7 Wall, floor and ceiling temperatures test

The portable fuel cell power system shall be placed in direct contact (zero clearance) with a test cavity made of dull black-painted plywood panels, each approximately 20 mm thick. The temperature increase of the surfaces of walls, ceiling and floor of the test cavity shall be determined by means of fine-wire (diameter not exceeding 0,3 mm) thermocouples, that shall be attached to the back of small blackened disks of copper or brass, approximately 15 mm in diameter and approximately 1 mm thick. The front of the disk shall be flush with the surface of the boards.

As far as possible, the portable fuel cell power system is positioned so that the thermocouples detect the highest temperatures. The fuel cell power system shall be operated at maximum

power output. After equilibrium temperatures have been obtained, the temperature of the test panels shall be measured and checked to determine whether or not the requirements of 4.9.4 are met.

7.8 Dielectric strength test

7.8.1 General requirements for dielectric strength and testing

Adequate dielectric shall be interposed between ungrounded current-carrying parts and those external surfaces that can be contacted. In order to test this requirement, the portable fuel cell power system shall be connected in the manner intended to a supply circuit of rated voltage and frequency and the portable fuel cell power system shall be operated until thermal equilibrium conditions are reached. At the conclusion of the operating period required to achieve thermal stability conditions, the dielectric withstand test outlined below shall be conducted.

If the portable fuel cell power system employs a component, such as a solid-state device that can be damaged by the dielectric potentials specified in this provision, the point of connection of this component to ground shall be disconnected for the purpose of this test so as to eliminate the likelihood of component damage while still retaining representative dielectric stress of the circuit.

The test as specified in 7.8.2 may be performed using a DC test potential, with a value equal to 150 % of the corresponding AC potential.

7.8.2 Test method

The dielectric strength test shall be performed in accordance with IEC 60950-1:2005 and IEC 60950-1:2005/AMD2:2013, 5.2.

7.9 Humidity test

The humidity test is carried out for 48 h in a humidity cabinet containing air with a relative humidity of $(93 \pm 3) \%$. The temperature of the air is maintained within 1 K of any convenient value T between 20 °C and 30 °C. Before being placed in the humidity cabinet, the portable fuel cell power system is brought to a temperature of $T +_0^4$ °C.

NOTE 1 In most cases, the portable fuel cell power system can be brought to the specified temperature by keeping it at this temperature for at least 4 h before the humidity test.

NOTE 2 A relative humidity of $(93 \pm 3) \%$ can be obtained by placing a saturated solution of Na_2SO_4 or KNO_3 in water in the humidity cabinet, the container having a sufficiently large contact surface with the air.

NOTE 3 The specified conditions can be achieved by ensuring a constant circulation of the air within a thermally insulated cabinet.

The portable fuel cell power system shall then withstand the dielectric strength test described in 7.8, in the humidity cabinet or in the room in which the portable fuel cell power system was brought to the specified temperature after reassembly of those parts that may have been removed.

7.10 Leakage current at operating temperature

7.10.1 Leakage current testing requirement and duration

The following test shall be performed on systems with a connection to the mains supply, or an AC output. The portable fuel cell power system shall be operated for the duration necessary to achieve thermal equilibrium conditions.

7.10.2 Test method

The leakage current of the portable fuel cell power system shall be determined in accordance with IEC 60950-1:2005, 5.1.

7.11 Abnormal operation testing

7.11.1 Abnormal operation testing – General requirements

A portable fuel cell power system shall not become a shock hazard or a fire hazard because of electrical failure when operated under each of the following abnormal operation test conditions:

- a) 7 h³⁾ with the output of the portable fuel cell power system short-circuited;
- b) 7 h³⁾ with the rotor of each blower motor locked, one at a time⁴⁾, with the portable fuel cell power system delivering rated load, when forced ventilation is provided within the portable fuel cell power system;
- c) 7 h³⁾ with the polarity of the batteries reversed when the battery connector is not polarized or the batteries are user replaceable;
- d) 7 h³⁾ at maximum available power output, unless a fuse opens;
- e) 1 h at 135 % of the ampere rating of the fuse with:
 - 1) the fuse bypassed or
 - 2) replacement to the fuse having a higher capacity rating (whichever test method is safer for the test technician) if a fuse opens during the test specified in condition d).

7.11.2 Abnormal operation tests – Outcomes and further testing requirements

If a protective device opens the circuit during tests a) to d) in 7.11.1, the test shall be:

- 1) terminated, if a non-resettable, non-automatic protector ("one shot") functions;
- 2) continued for 7 h if an automatic-reset protector functions;
- 3) continued for 10 cycles using the minimum resetting time (but not faster than 10 operations per minute), if a manual-reset protective device other than a moulded case circuit breaker functions; or
- 4) continued for three cycles if the manual-reset protective device is a moulded case circuit breaker complying with IEC 60934.

If the opening of a component other than a protective device, or the short-circuiting of a component terminates the abnormal operation test, an attempt shall be made to restart the portable fuel cell power system in order to continue the test.

7.11.3 Abnormal operation test methods

The following test procedure shall be used to determine compliance:

- a) only one fault at a time shall be introduced;

EXAMPLE: Short-circuits and open circuits of transistors, diodes and capacitors (particularly electrolytic capacitors), faults causing continuous dissipation in resistors designed for intermittent dissipation and internal faults in integrated circuits causing excessive dissipation.

- b) the equipment shall be set up as for the normal temperature test except that
 - the enclosure shall be connected to ground through a 3 A fuse, and

3) If a product feature precludes a system from operating for as much as 7 h, that feature, for example fuel supply, can be considered as a time limit for the test duration. Operation is carried out without regard to temperatures attained on any part of the portable fuel cell power system.

4) At the discretion of the manufacturer, all fan motors of a portable fuel cell power system having more than one fan motor can be locked simultaneously.

- the supply circuit shall be fused at not less than 400 % of the ampacity of the supply circuit conductors, unless otherwise specified by the manufacturer;
- c) the test shall be continued as long as necessary to establish steady-state conditions, or up to the point of interruption of the circuit due to failure of the component or to other consequences of the simulated fault condition, whichever is the shorter.

The portable fuel cell power system shall be considered to comply with the requirements listed below:

- 1) there is no opening of ground fault protective means;
- 2) there is no emission of flames or molten metal from the overall enclosure;
- 3) there are no resultant openings in the overall enclosure that would expose live or current-carrying parts; and
- 4) there is no breakdown when the dielectric strength test of 7.8 is applied as soon as practical after the test.

7.12 Strain relief test

The strain relief means required by 4.7.9 shall be subjected to a steady pull of 156 N and a push of 45 N, each applied for 1 min. There shall be no evidence of any stress being imposed on the wiring terminals, splices, or internal wiring.

7.13 Insulating material test

When required by 4.6.2.3, insulating material in contact with bare live parts shall withstand the application of an AC voltage of 3 000 V for 1 min when placed between two 6,35 mm diameter probes after being conditioned for 96 h in air having a relative humidity of $(90 \pm 5) \%$ and a temperature of $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

7.14 Earthing test

Compliance shall be demonstrated through testing in accordance with IEC 60950-1:2005 and IEC 60950-1:2005/AMD2:2013, 2.6.3.

7.15 Tank pressure test

All fuel tanks and reservoirs shall withstand a hydrostatic pressure test at an internal gauge pressure of 95 kPa plus normal working pressure at 22 °C or 1,5 times the design pressure of the tank at 55 °C whichever is greater, unless they are pressure vessels, in which case they shall comply with 4.19.

A test section shall be filled with a liquid medium and connected to a suitable hydraulic system, including a pressure-measuring device, capable of sustaining the required test pressure. Care should be taken to liberate any air from the test section. A suitable pressurizing system, capable of supplying the liquid medium at the required test pressure, and a suitable pressure-measuring device, capable of indicating the required test pressure, shall be connected to the inlet of a test section. The pressure-measuring device shall be located between the pressurizing system and the test section to be pressurized. The outlet of the test section shall be sealed by any convenient means.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure is attained in approximately 1 min. This pressure shall be maintained for 1 min during which time no rupture, fracture, deformation or other physical damage shall occur.

7.16 Stability

Compliance with 4.3 is demonstrated in the following tests, where relevant. Each test is carried out separately. The tests shall be performed under the most disadvantageous configuration including fuel and spare container capacity and orientation. All castors and jacks, if used in normal operation, are placed in their most unfavourable position with wheels and the like locked or blocked.

The following tests and requirements shall be met:

- a) A portable fuel cell power system shall not overbalance when tilted to an angle of 15° from its normal upright position. Doors, drawers, etc. are closed during this test.

A portable fuel cell power system having a mass of 25 kg or more shall not tip over when a force F_{st} (calculated as $F_{st} [N] = 0,2 \times \text{mass [kg]} \times 9,81 [m/s^2]$), but not more than 250 N, is applied in any direction except upwards, at a height not exceeding 2 m from the floor. Doors, drawers, etc. which may be moved for servicing shall be placed in their most unfavourable position consistent with the user instructions.

- b) A portable fuel cell power system shall not overbalance when a constant downward force of 800 N is applied at the point of maximum moment to any horizontal surface of at least 12,5 cm by at least 20 cm, at a height up to 1 m from the floor. Doors, drawers, etc. are closed during this test. The 800 N force is applied by means of a suitable test tool having a flat surface of approximately 12,5 cm by 20 cm. The downward force is applied with the complete flat surface of the test tool in contact with the portable fuel cell power system; the test tool need not be in full contact with uneven surfaces, for example corrugated or curved surfaces.

- c) A portable fuel cell power system shall also have the stability described in a) and b) above when it is operated on a surface that is inclined by as much as 4° from horizontal.

This stability will be judged by putting the operating systems on a rough concrete surface inclined by 4° from horizontal and rotating the supporting surface clockwise in four steps of 90° each (360° total).

After 30 min of no load operation and 30 min of full load operation in each position, the systems shall not move more than 10 mm total.

7.17 Impact test

The portable fuel cell power system shall not have any damage that may affect its mechanical and electrical safety after finishing the test specified below.

The impact shall be applied by spring type impact test equipment in accordance with IEC 60068-2-75. The springs shall be adjusted so that the hammer can give the impact energy of $1,0 J \pm 0,05 J$ to the test objects.

Release mechanism springs shall be adjusted so that sufficient pressure can be generated exactly by holding the release jaws at the engagement position.

The portable fuel cell power system shall be tilted until the release jaws engage the slot of the hammer shaft. The impact shall be given so that the release cone hits the target surface of the test object vertically.

Pressure shall be increased slowly so that the release cone touches the release bar; the movement of the release bar activates the release mechanism and the cone retreats until the hammer can hit the test object.

The test object shall consist of the complete enclosure, supported in its normal position, in non-operating condition. The test object shall be fixed firmly and the impact shall be given three times to each weak portion of the enclosure.

The impact shall also be applied to the protection equipment, handles, levers, knobs or similar components, and signal lamps and their covers. But the signal lamps and their covers, which protrude less than 10 mm or are of an area below 4 cm² will be exempt from the tests. The lamps and their covers will be subject to the tests only when these are liable to be damaged.

Compliance with 7.17 shall be demonstrated by successfully meeting the requirements of 7.8 and 4.6.2.3.

Perform emission testing as required by 7.22 if the system is still capable of operation.

7.18 Free drop test

The portable fuel cell power system shall not sustain any damage which may affect the mechanical and electrical safety following the test specified below.

Compliance with 7.18 shall then be demonstrated by successfully meeting the requirements of 7.8 and 4.6.2.3.

The portable fuel cell power system shall be equipped with all associated attachments that are likely to be installed.

The heights for the drop test shall be as follows.

- a) A portable fuel cell power system having a mass of 5 kg or less shall be dropped from its most critical angle three times on a concrete surface from a height of 1 m.
- b) A portable fuel cell power system having a mass greater than 5 kg but not exceeding 15 kg shall be dropped from its most critical angle three times on a concrete surface from a height of 20 cm.
- c) A portable fuel cell power system having a mass greater than 15 kg but not exceeding 150 kg shall be lifted straight up from its normal level upright position and dropped straight down on a concrete surface from a height of 3 cm.

The results of the tests shall be considered acceptable if, following the test:

- 1) an uninsulated live part or a moving part that may involve a risk of injury to persons cannot be contacted by the probe (see Figure 2);
- 2) the sample complies with the test specified in 7.8, with the test potential applied between live parts and accessible non-current-carrying metal parts;
- 3) the portable fuel cell power system meets the requirements of flammable fuel gas concentration testing in accordance with 7.4, or the leakage test for liquid fuelled systems in accordance with 7.3, whichever is applicable;
- 4) the portable fuel cell power system meets the requirements of emission testing in accordance with the applicable portions of 7.22 following testing, if the system is still capable of operation.

Dimensions in millimetres

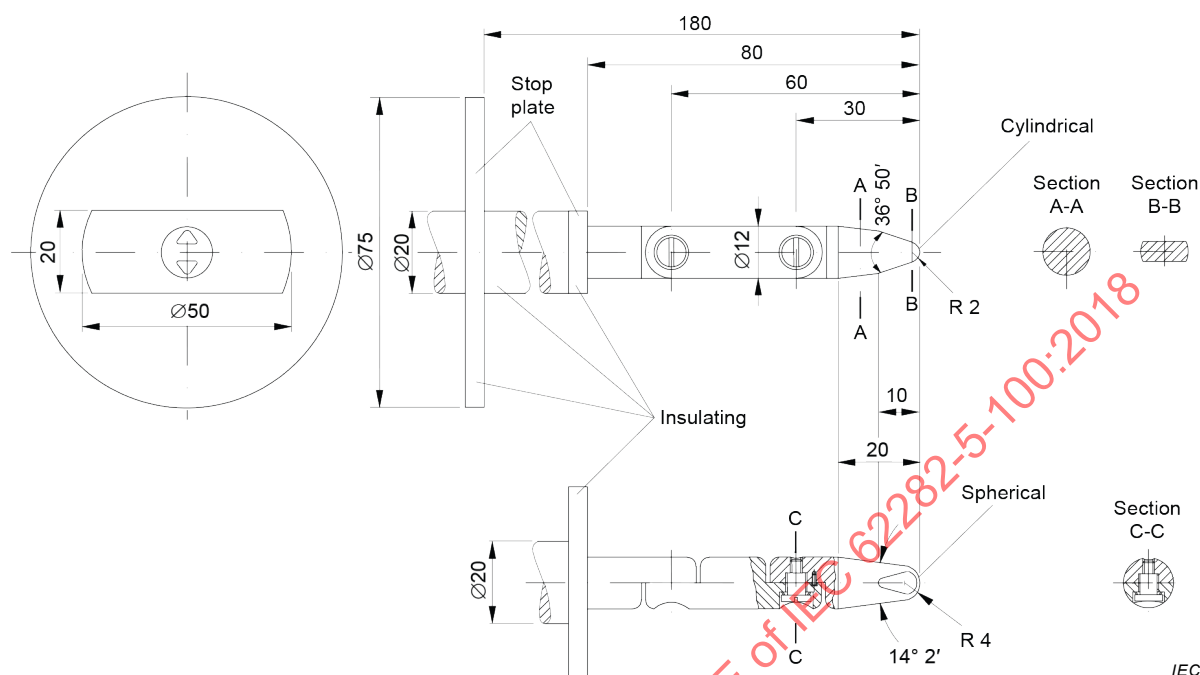


Figure 2 – Articulated probe

7.19 Adhesion and legibility of marking materials

The markings required by this document shall be clearly legible and durable. Compliance is checked by inspection and by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cloth soaked with water, and again for 15 s with a piece of cloth soaked with petroleum spirit.

After all the tests of this document, the marking shall be clearly legible, it shall not be easily possible to remove marking plates and they shall show no curling.

NOTE 1 In considering the durability of the marking, the effect of normal use is taken into account. For example, marking by means of paint or enamel, other than vitreous enamel, on containers that are likely to be cleaned frequently, is not considered to be durable.

NOTE 2 The petroleum spirit used for the test is aliphatic solvent hexane having a maximum aromatics content of 0,1 % by volume, a kauri-butanol value of 29, an initial boiling point of approximately 65 °C, a dry point of approximately 69 °C and a density of approximately 0,66 kg/l.

7.20 Flammable gas accumulation

7.20.1 Flammable gas accumulation test basis and applicability

This test procedure shall verify the functionality of the means provided to prevent accumulation of fuel gas. This test applies to portable fuel cell power systems that can be used indoors. It does not apply to portable fuel cell power systems that are marked **“FOR OUTDOOR USE ONLY”**.

Means shall be provided to prevent accumulation of flammable gas from reaching 25 % of the lower flammability limit at the system ventilation outlet under simulated leakage conditions.

NOTE 1 Some examples of fuel leakage conditions are loose fittings or joints, gasket failure, regulator diaphragm failure, cracked or broken portable fuel cell power system plates, pressure relief valve activation and piping or tubing rupture.

NOTE 2 For the purposes of this document, approved fuel container rupture is not considered.

7.20.2 Test set-up

Unless provided as the primary method of protection for the accumulation of fuel gas leakage, any ancillary safety system capable of interrupting the test such as an oxygen depletion sensor or thermal shut-off shall be bypassed or made inoperable for the duration of the test. The fuel gas concentration shall be verified by an independent fuel gas analyser located at the ventilation outlet.

7.20.3 Test method

Simulated leakage shall be introduced to the portable fuel cell power system by supplying fuel to the air intake(s) of the system, through a sealed conduit. This is to simulate leakage of a fuel-conveying component (i.e. gas train, fuel cell stack) within the portable fuel cell power system.

The portable fuel cell power system shall be operated at idling condition (0 A net). After 1 min of operation, a simulated fuel gas leak of 0,5 standard litres per minute shall be introduced, and the flow rate increased in 0,5 standard litres per minute increments each minute until a safety device activates.

Also, this test shall be repeated with the portable fuel cell power system under normal operating conditions. After 1 min of operation, a simulated fuel gas leak of 0,5 standard litres per minute shall be introduced, and the flow rate increased in 0,5 standard litres per minute increments each minute until a safety device activates.

Under each of these conditions, the portable fuel cell power system shall operate until a safety device activates, prior to reaching 25 % of the lower flammability limit (LFL) at the ventilation outlet.

NOTE For fuel cell power systems that include a flammable gas generator such as water reactive technology, flammable gas that is taken out from the gas generator can be used as "simulated leakage".

7.21 Oxygen depletion test

7.21.1 Oxygen depletion test basis and applicability

The following requirements apply to portable fuel cell power systems that are intended to be used indoors (not marked "**FOR OUTDOOR USE ONLY**").

Technical measures include systems design, safety devices, or control algorithm measures such as:

- a dedicated device for indoor operation such as an indoor air supply system;
- oxygen sensors;
- indoor operational mode, including automatic shutdown after a predetermined time with the need to manually reset and a system warning that sufficient air supply needs to be secured.

This test procedure shall verify the functionality of the means provided to prevent the oxygen concentration in a tight structure from being reduced down to 18 % by operation of the portable fuel cell power system under normal operation and single fault conditions.

7.21.2 Test set-up

The tight structure shall be either close-fitting or sealed construction, with exterior walls covered by a continuous, sealed vapour barrier and gypsum wallboard (drywall) or plywood or similar materials having sealed joints to prevent excessive air infiltration.

Unless provided as the primary method of protection for the depletion of oxygen, any ancillary safety system capable of interrupting the test such as a gas detection sensor or thermal shut-off shall be bypassed or made inoperable for the duration of the test.

The oxygen concentration shall be verified by an independent analyser located within the structure.

7.21.3 Test method

The portable fuel cell power system shall be operated at full rated power.

It shall be confirmed the portable fuel cell system stops by activation of a safety device or predetermined safe mode of the operation, prior to reaching 18 %.

7.22 Emission of effluents tests

7.22.1 Emission of effluents testing sequence

For gaseous fueled systems, the same sample shall be used for 7.4, 7.11, 7.17, 7.18, and then that same sample shall be tested for emissions in accordance with 7.22 and its applicable subclauses. If a sample does not operate after a test, another sample may be exposed to a cumulative operating period in accordance with 7.4 and used for the subsequent tests.

For liquid fueled systems, the same sample shall be used for 7.3, 7.11, 7.17, 7.18, and then that same sample shall be tested for emissions in accordance with 7.22 and its applicable subclauses. If a sample does not operate after a test, another sample may be exposed to a cumulative operating period in accordance with 7.3 and used for the subsequent tests.

7.22.2 Emission of effluents for indoors

The following requirements apply to portable fuel cell power systems that are intended to be used indoors (not marked “**FOR OUTDOOR USE ONLY**”) that may produce carbon monoxide and other emissions.

Portable fuel cell power systems mounted by any means equipped with permanent exhaust to the outdoors are not required to be tested in accordance with 7.22.2.

Technical measures include systems design, safety devices, or control algorithm measures such as:

- use of a fuel or system design or control strategy where emission or critical concentration of hazardous effluents does not occur;
 - dilution of critical effluents emission below the concentration limit;
 - avoidance of critical ambient concentration by using exhaust systems;
 - sensors for the hazardous effluents applicable for the specific system;
 - indoor operational mode, including automatic shutdown after a predetermined time with the need to manually reset and a system warning that sufficient air supply needs to be secured.
- a) Test sample: a portable fuel cell power system fuelled in accordance with the manufacturer's specifications.
 - b) Purpose: under operating conditions (or attempted operating conditions) of a portable fuel cell power system, emissions of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and organic compounds such as methanol, formaldehyde, formic acid and methyl formate, butane, gasoline, diesel, oxides of nitrogen (NO and NO₂) and volatile organic carbon compounds shall be maintained at less than the specified values in Table 1.
 - c) Test apparatus: emission gases might be composed of materials such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and organic compounds such as methanol, formaldehyde, formic acid and methyl formate, butane, gasoline and diesel fumes, oxides of nitrogen (NO and NO₂) and volatile organic carbon compounds which are potentially exhausted from a portable fuel cell power system.

To analyse these organic materials, a gas chromatograph with a flame ionization detector (GC/FID) or with a mass spectrometer (GC/MS) or a high-performance liquid chromatography (HPLC) system shall be used by absorbing emission gas to a sorbent tube fixed to a sampling port of the test chamber or directly to an analyser through the sampling port. However, the use of other instruments is allowed, provided that the performance is equivalent to that of the above-mentioned instruments.

The concentration of CO and CO₂ gas can be measured by a nondispersive infrared absorption analyser. These analytical instruments shall comply with ISO 16000-3, ISO 16000-6 and ISO 16017-1. However, the use of other instruments is allowed, provided that the performance is equivalent to that of the above-mentioned instruments using the above-mentioned standards.

a) Test procedure:

- 1) The test shall be performed with the portable fuel cell power system on ("DEVICE – ON") as follows:

- i) Operate the portable fuel cell power system at rated power inside the test chamber. If the portable fuel cell power system is no longer operational due to a type test, the emission test shall be performed with the portable fuel cell power system fully fuelled and the power switch in the "ON" position.

Gaseous emissions from the portable fuel cell power system shall be sampled at the outlet of the test chamber, at the air sampling port.

- ii) Sample and record the gaseous contents of the test chamber, when the portable fuel cell power system stops.

- iii) Record the concentrations of the chemical compounds of interest. See Table 1.

b) Passing criteria:

- 1) Passing criteria for testing with the device on:

The maximum emission rate for each of the constituents of interest in Table 1 shall be less than the emission rate limit value in Table 1 when tested in accordance with this procedure with the "DEVICE – ON". If the portable fuel cell power system does not operate, or shuts down in a safe manner prior to exceeding a limit, the test is acceptable.

- 2) Passing criteria for testing with the device off:

The maximum emission rate for each of the constituents of interest in Table 1 shall be less than the emission rate limit value in Table 1 when tested in accordance with this procedure with the "DEVICE – OFF".

Table 1 – Emission limits based on STEL

Item	Concentration limit ^c
Water	No limit
Methanol	0,33 g/m ³
Formaldehyde	2,5 mg/m ³ ^a
CO	0,23 g/m ³
CO ₂ limits for portable fuel cell power systems not restricted to use in highly ventilated areas	54 g/m ³
CO ₂ limits for portable fuel cell power systems restricted to use only in HIGHLY VENTILATED AREAS ONLY	54 g/m ³
Formic acid	0,019 g/m ³
Butane ^b	2,37 g/m ³
Volatile organic carbon compounds (based on toluene)	0,75 g/m ³
Gasoline	2,33 g/m ³
Diesel	0,1 g/m ³
NO	0,03 g/m ³
NO ₂	0,009 4 g/m ³
Methyl formate	0,368 g/m ³
^a WHO guidelines limit is 0,000 1 g/m ³ . Background levels are 0,000 03 g/m ³ . The emission limit cannot push the background level above the guidelines limit. ^b The concentration limit is based on the short term exposure limit (STEL) such that the concentration out of the device does not pose a health risk for short term (15 min) exposures. ^c The 0,9 g/h emission rate limit for butane equates to the highest leak rate that will not support a flame.	

7.23 Wind test

7.23.1 Wind test applicability

This test shall be carried out if the portable fuel cell power system is intended for use outdoors and if its emissions can be affected by wind.

7.23.2 Method of test

A wind, produced by a fan/blower of sufficient capacity to develop a draught having a velocity up to and including 16 km/h, shall be directed against an outer surface of the portable fuel cell power system at the point(s) deemed most critical. The fan/blower shall be located so a uniform wind, covering the entire projected area of the outer surface, is directed horizontally toward the portable fuel cell power system at the specified velocity measured in a vertical plane 45,7 cm from the windward surface of the portable fuel cell power system.

The portable fuel cell power system shall be operated outdoors while subjected to the 16 km/h wind as described above. During the operational cycle, a sufficient number of effluent samples shall be secured at the exhaust to allow a determination of compliance with 7.23.2.

Each effluent sample shall be secured at a point of exhaust discharge of the portable fuel cell power system where a uniform sample can be obtained and shall be analysed for the materials in Table 1 that could be produced by the portable fuel cell power system. Gaseous emission concentrations from the portable fuel cell power system shall be sampled at a distance of 0,20 m from the portable fuel cell power system exhaust. The results of the analyses shall be compared to the concentration limits in Table 1. If the measured concentration is less than the concentration limit, the portable fuel cell power system passes the test.

7.24 Strength test

7.24.1 Strength test sequencing and alternative compliance methods

This strength test shall be performed last or, when judged feasible, on parts not used for other performance tests specified herein.

Any part(s) that are pressure-rated at not less than the maximum allowable working pressure of the portable fuel cell power system shall be considered to comply with this strength test.

A fuel cell module shall comply with the allowable working pressure test requirements of IEC 62282-2.

The oxidant and fuel sides of the fuel cell stack may be interconnected and tested simultaneously at the same pressure.

7.24.2 Method of test (liquid)

Prior to performing this test, it shall be established which liquid-conveying parts, through (inter)connection, are subjected to the same internal static pressure during normal operation of the portable fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section, which then shall be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the portable fuel cell power system by any convenient means. Any non-hazardous liquid, such as water, shall be used as the test medium.

A test section shall be filled with the liquid medium and connected to a suitable hydraulic system, including a pressure-measuring device, capable of sustaining the required test pressure. Care should be taken to liberate any air from the test section.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure of not less than 1,5 times the maximum allowable working pressure is attained in approximately 1 min. This pressure then shall be maintained for 30 min during which time no rupture, fracture, deformation or other physical damage shall occur.

7.24.3 Method of test (gas)

Prior to performing this test, it shall be established which gas-conveying parts, through (inter)connection, are subjected to the same internal pressure during normal operation of the portable fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section, which then shall be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the portable fuel cell power system by any convenient means.

A suitable pressurizing system, capable of supplying the gaseous medium at the required test pressure, and a suitable pressure-measuring device, capable of indicating the required test pressure, shall be connected to the inlet of a test section. The pressure-measuring device shall be located between the pressurizing system and the test section to be pressurized. The outlet of the test section shall be sealed by any convenient means.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure of not less than 1,5 times the maximum allowable working pressure is attained in approximately 1 min. This pressure then shall be maintained for 30 min during which time no rupture, fracture, deformation or other physical damage shall occur.

7.24.4 Passing criteria

All parts, including joints and connections that convey a pressurized fluid shall withstand, without rupture, fracture, deformation or other physical damage, an internal static pressure of not less than 1,5 times their maximum allowable working pressure.

7.25 Stress relief test

Enclosures of moulded or formed thermoplastic materials shall be so constructed that any shrinkage or distortion of the material due to release of internal stresses caused by the moulding or forming operation does not result in the exposure of hazardous parts or in the reduction of creepage distances or clearances below the minimum required.

Compliance is checked by the test procedure described below or by the inspection of the construction and the available data where appropriate.

One sample consisting of the complete equipment, or of the complete enclosure together with any supporting framework, is placed in a circulating air oven (according to IEC 60216-4-1) at a temperature of not less than 70 °C, for a period of not less than 7 h, then permitted to cool to room temperature.

For large equipment where it is impractical to condition a complete enclosure, it is permitted to use a portion of the enclosure representative of the complete assembly with regard to thickness and shape, including any mechanical support members.

Relative humidity need not be maintained at a specific value during this test.

7.26 Fuel supply securement test

The fuel container (i.e. fuel cylinder) or any portion thereof shall not become dislodged from its retention means when a lateral force equal to the full weight of the fuel container or cylinder is applied in any direction at the centre of the vertical height of the fuel container or cylinder.

7.27 Shutdown parameters

Compliance with 7.27 shall be established for each anomaly using a simulated test procedure or by using supportive evidence from the manufacturer, either of which verifies that the required action will occur.

Means shall be provided for automatic shutdown of the appropriate system(s) of the portable fuel cell power system for any of the critical anomalies resulting from the reliability analysis described in 4.11.

7.28 Non-metallic tubing conductivity test

7.28.1 Passing criteria

When tested as described in 7.29.2, the measured resistance of the non-metallic tubing shall not exceed 1 MΩ.

7.28.2 Test method

Three samples of the tubing shall be provided with conductive pads at various locations on the samples. The pads are to be located

- a) at points as far away as possible from the points at which the tubing is mounted to grounded metal,
- b) at intermediate points, and
- c) at other points that result in high resistance to ground because of the configuration of the tubing being tested.

The conductive pads are to be metal foil approximately 2 cm², and attached to the samples by a thin film of petrolatum or similar material.

Ground point electrodes are to be provided on the samples at a point or points on the part where it is mounted to grounded metal; for example, the ground point electrode on a non-metallic tubing shall consist of metal fittings installed on the ends of the tubing for connection to grounded parts as noted in 4.2.2.

The resistance shall be measured between the ground point electrodes (i.e. metal tube fittings) and the conductive pads after the samples have been conditioned for at least 48 h at a relative humidity of 50 % $\pm$ 10 %.

The resistance shall be measured with an ohmmeter that has an effective internal resistance of 100 000 Ω $\pm$ 10 000 Ω . The open-circuit potential shall be 1 000 V DC and the short-circuit current shall be 5 mA.

7.29 Non-metallic tubing test for accumulation of static electricity

7.29.1 Passing criteria

No sparks shall be observed when a grounded metal sphere is brought into gradual contact with the non-metallic tubing after it has been electrostatically charged.

7.29.2 Test method

Three samples of the tubing with ground point electrodes as described in 7.29.2 (i.e. metal fittings) shall be conditioned for at least 48 h at a relative humidity of 25 % $\pm$ 10 %.

Immediately after removal from the low-humidity chamber, the samples shall be supported by means of insulators in a room having a relative humidity not more than 35 % and having all sources of light, other than electrical sparks, eliminated. The ground point electrodes shall be grounded. An electrostatic charge shall be sprayed on non-conductive parts of the product using an electrostatic generator limited to 5 000 V.

A 3/8 inch (9,5 mm) diameter grounded metal sphere shall be brought into gradual contact with the sample. If no sparks appear, the sample passes the test.

8 Routine tests

8.1 Routine test requirements

Routine tests shall be performed on all systems produced.

8.2 Liquid leakage test

For liquid fueled systems, the leakage test for liquid fueled systems shall be performed as described under 7.3. However, the fuel cell power system does not have to be conditioned for 720 h, or 10 % of the system operating design.

Alternative method: determining the tightness of liquid conveying parts and components by using a suitable gaseous or liquid fluid to evaluate pressure drop is an equivalent means for checking leakage.

8.3 Gas leakage test

For gaseous fueled systems, the gas leakage test shall be performed as described under 7.4. However, the fuel cell power system does not have to be conditioned for 720 h, or 10 % of the system operating design.

Alternative method: determining the tightness of gas conveying parts and components by using a suitable gaseous or liquid fluid to evaluate pressure drop is an equivalent means for checking leakage.

8.4 Dielectric strength test

This test is required for portable fuel cell power systems with output voltage above 60 V DC or 42,4 V AC peak. The test shall be performed as described under 7.8.

8.5 Routine test records

Routine test records shall be included with each device.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-5-100:2018

Annex A (normative)

Ventilation rates for batteries

A.1 Ventilation rate for valve regulated lead acid batteries

The following equation gives the ventilation rate for valve regulated lead acid batteries:

$$Q = 11 \times I \times n \quad (\text{A.1})$$

where

Q is the air exchange (ventilation) rate in litres per hour;

I is the maximum current (in amperes) delivered by the charging equipment during battery gassing, but not less than 25 % of the maximum rated output current of the charger, in amperes;

n is the number of cells in series;

11 is an air exchange rate required (in litres per hour) per ampere and per cell.

A.2 Ventilation rate for vented wet cell batteries

The following equation gives the ventilation rate for vented wet cell batteries:

$$Q = 110 \times I \times n \quad (\text{A.2})$$

where

Q is the air exchange (ventilation) rate in litres per hour;

I is the maximum current (in amperes) delivered by the charging equipment during battery gassing, but not less than 25 % of the maximum rated output current of the charger in amperes;

n is the number of cells in series;

110 is an air exchange rate required (in litres per hour) per ampere and per cell.

Ventilation for other battery types shall be in accordance with the battery manufacturer's specification.

Annex B (informative)

Shock and vibration limits for high shock environments

NOTE Annex B is not a mandatory part of this document but is written in mandatory language to accommodate its adoption by anyone wishing to do so.

B.1 Field of application

The following limits are suggested for portable fuel cell power systems that are intended for use in high shock environments such as specialty vehicles.

NOTE Portions of Annex B have been reprinted with permission from UL 2267, "Fuel Cell Power Systems for Use in Industrial Trucks".

B.2 Vertical axis test

The following tests shall be performed in the vertical axis with respect to vehicle orientation:

- a) 2 000 sinusoidal cycles at 5 g peak acceleration applied at the vehicle manufacturer's recommended resonant frequency (g: terrestrial acceleration). If the manufacturer's resonant frequency is not available, the test shall be repeated between 10 Hz and 30 Hz in increments of 1 Hz; and
- b) 60 sine sweeps from 10 Hz up to 190 Hz and back to 10 Hz to be conducted at a sweep rate of 1 Hz/s for a total duration of 6 h using the load profile in Table B.1, or as specified by the vehicle manufacturer.

Table B.1 – Vertical axis vibration conditions

Frequency range Hz	Peak acceleration g
10 to 20	3,0
20 to 40	2,0
40 to 90	1,5
90 to 140	1,0
140 to 190	0,75

B.3 Longitudinal and lateral axes tests

The following tests shall be performed in both the longitudinal and lateral axes with respect to vehicle orientation:

- a) 2 000 sinusoidal cycles at 3,5 g peak acceleration applied at the vehicle manufacturer's recommended resonant frequency. If the manufacturer's resonant frequency is not available, the test is to be repeated between 10 Hz and 30 Hz in increments of 1 Hz; and
- b) 60 sine sweeps from 10 Hz up to 190 Hz and back to 10 Hz, to be conducted at a sweep rate of 1 Hz/s for a total duration of 6 h using the load profile in Table B.2, or as specified by the vehicle manufacturer.

Table B.2 – Longitudinal and lateral axes vibration conditions

Frequency range Hz	Peak acceleration g
10 to 15	2,5
15 to 30	1,7
30 to 60	1,25
60 to 110	1,0
110 to 190	0,75

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-5-100:2018

Annex C (normative)

Uncertainty of measurements

Except where otherwise stated in the particular clauses, measurements shall be carried out with the maximum uncertainties, as shown in Table C.1.

Table C.1 – Measurements and their maximum uncertainties

1	Atmospheric pressure	± 5 mbar
2	Combustion chamber and test flue pressure	± 5 % full scale or 0,05 mbar
3	Gas pressure	± 2 % full scale
4	Water-side pressure loss	± 5 %
5	Water rate	± 1 %
6	Gas rate	± 1 %
7	Air rate	± 2 %
8	Time – up to 1 h	$\pm 0,2$ s
	– beyond 1 h	$\pm 0,1$ %
9	Auxiliary electrical energy	± 2 %
10	Temperatures:	
	– ambient	± 1 K
	– water	± 2 K
	– combustion products	± 5 K
	– gas	$\pm 0,5$ K
	– surface	± 5 K
11	CO, CO ₂ and O ₂ for the calculation of flue losses	± 6 % full scale
12	Gas calorific value	± 1 %
13	Gas density	$\pm 0,5$ %
14	Mass	$\pm 0,05$ %
15	Torque	± 10 %
16	Force	± 10 %
17	Current	± 1 %
18	Voltage	± 1 %
19	Electrical power	± 2 %
The full range of the measuring apparatus is chosen to be suitable for maximum anticipated value.		

Bibliography

- [1] IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and protection against electric shock* (available at <http://www.electropedia.org>)
- [2] IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 161: Electromagnetic compatibility* (available at <http://www.electropedia.org>)
- [3] IEC 60050-426, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 426: Equipment for explosive atmospheres* (available at <http://www.electropedia.org>)
- [4] IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*
- [5] IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*
- [6] ISO/IEC 80079-20-1, *Explosive atmospheres – Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data*
- [7] IEC 60079-32 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 32: Electrostatic hazards*
- [8] IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*
- [9] IEC 60730 (all parts), *Automatic electrical controls*
- [10] IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
- [11] IEC 61439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*
- [12] ISO 4080, *Rubber and plastics hoses and hose assemblies – Determination of permeability to gas*
- [13] ISO 15156-1, *Petroleum and natural gas industries – Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production – Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials*
- [14] ISO 16110-1:2007, *Hydrogen generators using fuel processing technologies – Part 1: Safety*
- [15] UL 2267, *Fuel Cell Power Systems for Use in Industrial Trucks*

Additional (non cited) references

- [16] IEC 62282-6-100, *Fuel cell technologies – Part 6-100: Micro fuel cell power systems – Safety*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	64
1 Domaine d'application	66
2 Références normatives	68
3 Termes et définitions	71
4 Exigences relatives à la conception et à la construction.....	77
4.1 Environnement physique et conditions de fonctionnement.....	77
4.1.1 Exigences générales	77
4.1.2 Énergie électrique d'entrée	77
4.1.3 Manutention, transport et stockage	77
4.2 Compatibilité des matériaux.....	77
4.2.1 Exigences générales en matière de compatibilité des matériaux.....	77
4.2.2 Composants polymères et élastomères.....	78
4.2.3 Dispositifs de connexion du combustible.....	78
4.3 Protection contre les dangers mécaniques	78
4.4 Protection contre la toxicité des combustibles et des matières de base combustibles.....	79
4.5 Protection contre les dangers d'explosion	79
4.5.1 Exigences générales en matière de protection contre les dangers d'explosion	79
4.5.2 Atmosphères inflammables à l'intérieur d'un système à pile à combustible portable	79
4.5.3 Fonctionnement normal	79
4.5.4 Fonctionnement anormal	80
4.5.5 Purge	80
4.5.6 Décharge électrostatique.....	80
4.6 Protection contre les chocs électriques	80
4.6.1 Exigences générales en matière de protection contre les chocs électriques.....	80
4.6.2 Protection contre les contacts directs avec les parties actives	81
4.6.3 Protection contre les contacts indirects avec les parties actives	81
4.6.4 Protection par utilisation de la TBTS.....	82
4.7 Choix des composants et des équipements électriques.....	82
4.7.1 Classification des espaces et adaptabilité.....	82
4.7.2 Moments de couple	82
4.7.3 Fusibles.....	82
4.7.4 Décharge capacitive	82
4.7.5 Fixation des parties	83
4.7.6 Parties sous tension	83
4.7.7 Câblage interne	83
4.7.8 Systèmes à piles à combustible portables reliés par un cordon électrique	84
4.7.9 Protection contre la traction	84
4.7.10 Lignes de fuite et distances d'isolement.....	85
4.7.11 Séparation des circuits	85
4.7.12 Protection des socles	85
4.7.13 Mise à la terre et equipotentialité	86
4.8 Protection contre les dangers de feu	86
4.8.1 Intention générale et objectif de la protection contre les dangers de feu	86

4.8.2	Inflammabilité	86
4.8.3	Ouvertures dans l'équipement	87
4.9	Protection contre les dangers liés à la température	88
4.9.1	Exigences générales en matière de protection contre les dangers liés à la température	88
4.9.2	Températures de surface	88
4.9.3	Températures des composants	88
4.9.4	Températures des parois, du sol et du plafond	88
4.10	Protection contre les perturbations électromagnétiques	88
4.11	Évaluation des dangers et des risques	89
4.11.1	Exigences générales et approche en matière d'évaluation des dangers et des risques	89
4.11.2	Analyse de sécurité et de fiabilité	89
4.12	Circuits de commande de sécurité	89
4.13	Protection contre l'appauvrissement en oxygène	89
4.14	Émission d'effluents	90
4.15	Alimentation en combustible	91
4.16	Systèmes de traitement du combustible (si applicable)	91
4.17	Enveloppes	91
4.17.1	Exigences générales relatives à toutes les enveloppes	91
4.17.2	Exigences relatives aux enveloppes pour usage à l'extérieur	91
4.18	Alimentations par batteries	91
4.18.1	Exigences générales relatives aux batteries	91
4.18.2	Compartiments de batteries	92
4.18.3	Éléments de piles liquides ouverts	92
4.18.4	Ventilation des compartiments de batteries	93
4.19	Réservoirs et tuyauteries sous pression	93
4.19.1	Exigences générales relatives aux réservoirs et tuyauteries sous pression	93
4.19.2	Circuits de tuyauteries	93
4.20	Tuyaux	94
4.21	Robinets d'arrêt automatiques	94
4.22	Régulateurs	94
4.23	Équipement de commande de processus	94
4.24	Filtres	94
4.24.1	Filtres à air	94
4.24.2	Filtres pour combustibles liquides	94
4.25	Moteurs	95
4.26	Pompes pour combustible	95
5	Instructions	95
5.1	Manuel d'utilisation et d'entretien	95
5.2	Manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.1	Exigences générales relatives au manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.2	Page de couverture du manuel d'information pour l'utilisateur	97
5.2.3	Section du manuel d'information pour l'utilisateur concernant la sécurité	98
6	Étiquetage	99
6.1	Exigences générales relatives à l'étiquetage	99
6.2	Marquage	99
6.3	Avertissements	100

7	Essais de type	100
7.1	Exigences générales relatives aux essais de type	100
7.2	Séquence d'essais	100
7.3	Essai de fuite pour les systèmes à combustible liquide	100
7.3.1	Exigences générales relatives aux essais de fuite pour les systèmes à combustible liquide	100
7.3.2	Méthode d'essai	101
7.4	Essai de concentration de gaz combustible inflammable	101
7.4.1	Exigences générales relatives à l'essai de concentration de gaz combustible inflammable	101
7.4.2	Méthode d'essai	102
7.5	Essai de température de surface	102
7.6	Essai de température des composants	102
7.7	Essai des températures des parois, du sol et du plafond	102
7.8	Essai de rigidité diélectrique	103
7.8.1	Exigences générales relatives à la rigidité et aux essais diélectriques	103
7.8.2	Méthode d'essai	103
7.9	Essai d'humidité	103
7.10	Courant de fuite à la température de fonctionnement	103
7.10.1	Exigence et durée des essais de courant de fuite	103
7.10.2	Méthode d'essai	103
7.11	Essai de fonctionnement anormal	104
7.11.1	Essai de fonctionnement anormal – Exigences générales	104
7.11.2	Essais de fonctionnement anormal – Résultats et exigences d'essais supplémentaires	104
7.11.3	Méthode d'essai de fonctionnement anormal	104
7.12	Essai de protection contre la traction	105
7.13	Essai des matériaux isolants	105
7.14	Essai de mise à la terre	105
7.15	Essai de pression du réservoir	105
7.16	Stabilité	106
7.17	Essai d'impact	106
7.18	Essai de chute libre	107
7.19	Adhérence et lisibilité des matériels utilisés pour le marquage	108
7.20	Accumulation de gaz inflammable	108
7.20.1	Base d'essai et applicabilité de l'accumulation de gaz inflammable	108
7.20.2	Montage d'essai	109
7.20.3	Méthode d'essai	109
7.21	Essai d'appauvrissement en oxygène	109
7.21.1	Base d'essai et applicabilité de l'essai d'appauvrissement en oxygène	109
7.21.2	Montage d'essai	110
7.21.3	Méthode d'essai	110
7.22	Essais d'émission d'effluents	110
7.22.1	Séquence d'essais d'émission d'effluents	110
7.22.2	Émission d'effluents à l'intérieur	110
7.23	Essai au vent	112
7.23.1	Applicabilité de l'essai au vent	112
7.23.2	Méthode d'essai	112
7.24	Essai de résistance	113

7.24.1	Séquencement de l'essai de résistance et méthodes de conformité alternatives.....	113
7.24.2	Méthode d'essai (liquide).....	113
7.24.3	Méthode d'essai (gaz).....	114
7.24.4	Critères d'acceptation.....	114
7.25	Essai de relaxation des contraintes.....	114
7.26	Essai de fixation de la fourniture du combustible.....	114
7.27	Paramètres d'arrêt.....	115
7.28	Essai de conductivité des tuyaux non métalliques.....	115
7.28.1	Critères d'acceptation.....	115
7.28.2	Méthode d'essai.....	115
7.29	Essai d'accumulation d'électricité statique des tuyaux non métalliques.....	115
7.29.1	Critères d'acceptation.....	115
7.29.2	Méthode d'essai.....	115
8	Essais individuels de série.....	116
8.1	Exigences relatives aux essais individuels de série.....	116
8.2	Essai de fuite de liquide.....	116
8.3	Essai de fuite de gaz.....	116
8.4	Essai de rigidité diélectrique.....	116
8.5	Enregistrements des essais individuels de série.....	116
Annexe A (normative)	Débits de ventilation pour les batteries.....	117
A.1	Débit de ventilation pour les batteries étanches à soupapes.....	117
A.2	Débit de ventilation pour les éléments de piles liquides ouverts.....	117
Annexe B (informative)	Limites de choc et de vibration applicables aux environnements à fort risque de choc.....	118
B.1	Domaine d'application.....	118
B.2	Essai sur axe vertical.....	118
B.3	Essais sur les axes longitudinal et latéral.....	118
Annexe C (normative)	Incertitude de mesure.....	120
Bibliographie.....		121
Figure 1 – Systèmes à piles à combustible portables.....		67
Figure 2 – Calibre articulé.....		108
Tableau 1 – Limites d'émission sur la base de la STEL.....		112
Tableau B.1 – Régime vibratoire sur l'axe vertical.....		118
Tableau B.2 – Régime vibratoire sur les axes longitudinal et latéral.....		119
Tableau C.1 – Mesurages et leurs incertitudes maximales.....		120

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. 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 62282-5-100 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Cette édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 62282-5-1, parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 62282-5-1:

- modification des exigences et de la méthode de vérification de l'appauvrissement en oxygène en 4.13 et 7.21;
- modification des exigences et de la méthode de vérification des émissions d'effluents en 4.14 et 7.22;

- ajout de nouvelles exigences de sécurité et de nouvelles méthodes d'essai concernant les systèmes à piles à combustible à générateurs à gaz inflammable basés sur des technologies réactives à l'eau, en 4.21 et 7.20.3;
- mise à jour du 7.11.1 e); ajout d'une nouvelle méthode d'essai concernant la sécurité pour un essai de surintensité en fonctionnement anormal.

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

CDV	Rapport de vote
105/649/CDV	105/670/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62282, publiées sous le titre général *Technologies des piles à combustible*, 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.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 5-100: Systèmes à piles à combustible portables – Sécurité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 couvre les exigences de construction, de marquage et d'essai des systèmes à piles à combustible portables. Ces systèmes à piles à combustible sont mobiles et ne sont ni attachés ni fixés par un autre moyen à un emplacement spécifique. Un système à pile à combustible portable est destiné à produire une puissance électrique.

Le présent document s'applique aux systèmes à piles à combustible portables à courant alternatif et à courant continu dont la tension de sortie assignée ne dépasse pas 600 V en courant alternatif ou 850 V en courant continu et qui sont destinés à un usage à l'intérieur et à l'extérieur. Ces systèmes à piles à combustible portables ne peuvent pas être utilisés dans des emplacements dangereux tels que définis dans l'IEC 60050-426:2008, 426-03-01, sauf en cas de mesures de protection supplémentaires conformes à l'IEC 60079-0[5]¹⁾.

Le présent document ne s'applique pas aux systèmes à piles à combustible portables qui:

- 1) sont raccordés de façon permanente (câblés) au réseau de distribution de l'énergie électrique,
- 2) sont raccordés de façon permanente à un réseau de distribution de combustible,
- 3) exportent de l'énergie vers le réseau électrique,
- 4) sont utilisés pour la propulsion des véhicules routiers,
- 5) sont destinés à être utilisés à bord d'aéronefs de passagers.

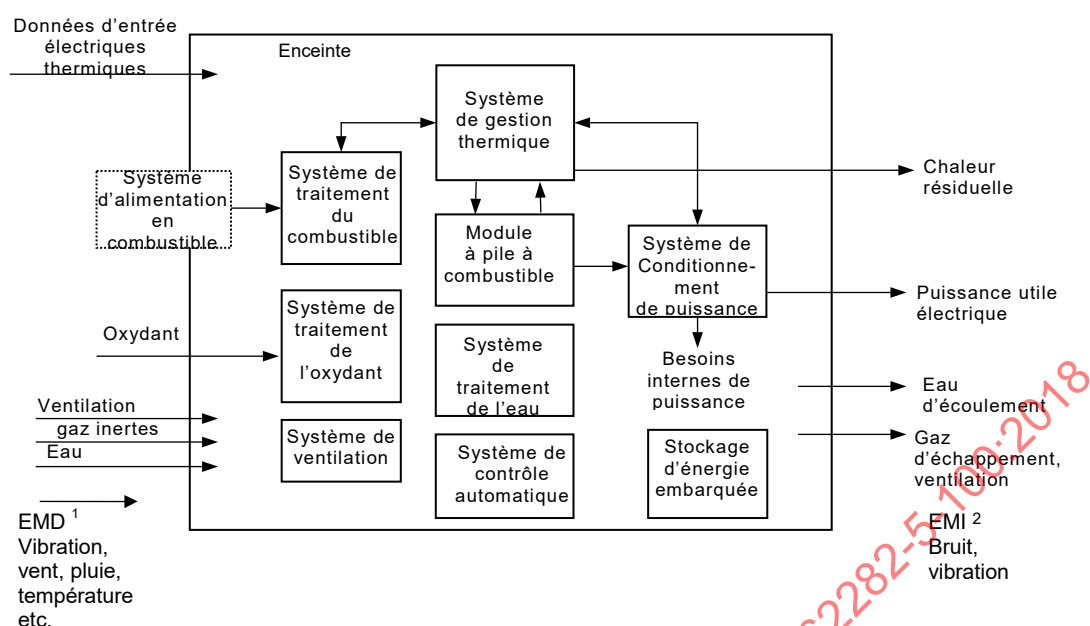
Les piles à combustible qui assurent le chargement de la batterie des véhicules hybrides dans lesquels la batterie fournit l'électricité et l'énergie nécessaires à la propulsion du véhicule ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les combustibles et matières de base combustibles suivants relèvent du domaine d'application du présent document:

- gaz naturel,
- gaz de pétrole liquéfiés comme le propane et le butane,
- alcools liquides comme le méthanol et l'éthanol,
- essence,
- diesel,
- kérosène,
- hydrogène,
- hydrures chimiques.

Le présent document n'exclut pas l'utilisation de combustibles similaires ou d'oxydants issus de sources autres que l'air, sous réserve que les dangers qui leur sont propres soient couverts par des exigences complémentaires.

1) Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.



Légende

- 1 EMD perturbation électromagnétique
2 EMI brouillage électromagnétique

Figure 1 – Systèmes à piles à combustible portables

La conception globale d'un système à pile à combustible portable qui est présenté dans le présent document constitue un assemblage de tout ou partie des systèmes suivants (voir Figure 1), intégrés, si nécessaire, pour assurer les fonctions désignées, à savoir:

Système de traitement du combustible – équipement de traitement chimique incluant tous les échangeurs de chaleur et commandes associés exigés pour convertir le combustible entrant en une composition adaptée pour le stock de piles à combustible.

Système de traitement de l'oxydant – sous-système qui mesure, conditionne, traite et peut pressuriser l'alimentation en oxydant entrant, destiné à être utilisé à l'intérieur du système à pile à combustible.

Système de gestion thermique – sous-système destiné à assurer le refroidissement et le rejet de chaleur pour maintenir l'équilibre thermique à l'intérieur du système à pile à combustible, et, si nécessaire, pour permettre de récupérer et d'utiliser l'excès de chaleur produite par la pile, ainsi que pour chauffer les systèmes à piles à combustible en période de démarrage.

Système de conditionnement de l'électricité – équipement qui est utilisé pour modifier l'amplitude ou la forme d'onde de la tension, ou sinon modifier ou réguler la sortie d'une source d'alimentation.

Système de contrôle automatique – ensemble de capteurs, servomoteurs, vannes, commutateurs et composants logiques (incluant les régulateurs de processus) qui maintiennent, dans les limites définies par les fabricants et sans intervention manuelle, les paramètres de fonctionnement du système à pile à combustible.

Module à pile à combustible – assemblage incluant une ou plusieurs piles à combustible qui convertit par un procédé électrochimique l'énergie chimique en énergie électrique et en énergie thermique, et destiné à être intégré dans un système de production de puissance.

Système d'alimentation en combustible – il est soit intégré au système à pile à combustible portable, soit alimenté par un assemblage de conteneur amovible et à remplissages multiples.

Système de stockage d'énergie embarqué – source interne d'énergie dont le but est d'aider ou renforcer le module à pile à combustible à fournir la puissance aux charges internes ou externes.

Systèmes de ventilation – sous-système d'un système à pile à combustible qui fournit, par des moyens mécaniques, de l'air dans l'enceinte.

Systèmes de traitement d'eau – système pour traiter et purifier de l'eau récupérée ou ajoutée pour qu'elle puisse être utilisée dans le système à pile à combustible portable.

Ces exigences ne sont pas destinées à empêcher la conception et la construction d'un système à pile à combustible portable qui n'est pas spécifiquement décrit dans le présent document dans la mesure où de telles alternatives ont été envisagées, et que des essais équivalents fournissent une performance de sécurité équivalente à celle spécifiée dans le présent document. Lors de l'examen des alternatives en matière de conception ou de construction, le présent document peut être utilisé pour évaluer les autres matériaux ou méthodes à utiliser pour ce qui est de leur aptitude à fournir une performance équivalente à celle spécifiée dans le présent document.

Le présent document ne couvre pas les exigences applicables aux conteneurs d'alimentation en combustibles pressurisés ou non pressurisés qui sont en amont de la liaison d'alimentation en combustible liquide ou gazeux de l'appareil, et qui ne font pas partie intégrante du système à pile à combustible portable.

Sauf spécification contraire, toutes les pressions indiquées dans le présent document sont considérées comme étant des pressions manométriques.

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 60034 (toutes les parties), *Machines électriques tournantes*

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais au marteau*

IEC 60079-2, *Atmosphères explosives – Partie 2: Protection du matériel par enveloppe à surpression interne "p"*

IEC 60079-10 (toutes les parties), *Atmosphères explosives – Partie 10: Classement des emplacements*

IEC 60079-15, *Atmosphères explosives – Partie 15: Protection du matériel par mode de protection "n"*

IEC 60079-29 (toutes les parties), *Atmosphères explosives – Partie 29: Détecteurs de gaz*

IEC 60086-4, *Piles électriques – Partie 4: Sécurité des piles au lithium*

IEC 60204-1:2016, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

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

IEC 60335-1:2010, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60335-1:2010/AMD1:2013

IEC 60335-1:2010/AMD2:2016

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

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

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

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

IEC 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

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

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

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

IEC 60730-1:2013/AMD1:2015

IEC 60730-2-5, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 2-5: Exigences particulières pour les systèmes de commande électrique automatiques des brûleurs*

IEC 60730-2-17, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-17: Règles particulières pour les électrovannes de gaz, y compris les prescriptions mécaniques²⁾*

IEC 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité du système – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

IEC 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

IEC 60934, *Disjoncteurs pour équipement (DPE)*

IEC 60950-1:2005, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60950-1:2005/AMD1:2009

IEC 60950-1:2005/AMD2:2013

2) Supprimée.

IEC 60990:2016, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

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

IEC 61000-3-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-3: Limites- Limitation des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension, pour les matériels ayant un courant assigné inférieur ou égal 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

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

IEC 61508-1, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61511-1, *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation – Partie 1: Cadre, définitions, exigences pour le système, le matériel et la programmation d'application*

IEC 61511-3, *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation – Partie 3: Conseils pour la détermination des niveaux exigés d'intégrité de sécurité*

IEC 61882, *Études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application*

IEC 62040-1, *Alimentations sans interruption (ASI) – Partie 1: Exigences de sécurité*

IEC 62040-2, *Alimentations sans interruption (ASI) – Partie 2: Exigences pour la compatibilité électromagnétique (CEM)*

IEC 62133 (toutes les parties), *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables*

IEC 62282-2, *Technologies des piles à combustible – Partie 2: Modules à piles à combustible*

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

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

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

ISO 15649, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Tuyauterie*

ISO 16000-3, *Air intérieur – Partie 3: Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif*

ISO 16000-6, *Air intérieur – Partie 6: Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et chambres d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA®, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS ou MS-FID*

ISO 16017-1:2000, *Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail – Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Partie 1: Échantillonnage par pompage*

ISO 16111, *Appareils de stockage de gaz transportables – Hydrogène absorbé dans un hydrure métallique réversible*

ISO 16528 (toutes les parties), *Chaudières et récipients sous pression*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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>

3.1

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06, modifiée – La note a été supprimée.]

3.2

double isolation

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.3

brouillage électromagnétique

EMI

trouble apporté au fonctionnement d'un appareil, d'une voie de transmission ou d'un système par une perturbation électromagnétique

Note 1 à l'article: Le terme abrégé «EMI» est dérivé du terme anglais développé correspondant «electromagnetic interference».

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-06, modifiée – Les notes ont été supprimées.]

3.4

perturbation électromagnétique

EMD

tout phénomène électromagnétique susceptible de créer des troubles de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système, ou d'affecter défavorablement la matière vivante ou inerte

Note 1 à l'article: Le terme abrégé «EMD» est dérivé du terme anglais développé correspondant «electromagnetic disturbance».

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-05, modifiée – La note a été supprimée.]

3.5

enveloppe

enceinte assurant le type et le degré de protection approprié pour l'application prévue

Note 1 à l'article: Un type d'enveloppe peut être inclus dans un autre (par exemple une enveloppe électrique peut être une enveloppe pare-feu ou une enveloppe pare-feu une enveloppe électrique). Aussi, une simple enveloppe peut fournir les fonctions de plus d'un type (par exemple, celles des deux types enveloppe électrique et enveloppe pare-feu). Les enveloppes peuvent être électriques, mécaniques, pare-feu ou d'un autre type, afin d'assurer une protection contre ces dangers ou contre le vent, les intempéries et d'autres dangers.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-35, modifiée – La note a été ajoutée.]

3.6

enveloppe électrique

enveloppe assurant la protection contre les dangers prévisibles créés par l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-13]

3.7

enveloppe pare-feu

partie du matériel destiné à réduire le plus possible la propagation du feu ou des flammes depuis l'intérieur

3.8

enveloppe mécanique

partie du matériel destiné à réduire le risque de blessure dû aux dangers mécaniques ou physiques

3.9

emplacement dangereux

toute zone ou tout espace où des poussières combustibles, des fibres inflammables ou des composés liquides, du gaz, des vapeurs ou des mélanges volatils sont ou peuvent être présents dans l'air en quantités suffisantes pour produire une atmosphère explosive ou des mélanges inflammables

3.10

atmosphère explosive

mélange avec l'air, sous conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur, de poussières, ou de fibres qui après inflammation permet une propagation autoentretenu

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-01-06]

3.11

niveau d'énergie dangereux

niveau de puissance disponible supérieur ou égal à 240 VA pour une durée supérieure ou égale à 60 s, ou niveau de l'énergie emmagasinée supérieur ou égal à 20 J (par exemple à partir d'un ou plusieurs condensateurs), à un potentiel supérieur ou égal à 2 V

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.10]

3.12

tension dangereuse

tension supérieure à 42,4 V en valeur de crête ou à 60 V en tension continue, présente dans un circuit non conforme aux exigences relatives soit à un circuit à limitation de courant, soit à un circuit TRT

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.6]

3.13

température de distorsion à chaud

HDT

mesure d'une résistance d'un polymère à la distorsion sous une charge donnée à des températures élevées

Note 1 à l'article: La température de distorsion est la température à laquelle une barre d'essai, soumise à un effort de flexion spécifique, se déforme de 0,25 mm.

Note 2 à l'article: Le terme abrégé «HDT» est dérivé du terme anglais développé correspondant «heat deflection temperature».

3.14

limite inférieure d'inflammabilité

LFL

concentration minimale de combustible dans un mélange combustible-air pour laquelle une combustion peut être initiée par une source d'inflammation

Note 1 à l'article: Un mélange combustible-air est inflammable lorsque la combustion peut être déclenchée par une source d'inflammation. Les proportions ou la composition du mélange combustible-air constituent la composante principale. Un mélange qui contient une quantité de combustible inférieure à la quantité critique, dite limite inférieure d'inflammabilité (LFL) ou une quantité supérieure à la quantité critique, dite limite supérieure d'inflammabilité (UFL – *upper flammability limit*), ne sera pas inflammable.

Note 2 à l'article: Le terme abrégé «LFL» est dérivé du terme anglais développé correspondant «lower flammability limit».

3.15

circuit à limitation de courant

circuit conçu et protégé de façon que, en fonctionnement normal et dans des conditions de premier défaut, le courant que peut débiter la source ne soit pas dangereux

Note 1 à l'article: Les valeurs limites des courants en fonctionnement normal et dans des conditions de premier défaut (voir l'IEC 60950-1:2005, 1.4.14) sont spécifiées dans l'IEC 60950-1:2005, 2.4.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.9]

3.16

partie active

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19]

3.17

pression de service admissible maximale

MAWP

pression maximale à laquelle une pile à combustible ou un système à pile à combustible peut être mis en service

Note 1 à l'article: La pression de service admissible maximale est exprimée en Pa.

Note 2 à l'article: La pression de service admissible maximale est la pression utilisée dans le réglage des dispositifs limiteurs de pression installés pour protéger un organe ou un système contre les surpressions accidentelles.

Note 3 à l'article: Pour les besoins du présent document, toutes les pressions doivent être indiquées et utilisées comme pressions manométriques, sauf indication d'une pression absolue.

Note 4 à l'article: Le terme abrégé «MAWP» est dérivé du terme anglais développé correspondant «maximum allowable working pressure».

3.18

pression de service maximale

pression manométrique maximale spécifiée par le fabricant d'un composant ou d'un système à laquelle celui-ci a été conçu pour fonctionner de manière continue

Note 1 à l'article: La pression de service maximale est exprimée en Pa.

Note 2 à l'article: Comprend tous les paramètres normaux de fonctionnement, tant en régime stable que transitoire.

3.19

zone d'accès de l'opérateur

zone pour laquelle dans les conditions de fonctionnement normal

- a) l'accès est possible sans l'aide d'un outil; ou
- b) les moyens d'accès sont délibérément fournis à l'opérateur, ou
- c) l'opérateur a reçu l'instruction d'entrer qu'un outil soit nécessaire ou non pour obtenir l'accès

Note 1 à l'article: Dans le présent document, les termes "accès" et "accessible" renvoient à l'accès de l'opérateur tel qu'il est défini ci-dessus, sauf si autre chose est précisé.

3.20

système à pile à combustible portable

système à pile à combustible qui n'est pas destiné à être fixé de façon permanente ou scellé autrement à un endroit spécifique

3.21

système à pile à combustible portable autonome

système à pile à combustible portable qui n'est pas conçu pour être relié aux réseaux d'énergie

3.22

isolation renforcée

isolation des parties actives dangereuses assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalant à celui d'une double isolation

Note 1 à l'article: L'isolation renforcée peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être soumises à l'essai séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-09]

3.23

circuit secondaire

circuit qui n'est pas relié directement à un circuit primaire et qui est alimenté par l'intermédiaire d'un transformateur, d'un convertisseur ou d'un dispositif d'isolement équivalent ou par l'intermédiaire d'une batterie

Note 1 à l'article: Les parties conductrices d'un câble d'interconnexion peuvent faire partie d'un circuit secondaire comme indiqué dans l'IEC 60950-1:2005, 1.2.11.6.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.8.5]

3.24**TBTS****très basse tension de sécurité**

tension dont la valeur crête ne dépasse pas 42,4 V pour le courant alternatif et qui ne dépasse pas 60 V pour le courant continu

Note 1 à l'article: Si une très basse tension de sécurité est obtenue à partir du réseau d'alimentation, elle doit être fournie par l'intermédiaire d'un transformateur de sécurité ou d'un convertisseur à enroulements séparés, dont l'isolation répond aux exigences de la double isolation ou de l'isolation renforcée.

Note 2 à l'article: Les limites spécifiées pour la tension sont établies en partant du principe que le transformateur de sécurité est alimenté sous sa tension assignée.

[SOURCE: IEC 60335-1:2010, 3.4.2, modifiée – La définition a été révisée.]

3.25**circuit TBTS****circuit très basse tension de sécurité**

circuit secondaire conçu et protégé de telle manière que, dans des conditions normales et dans des conditions de premier défaut, les tensions ne soient pas supérieures à une valeur sûre

Note 1 à l'article: Pour les applications commerciales, industrielles et de télécommunication, les limites de tension TBTS données dans l'IEC 60950-1:2005 s'appliquent. Pour les applications domestiques, les limites de tension TBTS données dans l'IEC 60335-1:2010 doivent être utilisées.

Note 2 à l'article: Les valeurs limites des tensions en fonctionnement normal et dans des conditions de premier défaut (voir l'IEC 60950-1:2005, 1.4.14) sont spécifiées dans l'IEC 60950-1:2005, 2.2. Voir l'IEC 60950-1:2005, Tableau 1.A.

Note 3 à l'article: Cette définition du circuit TBTS diffère du terme «système TBTS» tel qu'il est utilisé dans l'IEC 61140.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, définition 1.2.8.8, modifiée – La note 1 a été ajoutée.]

3.26**personnel de service**

personnes formées étant familiarisées et expérimentées avec la construction et le fonctionnement des systèmes et des risques connexes

3.27**litre normalisé**

volume en litre à une température de 288,15 K (15 °C) et à une pression de 101,325 kPa

3.28**isolation supplémentaire**

isolation indépendante appliquée en plus de l'isolation principale afin de réduire le risque de choc électrique en cas de défaut survenant dans l'isolation principale

3.29**équilibre thermique**

conditions de température stable, pseudo stable, arbitrairement caractérisées par des variations de température inférieures à 3 K ou à 1 % de la température de fonctionnement absolue, selon les variations les plus significatives entre deux lectures espacées de 15 min

3.30**outil**

tournevis, pièce, clé ou tout autre objet qui peut être utilisé pour intervenir sur une vis ou faire fonctionner un verrouillage ou un moyen de fixation analogue

3.31

tension de contact

tension entre des parties conductrices quand elles sont touchées simultanément par une personne ou un animal

Note 1 à l'article: La valeur de la tension de contact effective peut être sensiblement influencée par l'impédance de la personne ou de l'animal en contact électrique avec ces parties conductrices.

3.32

alimentation sans interruption

ASI

ensemble de convertisseurs, d'interrupteurs et de dispositifs d'accumulation d'énergie (par exemple, des batteries) constituant un système d'alimentation capable d'assurer la permanence d'alimentation de la charge en cas de défaut de la source d'alimentation

3.33

élément de pile liquide

pile dans laquelle l'électrolyte est sous une forme liquide et mobile

3.34

matériel transportable

matériel mobile qui est destiné à être transporté de manière habituelle par un utilisateur

Note 1 à l'article: Par exemple ordinateurs personnels portables, ordinateurs blocs-notes à stylet et leurs accessoires portables, tels qu'imprimantes et lecteurs de CD-ROM.

[SOURCE: IEC 60950-1:2005, 1.2.3.3]

3.35

matériel portable

matériel qui est physiquement porté sur une partie quelconque du corps de l'utilisateur pendant la réalisation de ses fonctions prévues

3.36

matériel portatif (à main)

portable et destiné à être tenu dans la main en utilisation normale

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-48, modifiée – "matériel" a été ajouté.]

3.37

zone très aérée

zone alimentée par de l'air pur frais à un débit minimum de 140 m³/h (environ 10 renouvellements d'air par heure dans une pièce de 14 m³)

Note 1 à l'article: Différents débits de ventilation peuvent être utilisés. Voir 4.14.

3.38

conducteur PEN

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de neutre

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-12]

3.39

conducteur PEM

conducteur assurant les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de point milieu

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-13]

3.40

conducteur PEL

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de ligne

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-14]

4 Exigences relatives à la conception et à la construction

4.1 Environnement physique et conditions de fonctionnement

4.1.1 Exigences générales

Le système à pile à combustible portable et ses systèmes de protection doivent être conçus et construits de manière à remplir leurs fonctions prévues dans leur environnement physique et leurs conditions de fonctionnement attendues.

4.1.2 Énergie électrique d'entrée

Les limites d'entrée du système à pile à combustible doivent être conçues de façon à ce que le système fonctionne correctement dans les conditions définies dans l'IEC 60204-1:2016, 4.3, ou telles que spécifiées par le fabricant.

4.1.3 Manutention, transport et stockage

Le système à pile à combustible portable doit être conçu pour résister aux effets de températures (ou des mesures de protection doivent être prises pour qu'il en soit protégé), lors du transport et du stockage. Le système à pile à combustible ou chaque composant doit être conditionné ou conçu de manière à pouvoir être stocké sans risque et sans subir de détérioration (par exemple, stabilité adéquate, supports spéciaux).

Le fabricant doit spécifier des moyens spéciaux pour la manutention, le transport et le stockage, si exigé.

4.2 Compatibilité des matériaux

4.2.1 Exigences générales en matière de compatibilité des matériaux

Toutes les parties et toutes les substances utilisées doivent être adaptées à la plage des températures et des pressions auxquelles elles sont soumises au cours de leur usage attendu; elles doivent résister de manière adéquate aux réactions, aux processus, aux environnements et aux autres conditions auxquels elles sont exposées au cours de leur usage attendu. Les dispositions suivantes s'appliquent.

- 1) Des dispositifs limiteurs de pression ou des méthodes de limitation de pression appropriés doivent être utilisés pour protéger les parties contre tout dommage dû à une surpression, comme cela est indiqué par l'analyse de sécurité et de fiabilité réalisée conformément au 4.11. Les dispositifs limiteurs de pression ou les méthodes de limitation de pression doivent être utilisés pour empêcher que le système ou des parties de ce dernier ne dépassent la pression de service admissible maximale du système ou d'une partie de celui-ci.
- 2) Toute partie qui est directement exposée à un combustible liquide, à l'humidité, aux condensats, etc. ainsi que les fixations utilisées pour toute partie qu'il est nécessaire d'installer ou de retirer pour les besoins de l'entretien, doit résister à la corrosion et être adaptée à l'application.
- 3) Les matériaux ferreux utilisés dans la construction du boîtier extérieur et de l'enceinte extérieure constituant la seule enveloppe des parties sous tension doivent être protégés de manière adéquate contre la corrosion.
- 4) L'amiante ou les matériaux contenant de l'amiante ne doivent pas être utilisés dans la construction d'un système à pile à combustible portable.

4.2.2 Composants polymères et élastomères

Les tuyaux, les tubes et les composants polymères et élastomères doivent être autorisés dans les conditions suivantes:

- 1) Il doit être démontré que les matériaux sont adaptés aux températures et pressions maximales de fonctionnement combinées et qu'ils sont compatibles avec les autres matériaux et produits chimiques avec lesquels ils entreront en contact en fonctionnement normal, en service ou au cours de la maintenance pendant la durée de vie du produit définie par le fabricant. Des recommandations peuvent être consultées dans l'ISO 4080.
- 2) Les composants polymères ou élastomères doivent être protégés contre les dommages mécaniques à l'intérieur de l'enveloppe. Le blindage peut être utilisé, quand cela est approprié pour protéger les composants contre les défaillances des équipements rotatifs ou d'autres dispositifs mécaniques se trouvant à l'intérieur du système à pile à combustible portable.
- 3) Tous les compartiments contenant des composants polymères ou élastomères utilisés pour transporter des gaz inflammables doivent être protégés contre les échauffements éventuels. Un système de commande doit exister pour arrêter le flux de combustible avant que les températures atteignent la plus basse température de distortion à chaud (HDT) moins 10 °C des matériaux utilisés dans les composants transportant le combustible.
- 4) Les tuyaux non métalliques peuvent être utilisés si l'essai démontre que la résistance de bout en bout est inférieure à 1 MΩ, à une tension d'essai maximale de 1 000 V, mesurée entre deux raccords métalliques et à condition qu'au moins une extrémité du tuyau soit connectée à un raccord métallique en continuité électrique avec le châssis de l'équipement et que les autres parties métalliques associées soient reliées par une liaison équipotentielle de manière à éviter toutes décharges dans l'air (voir l'IEC 60079-32 (toutes les parties) [7]). Des entrefers inférieurs à 1 cm entre une paroi de tuyau semi-conducteur et d'autres parties métalliques ne sont pas autorisés. La conformité est déterminée par l'essai de conductivité de 7.29.

Les tuyaux non métalliques peuvent également être soumis à l'essai en associant l'essai d'électricité statique de 7.30 afin de déterminer que dans des conditions de fonctionnement normal et anormal, y compris le réapprovisionnement en combustible, une charge électrostatique à pouvoir d'inflammation ne peut se produire sur le matériau des tuyaux du fait de l'écoulement du fluide dans les tuyaux.

- 5) Des dispositifs limiteurs de pression ou des méthodes de limitation de pression appropriés doivent être utilisés pour protéger les composants polymères et élastomères contre tout dommage dû à une surpression, comme cela est indiqué par l'analyse de sécurité et de fiabilité réalisée conformément au 4.11.

4.2.3 Dispositifs de connexion du combustible

Les dispositifs de connexion du combustible doivent être résistants aux agressions de type fissuration par corrosion.

NOTE Des recommandations sont données dans l'ISO 15156-1 [13].

4.3 Protection contre les dangers mécaniques

Une protection doit être prévue contre les contacts accidentels avec les parties mobiles. Toutes les parties qui peuvent être touchées par contact en usage normal, lors des réglages ou des opérations d'entretien ne doivent pas présenter de protubérances ou d'arêtes vives.

Les systèmes à piles à combustible portables doivent résister aux chocs raisonnablement prévisibles et ne doivent pas pouvoir basculer en cours de fonctionnement et de manipulation. La conformité est démontrée par les essais de type de 7.16, 7.17 et 7.18.

4.4 Protection contre la toxicité des combustibles et des matières de base combustibles

Des précautions doivent être prises dans la conception du système à pile à combustible portable et de l'alimentation en combustible pour éviter tout débordement ou toute exposition inutile du personnel aux combustibles qui sont potentiellement nocifs à cause de leur inflammabilité, de leurs effets corrosifs, en cas d'ingestion, d'inhalation ou d'absorption cutanée.

Les instructions de fonctionnement et de stockage doivent décrire les dangers potentiels qui résultent de l'utilisation des combustibles, ainsi que toutes les précautions à prendre lors de la manipulation des matériaux. Elles doivent comprendre les niveaux maximaux d'exposition admissibles en utilisation continue et les moyens disponibles en cas de débordement ou de contamination du personnel.

4.5 Protection contre les dangers d'explosion

4.5.1 Exigences générales en matière de protection contre les dangers d'explosion

Le système à pile à combustible portable doit être conçu et construit pour réduire le plus possible tout risque de feu ou d'explosion posé par le système à pile à combustible portable lui-même ou par les gaz, les liquides, la poussière, les vapeurs ou d'autres substances produites ou utilisées par lui.

4.5.2 Atmosphères inflammables à l'intérieur d'un système à pile à combustible portable

À l'intérieur d'un système à pile à combustible portable, les compartiments qui abritent des sources de gaz ou vapeurs inflammables doivent être classés et l'étendue des emplacements dangereux doit être déterminée. La limite de dilution au-dessous de 25 % de la limite inférieure d'inflammabilité (LFL) peut être déterminée par analyse de la dynamique des fluides computationnelle, technique de gaz traceur ou méthodes similaires, telles que données dans l'IEC 60079-10 (toutes les parties) ou l'IEC 60079-2.

Dans les emplacements classés comme dangereux, le fabricant doit éliminer les sources d'inflammation en assurant que:

- l'appareil électrique installé est approprié à la classification des espaces;
- les températures de surface ne dépassent pas 80 % de la température d'auto-inflammation, exprimée en degrés Celsius, du gaz ou de la vapeur inflammable; voir l'ISO/IEC 80079-20-1 pour les recommandations concernant les températures d'auto-inflammation des différents liquides inflammables;
- le potentiel de décharge statique a été éliminé par une liaison équipotentielle et une mise à la terre correctes;
- les équipements contenant des produits capables de catalyser la réaction des fluides inflammables avec l'air doivent être capables d'arrêter la propagation de la réaction entre l'équipement et l'atmosphère inflammable environnante.

4.5.3 Fonctionnement normal

La concentration de la vapeur du combustible à l'intérieur de l'enveloppe du système doit être inférieure à 25 % de la LFL dans les conditions de fonctionnement normal. Lorsqu'une ventilation mécanique est exigée pour satisfaire à une limite de sécurité ou rester dans les limites de la LFL, le système à pile à combustible portable doit s'arrêter en toute sécurité de manière maîtrisée en cas de défaillance du système de ventilation. La conformité à cette exigence est démontrée en 7.4.

4.5.4 Fonctionnement anormal

En cas de fuite interne d'un gaz inflammable, un dispositif de sécurité monté sur le système à pile à combustible portable doit arrêter le système immédiatement ou avant que les concentrations atteignent 25 % de la LFL dans la zone présentant la plus forte concentration.

4.5.5 Purge

Des moyens doivent être prévus pour purger les systèmes du système à pile à combustible portable dans lesquels, pour des raisons de sécurité, un état passif est exigé après arrêt ou avant initialisation comme spécifié par le fabricant. Un système de purge adapté utilisant un élément spécifié par le fabricant comme l'azote, l'air ou la vapeur entre autres, dans une situation non dangereuse dans le cadre de l'utilisation prévue, satisfait à cette disposition.

Si la sécurité peut être assurée par des procédures autres que la purge, la purge n'est pas exigée.

4.5.6 Décharge électrostatique

Une protection contre les décharges électrostatiques doit être assurée dans les emplacements présentant un risque d'accumulation de gaz inflammable. Ceci peut être obtenu par le choix des matériaux constitutifs des tuyaux non métalliques et par la mise à la terre et liaison équipotentielle des parties métalliques isolées. Un instrument d'essai électrostatique doit être utilisé pour vérifier l'absence de génération d'étincelle de la charge pendant le fonctionnement de l'équipement ou le réapprovisionnement en combustible (voir 7.29 et 7.30)

Les tuyaux non métalliques transportant des fluides, tels que l'hydrogène, peuvent accumuler une charge électrostatique le long de leurs surfaces intérieures et extérieures et en transférer une partie aux raccords métalliques fixés à l'une ou l'autre de leurs extrémités. Les décharges provenant de la surface extérieure de ce tuyau ou des raccords peuvent suffire à enflammer un mélange inflammable de gaz ou de vapeur présent dans l'environnement avoisinant. L'accumulation de charge peut être réduite en spécifiant un matériau de tuyau d'une résistance inférieure à 1 MΩ, à une tension d'essai maximale de 1 000 V, mesurée entre les raccords métalliques à chaque extrémité du tuyau (voir l'IEC 60079-32 (toutes les parties) [7]). La vitesse d'écoulement gazeux peut également être limitée à des valeurs au-dessous desquelles la charge électrostatique ne peut s'accumuler pour le matériau concerné. Les revêtements en tresse métallique ou les fils conducteurs dans les tuyaux non métalliques peuvent réduire l'accumulation de charge, mais ils peuvent également augmenter le risque de décharge électrostatique si ces conducteurs sont déconnectés de leur conducteur de liaison équipotentielle. Les tuyaux métalliques souples avec des raccords unions d'isolation peuvent constituer une variante pratique à l'utilisation de tuyaux polymères.

4.6 Protection contre les chocs électriques

4.6.1 Exigences générales en matière de protection contre les chocs électriques

Sauf autorisation spécifique pour des raisons de fonctionnement, les parties conductrices accessibles des équipements ne doivent pas être dangereuses lorsqu'elles sont sous tension en condition normale et elles ne doivent pas non plus être ou devenir dangereuses sous tension dans toute condition de premier défaut raisonnablement prévisible. Les systèmes à piles à combustible portables doivent être construits et placés dans des enveloppes de manière à obtenir une protection adéquate contre le contact accidentel avec les parties actives.

L'équipement électrique doit assurer la protection des personnes contre tout choc électrique dû

- 1) à un contact direct,
- 2) à un contact indirect.

4.6.2 Protection contre les contacts directs avec les parties actives

4.6.2.1 Exigences générales et autres mesures en matière de protection contre les contacts directs avec les parties actives

Pour chaque circuit ou partie d'équipement électrique, la protection doit être obtenue par l'utilisation d'enveloppes ou par l'isolation des parties actives. Lorsque ces mesures ne sont pas réalisables en pratique, des mesures alternatives de protection peuvent être appliquées comme les barrières, la mise hors de portée et l'utilisation d'obstacles (voir l'IEC 60364-4-41).

4.6.2.2 Protection par les enveloppes

L'ouverture d'une enveloppe (c'est-à-dire l'ouverture des portes, couvercles, capots et dispositifs analogues) ne doit être possible que dans l'une des conditions suivantes:

- 1) l'utilisation d'une clé ou d'un outil;
- 2) la déconnexion des parties actives à l'intérieur de l'enveloppe avant que celle-ci puisse être ouverte (c'est-à-dire le déverrouillage de la porte);
- 3) l'ouverture sans l'une des techniques de protection décrites en 1) ou 2) doit être possible uniquement lorsque toutes les parties actives sont protégées contre le contact direct avec au moins le degré IP2X ou IPXXB (voir l'IEC 60529).

4.6.2.3 Protection par isolation des parties actives

Il ne doit pas être possible de toucher les parties actives ou les parties actives protégées uniquement par de la laque, de l'émail, du papier ordinaire, du coton, une couche d'oxyde, des perles isolantes ou un mélange d'étanchéité à l'exception des résines autodurcissantes, avec le calibre d'essai B de l'IEC 61032.

Les parties actives protégées par l'isolation doivent être complètement recouvertes d'une isolation qui ne puisse être enlevée que par destruction. Une telle isolation doit être capable de résister aux contraintes mécaniques, chimiques, électriques et thermiques auxquelles elle peut être soumise dans les conditions normales de service. Un matériau isolant résistant à la chaleur, résistant à l'absorption d'humidité comme un mélange phénolique, la porcelaine, un mélange moulé à froid qui résiste aux conditions les plus sévères susceptibles d'être rencontrées en service doit être utilisé pour le support des parties actives nues et pour les barrières utilisées pour obtenir les espacements exigés (comme spécifié en 4.7.10) et doit être conforme à l'essai spécifié en 7.13.

4.6.3 Protection contre les contacts indirects avec les parties actives

4.6.3.1 Intention générale et approches acceptables de protection contre les contacts indirects avec les parties actives

La protection contre les contacts indirects est destinée à empêcher les conditions dangereuses en cas de défaillance de l'isolation entre les parties actives et les masses. La protection contre le contact indirect doit être assurée par des mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact dangereuse ou la déconnexion automatique de l'alimentation avant que la durée du contact avec une tension de contact puisse devenir dangereuse.

4.6.3.2 Mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact dangereuse

Les mesures pour empêcher l'apparition d'une tension de contact dangereuse comprennent l'utilisation d'appareils de la classe II ou des isolations équivalentes (voir l'IEC 61140), la séparation électrique (voir l'IEC 60364-4-41) et la conception du réseau d'alimentation avec point neutre soit isolé, soit présentant une impédance élevée à la terre de telle manière qu'un défaut à la terre ne donne pas lieu à une tension de contact dangereuse.

4.6.3.3 Déconnexion automatique de l'alimentation

La déconnexion automatique de l'alimentation de tout circuit affecté par l'apparition d'une défaillance d'isolation est destinée à empêcher une condition dangereuse résultant d'une tension de contact (voir l'IEC 60364-4-41).

4.6.4 Protection par utilisation de la TBTS

La TBTS (très basse tension de sécurité) peut être utilisée pour protéger les personnes contre le choc électrique provenant d'un contact direct et d'un contact indirect. Les parties accessibles ne sont pas considérées comme présentant un risque d'électrocution à ou au-dessous de la TBTS.

Une partie accessible n'est pas considérée comme active si elle est alimentée en très basse tension de sécurité sous réserve de ce qui suit:

- a) en courant alternatif, la valeur de crête de la tension ne dépasse pas 42,4 V;
- b) en courant continu, la tension ne dépasse pas 60 V;
- c) la partie est séparée des parties actives par une impédance de protection. Si l'impédance de protection est utilisée, le courant entre la partie et la source d'alimentation ne doit pas dépasser 2 mA en courant continu, et sa valeur de crête ne doit pas dépasser 0,7 mA en courant alternatif comme décrit dans l'IEC 60335-1:2010, 8.1.4 et représenté à la Figure 4 de l'IEC 60990:2016.

4.7 Choix des composants et des équipements électriques

4.7.1 Classification des espaces et adaptabilité

Les composants et les équipements électriques doivent être adaptés à la classification des espaces dans lesquels ils sont utilisés sur la base de l'IEC 60079-10 (toutes les parties) (voir 4.5.2).

4.7.2 Moments de couple

Les composants électriques tels que les interrupteurs qui sont soumis à des moments de couple en fonctionnement normal ou pendant les opérations d'entretien doivent être solidement fixés et bloqués pour ne pas tourner par des moyens autres que le frottement entre surfaces si ceci peut réduire les espacements spécifiés en 4.7.10 ou 4.7.11 ou si cela remet en cause d'autres exigences du présent document. Une rondelle d'arrêt ne doit pas être considérée comme acceptable pour les dispositifs qui exigent des moments de couple pour leur fonctionnement.

4.7.3 Fusibles

Si les circuits protégés par les fusibles vont au-delà de l'enveloppe du système à pile à combustible portable, les fusibles doivent être d'un type qui n'est pas remplaçable sans l'utilisation d'outils (par exemple type soudé). Si les circuits protégés par les fusibles ne vont pas au-delà de l'enveloppe, les fusibles peuvent être d'un type remplaçable facilement. Si le fusible peut être touché par contact extérieur, un porte-fusible empêchant tout contact doit être utilisé.

4.7.4 Décharge capacitive

Si la charge stockée dans les condensateurs est accessible dans une zone d'accès de l'opérateur et que la sécurité de l'opérateur est assurée par un verrouillage par une porte ou un capot ou en déconnectant un connecteur (ou une fiche de branchement), alors l'énergie stockée comme déterminée avec l'équation suivante, doit être déchargée à un niveau sûr ne dépassant pas 42,4 V en valeur de crête ou en courant continu et elle ne doit pas dépasser 20 J à 1 s après la manœuvre de ce verrouillage ou la déconnexion du connecteur:

$$J = 5 \times 10^{-7} CV^2$$

où

J est l'énergie en joules;

C est la capacité en microfarads;

V est la tension en volts.

4.7.5 Fixation des parties

Les vis, les écrous, les rondelles, les ressorts et les parties analogues doivent être fixés de manière à résister aux contraintes mécaniques qui apparaissent en utilisation normale si le desserrage est susceptible de créer un danger ou si les distances d'isolement ou les lignes de fuite sur l'isolation supplémentaire ou l'isolation renforcée sont susceptibles de subir une réduction les amenant à des valeurs inférieures à celles spécifiées en 4.7.10.

Les parties actives nues (y compris les conducteurs) doivent être fixées sur leurs bases ou leurs surfaces de montage et ne doivent pas pouvoir tourner ou se déplacer et réduire les espacements exigés en 4.7.10. Le frottement entre surfaces n'est pas un moyen acceptable pour empêcher les parties actives de tourner mais une rondelle d'arrêt adaptée est acceptable si elle est correctement appliquée.

La conformité est vérifiée par examen, par mesurage et par essai manuel.

L'évaluation de la conformité part du principe que:

- deux fixations indépendantes ne se desserrent pas au même moment,
- les parties fixées au moyen de vis ou d'écrous munis de rondelles autobloquantes ou d'autres moyens de verrouillage ne sont pas susceptibles de se desserrer.

4.7.6 Parties sous tension

Les parties sous tension doivent avoir une résistance mécanique et un courant admissible appropriés pour le service et doivent être en matériau non ferreux ou en acier inoxydable sauf que dans le cas des circuits TBTS, le matériau n'est pas spécifié.

La fixation des assemblages de contact doit être de nature à assurer l'alignement permanent des contacts.

Le défaut d'alignement des connecteurs mâle et femelle, l'insertion d'un connecteur mâle multibroche dans un connecteur femelle autre que celui destiné à le recevoir et d'autres manipulations des parties qui sont accessibles sans l'utilisation d'un outil ne doivent pas donner lieu à une condition dangereuse.

4.7.7 Câblage interne

L'espace entre les enveloppes des équipements doit laisser une place importante pour la distribution des fils et des câbles nécessaires au câblage correct des équipements pour empêcher les échauffements et les dommages sur l'isolation. Les connexions et les fils entre les parties des équipements doivent être protégés ou placés sous enveloppe. Les chemins de câble doivent être lisses et sans protubérances ni ébarbures ni arêtes vives qui peuvent causer l'abrasion de l'isolation des conducteurs.

Le câblage autre que celui des circuits imprimés doit être constitué de fils de type(s) adapté(s) aux applications particulières en ce qui concerne:

- a) la taille du conducteur (les effets des vibrations, des impacts et de la manipulation des fils inférieurs à 1,5 mm² doivent être pris en compte);
- b) la température et la tension auxquelles le câblage est susceptible d'être soumis;

- c) l'exposition à l'huile, aux graisses ou aux autres substances susceptibles d'avoir un effet nuisible sur l'isolation;
- d) l'exposition à l'humidité;
- e) les autres conditions de service auxquelles le fil est susceptible d'être soumis.

Toutes les jonctions de câblage doivent comporter une isolation équivalente à celle des conducteurs eux-mêmes à moins qu'ils ne soient maintenus de manière fixe et rigide pour assurer le maintien des espacements exigés en 4.7.10.

Lorsqu'ils passent à travers les ouvertures des parois métalliques, les cordons et les conducteurs isolés, qu'ils soient monoconducteurs, en faisceaux ou câblés doivent être protégés efficacement par des traversées adaptées ou des surfaces d'appui bien arrondies qui ne doivent pas endommager les cordons ou les conducteurs.

Les conducteurs identifiés par la couleur verte ou la combinaison vert/jaune doivent être réservés aux connexions de mise à la terre et de liaison équipotentielle.

Les connexions électriques qui nécessitent d'être coupées pour l'entretien de commandes doivent être réalisées de manière à pouvoir être déconnectées et reconnectées sans casser une connexion soudée et sans casser ou couper le ou les fils.

4.7.8 Systèmes à piles à combustible portables reliés par un cordon électrique

Les systèmes à pile à combustible portables destinés à être reliés par un cordon électrique à l'entrée doivent être équipés d'une longueur appropriée de cordon possédant un conducteur supplémentaire pour la mise à la terre des parties conductrices hors tension. Le cordon doit avoir une intensité au moins égale à la valeur d'entrée marquée en ampères et doit être du type usage intensif, type humide/mouillé sauf exigence d'autres articles du présent document.

Le cordon d'alimentation doit se terminer par une fiche de branchement appropriée conforme à l'IEC 60884-1 et présenter

- des caractéristiques assignées de tension adaptées à la tension marquée sur le système à pile à combustible portable,
- des caractéristiques assignées de courant qui ne sont pas inférieures à 125 % du courant d'entrée marqué.

4.7.9 Protection contre la traction

Une protection contre la traction doit être prévue de manière que les contraintes sur le cordon d'alimentation telles qu'elles sont déterminées par l'essai spécifié en 7.26 ou la torsion du cordon ne soient pas transmises aux connexions à l'intérieur du système à pile à combustible portable. Les systèmes à piles à combustible portables équipés d'un cordon d'alimentation, ou destinés à être reliés au câblage fixe par un cordon électrique souple doivent être munis d'un dispositif d'arrêt de traction. Le dispositif d'arrêt de traction doit éliminer la traction, y compris la torsion, aux bornes des conducteurs et protéger l'isolation des conducteurs contre l'abrasion. Au moins une partie du dispositif d'arrêt de traction doit être fixée solidement au système à pile à combustible portable sauf s'il s'agit d'une partie d'un cordon spécial.

Une traversée ou un moyen équivalent fixé en place doit exister au point où un cordon d'alimentation passe à travers une ouverture dans une paroi, une barrière ou une enveloppe intégrale; cette traversée ou ce moyen équivalent doit être lisse et avoir des surfaces d'appui bien arrondies pour ne pas endommager le cordon.

Le cordon souple ne doit pas pouvoir être poussé à travers le trou d'entrée de câble si un tel déplacement est susceptible:

- 1) de soumettre le cordon à un dommage mécanique;

- 2) d'exposer le cordon à une température supérieure à celle pour laquelle il est reconnu;
- 3) de réduire les espacements (comme entre les parties actives nues et le serre-câble métallique) en dessous des valeurs spécifiées en 4.7.10.

4.7.10 Lignes de fuite et distances d'isolement

Les systèmes à piles à combustible portables doivent être construits de manière à ce que les distances d'isolement, les lignes de fuite et l'isolation solide soient appropriées pour résister aux contraintes électriques auxquelles le système à pile à combustible portable est susceptible d'être soumis. Les recommandations pour la détermination des lignes de fuite et des distances d'isolement sont spécifiées dans l'IEC 60664-1.

Exemption: L'anode et la cathode d'une même cellule élémentaire ne sont pas soumises à ces exigences de distances d'isolement et de lignes de fuite.

Dans le cas des atmosphères contenant des gaz explosifs, déterminées selon l'IEC 60079-10 (toutes les parties), les distances d'isolement, les lignes de fuite et les séparations entre parties conductrices à des potentiels différents doivent également être conformes à l'IEC 60079-15.

4.7.11 Séparation des circuits

Les conducteurs isolés (câblage interne, y compris les fils dans une boîte ou un compartiment de raccordement) qui fonctionnent à des tensions différentes doivent être conformes au moins à l'une des exigences suivantes:

- 1) être cloisonnés au moyen de barrières internes;
- 2) être cloisonnés les uns par rapport aux autres;
- 3) être cloisonnés par un blindage relié à la terre;
- 4) avoir toutes leurs âmes isolées pour la tension la plus élevée;
- 5) avoir un conducteur (ou le groupe de conducteurs pour la tension considérée) isolé pour une valeur égale au double de la tension la plus élevée.

Les conducteurs isolés doivent être séparés par des barrières internes ou doivent être cloisonnés par rapport aux parties actives nues à une tension supérieure à celle pour laquelle les âmes sont isolées.

Le cloisonnement ou la séparation des conducteurs isolés peut être réalisé par serrage, routage ou par un moyen équivalent qui assure une séparation permanente.

Si une barrière interne est utilisée pour assurer la séparation entre le câblage des différents circuits, elle doit présenter une résistance mécanique appropriée et être maintenue en place de manière fiable. Les barrières doivent être solidement fixées en place et être suffisamment stables et durables pour maintenir la séparation appropriée entre les parties actives dans les conditions normales de service, en tenant compte des influences extérieures correspondantes (voir l'IEC 61439-1).

Les barrières en matériau isolant doivent avoir une épaisseur appropriée si elles sont en papier de qualité électrique et lorsqu'elles sont situées entre les conducteurs et les parties actives nues des différents circuits, doivent être conformes au 4.6.2.3.

4.7.12 Protection des socles

Un socle de sortie doit être protégé par un dispositif de protection contre les surintensités dont les caractéristiques assignées ou le réglage correspondent aux caractéristiques assignées du socle à moins que:

- 1) le circuit ne soit pas capable de délivrer un courant supérieur aux caractéristiques assignées du socle dans une condition de charge quelconque; ou

2) une protection électronique existe et ne peut pas être mise en échec par un premier défaut.

4.7.13 Mise à la terre et équipotentialité

4.7.13.1 Exigences générales en matière de mise à la terre et d'équipotentialité

Lorsque cela est applicable, la connexion entre la borne de terre ou le contact de terre et les parties métalliques à la terre doit présenter une faible résistance. La conformité est démontrée en 7.14.

4.7.13.2 Systèmes à piles à combustible portables autonomes

Il ne doit pas être exigé de relier à la terre le châssis d'un système à pile à combustible portable autonome et celui-ci doit pouvoir servir d'électrode de terre dans les conditions suivantes:

- 1) le générateur alimente uniquement l'équipement monté sur le système à pile à combustible portable autonome, l'équipement connecté par cordon et fiche par l'intermédiaire des socles montés sur le système à pile à combustible portable autonome ou les deux;
- 2) les parties métalliques hors tension de l'équipement et les bornes du conducteur de terre de l'équipement des socles sont reliées par une liaison équipotentielle au châssis du système à pile à combustible portable autonome.

4.7.13.3 Alimentations sans interruption (ASI)

Les alimentations sans interruption (ASI) doivent satisfaire aux dispositions de mise à la terre et d'équipotentialité de l'IEC 62040-1 et de l'IEC 62040-2 selon le cas.

Les pièces conductrices accessibles de l'équipement de classe I, susceptibles de provoquer une tension dangereuse dans le cas d'un premier défaut d'isolation, doivent être connectées de manière fiable à une borne de mise à la terre de protection, au sein de l'équipement.

4.8 Protection contre les dangers de feu

4.8.1 Intention générale et objectif de la protection contre les dangers de feu

Le Paragraphe 4.8 spécifie des exigences destinées à réduire le risque d'inflammation et la propagation des flammes à la fois à l'intérieur de l'équipement et vers l'extérieur par l'utilisation appropriée de matériaux et de composants et par une construction adaptée.

4.8.2 Inflammabilité

Les composants et les matériaux à l'intérieur de l'enveloppe du système à pile à combustible portable doivent être construits ou doivent utiliser des matériaux de manière à réduire le plus possible la propagation du feu et l'inflammation. Ceci peut être démontré en choisissant des matériaux appropriés FV 0, FV 1 ou FV 2 soumis à l'essai conformément à l'IEC 60695-11-10 ou à l'IEC 60695-11-20.

Exemptions:

- Les membranes ou d'autres matériaux à l'intérieur d'un système à pile à combustible portable individuel ou d'une pile à combustible qui représentent moins de 10 % de la masse totale sont considérés comme étant une quantité limitée et sont admissibles sans tenir compte de leurs caractéristiques assignées d'inflammabilité.
- Les composants doivent être protégés contre la surchauffe dans les conditions de défaut. Lorsqu'il n'est pas possible, en pratique, de protéger les composants contre la surchauffe dans les conditions de défaut, les composants doivent être montés sur des matériaux de classe d'inflammabilité V-1 ou supérieure. De plus, de tels composants doivent être séparés des matériaux d'une classe inférieure à la classe d'inflammabilité V-1 par un espace d'au moins 13 mm dans l'air ou par une barrière solide faite dans un matériau de la classe d'inflammabilité V-1.

Les parties de matériau isolant supportant les connexions sous tension et les parties de matériau isolant à une distance d'au plus 3 mm de ces connexions sont soumises à l'essai au fil incandescent de l'IEC 60695-2-11. Toutefois, l'essai au fil incandescent n'est pas réalisé sur les parties en matériau classé comme ayant, selon l'IEC 60695-2-13, une température d'inflammation au fil incandescent d'au moins:

- a) 775 °C, pour les connexions parcourues par un courant supérieur à 0,2 A en fonctionnement normal,
- b) 675 °C, pour les autres connexions, sous réserve que l'échantillon ne soit pas plus épais que la partie concernée.

Lorsque l'essai au fil incandescent de l'IEC 60695-2-11 est effectué, les températures sont:

- 1) 750 °C, pour les connexions parcourues par un courant supérieur à 0,2 A en fonctionnement normal,
- 2) 650 °C, pour les autres connexions.

Les parties qui résistent à l'essai au fil incandescent de l'IEC 60695-2-11 mais qui, au cours de l'essai, produisent une flamme qui persiste pendant plus de 2 s, subissent un autre essai comme indiqué ci-dessous.

Les parties situées au-dessus de la connexion à l'intérieur de l'enveloppe d'un cylindre vertical d'un diamètre de 20 mm et d'une hauteur de 50 mm sont soumises à l'essai au brûleur-aiguille de l'IEC 60695-11-5. Toutefois, les parties protégées par une barrière qui satisfait à l'essai au brûleur-aiguille de l'IEC 60695-11-5 ne sont pas soumises à l'essai. L'essai au brûleur-aiguille n'est pas effectué sur les parties de matériau classé V-0 ou V-1 selon l'IEC 60695-11-10, à condition que l'échantillon ne soit pas plus épais que la partie concernée.

4.8.3 Ouvertures dans l'équipement

Le risque d'inflammation causé par de petits objets métalliques, comme les trombones ou les agrafes, doit être réduit par des mesures pour réduire le plus possible la probabilité que de tels objets entrent dans l'équipement et shuntent les parties conductrices nues entre lesquelles la tension n'est pas limitée conformément à 4.6.4.

Les mesures acceptables incluent:

- a) des ouvertures d'une largeur ne dépassant pas 1 mm quelle que soit leur longueur;
- b) un écran dont le maillage possède des ouvertures nominales inférieures à 2 mm entre axes et construites avec un filet ou un diamètre de fil d'au moins 0,45 mm;
- c) des barrières internes.

De plus, lorsque les parties métallisées d'une barrière ou d'une enveloppe sont à 13 mm au plus des parties des circuits lorsque la puissance disponible est supérieure à 15 VA, une des exigences suivantes s'applique:

- 1) l'accès par un objet métallique étranger doit être limité conformément aux mesures acceptables indiquées ci-dessus même si la tension disponible satisfait aux limites du 4.6.4;
- 2) il doit exister une barrière entre les parties conductrices nues et l'enveloppe;
- 3) des essais de défaut doivent être réalisés pour simuler le shuntage le long d'un chemin direct entre une partie conductrice nue et la partie métallisée la plus proche d'une barrière ou d'une enveloppe, située à 13 mm au plus de la partie conductrice nue.

Les exemples de barrières ou d'enveloppes plastiques métallisées comprennent celles en matériaux composites conducteurs ou celles qui sont réalisées par galvanoplastie, par dépôt sous vide, qui sont peintes ou doublées par une feuille de protection. La conformité est vérifiée par examen et par mesurage et, le cas échéant, par un essai. Si un essai de simulation de défaut

est réalisé, il convient qu'aucune inflammation de la barrière ou de l'enveloppe métallisée ne se produise.

Les ouvertures dans les côtés verticaux d'une enveloppe d'un système à pile à combustible portable ne doivent pas permettre l'intrusion d'objets ou de matériaux susceptibles de causer des blessures aux personnes ou un dysfonctionnement de l'équipement qui donnerait lieu à un choc ou à une libération d'énergie qui s'approcherait ou dépasserait un niveau d'énergie dangereux.

Les systèmes à piles à combustible portables qui comportent des ouvertures à la base de l'enveloppe doivent être conformes aux exigences applicables de l'IEC 60950-1:2005, 4.6.2.

4.9 Protection contre les dangers liés à la température

4.9.1 Exigences générales en matière de protection contre les dangers liés à la température

Les composants qui fonctionnent à une température élevée doivent comporter un blindage efficace ou être séparés pour éviter la surchauffe des matériaux et des composants adjacents.

4.9.2 Températures de surface

La température maximale de toute(s) surface(s) qui peut être en contact avec le personnel assurant l'entretien régulier et courant avec le système à pile à combustible portable en fonctionnement ne doit pas dépasser la ou les limites données dans l'IEC 60335-1:2010 et l'IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Article 11.

La conformité est vérifiée en déterminant l'échauffement des différentes parties dans les conditions spécifiées en 7.5.

4.9.3 Températures des composants

La température maximale de tout composant ne doit pas dépasser la ou les limites données dans l'IEC 60335-1:2010 et l'IEC 60335-1:2010/AMD1:2013, Article 11.

La conformité est vérifiée en déterminant l'échauffement des différentes parties dans les conditions spécifiées en 7.6:

4.9.4 Températures des parois, du sol et du plafond

Les températures des parois, du sol et du plafond adjacents à un système à pile à combustible portable ne doivent pas dépasser 50 °C au-delà de la température ambiante dans les conditions d'essai du 7.7.

4.10 Protection contre les perturbations électromagnétiques

Le système à pile à combustible portable doit présenter un niveau approprié d'immunité aux perturbations électromagnétiques de manière à pouvoir fonctionner correctement dans son environnement prévu. De plus, l'équipement ne doit pas générer de perturbations électromagnétiques supérieures aux niveaux appropriés aux emplacements d'utilisation prévus.

Selon le cas, le système à pile à combustible portable doit être conforme à l'IEC 61000-6-1 et à l'IEC 61000-6-3 pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère. Si le système à pile à combustible portable est destiné à être utilisé dans les environnements industriels, les normes suivantes doivent être données en référence: IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-2 et IEC 61000-3-3, selon le cas.

4.11 Évaluation des dangers et des risques

4.11.1 Exigences générales et approche en matière d'évaluation des dangers et des risques

Le fabricant doit s'assurer que:

- a) tous les dangers prévisibles, toutes les situations dangereuses et tous les événements associés au système à pile à combustible portable au cours de sa durée de vie prévue ont été identifiés;
- b) le risque de chacun de ces dangers a été estimé à partir de la combinaison de probabilité d'apparition du danger et de sa gravité prévisible selon l'IEC 61882, l'IEC 61511-3 ou une méthodologie équivalente;
- c) les deux facteurs qui déterminent chacun des risques estimés (probabilité et gravité) ont été éliminés ou réduits dans la mesure du possible par la conception (conception et construction à sécurité intrinsèque);
- d) les mesures de protection nécessaires en relation avec les risques qui n'ont pas été éliminés ont été prises (disposition d'avertissement et de dispositifs de sécurité);
- e) les utilisateurs sont informés de la nécessité de mettre en place toute mesure de sécurité supplémentaire.

4.11.2 Analyse de sécurité et de fiabilité

Le fabricant doit démontrer que les mesures de protection nécessaires en relation avec les risques qui ne sont pas éliminés ont été prises en réalisant une analyse de sécurité et de fiabilité pour identifier les défaillances qui ont des conséquences significatives affectant les performances et/ou la sécurité du système.

L'analyse de sécurité et de fiabilité doit être réalisée selon l'IEC 60812, l'IEC 61025 ou équivalent.

4.12 Circuits de commande de sécurité

Les dispositifs de commande électrique et électronique automatiques doivent être conçus et construits de manière à être sûrs et fiables conformément à l'IEC 60730-1, l'IEC 61508-1 ou l'IEC 61511-1, selon le cas.

Les commandes manuelles doivent porter des marquages visibles et être conçues pour éviter un réglage ou une activation involontaire.

Les dispositifs de protection, tels que les relais, les interrupteurs et les transformateurs qui satisfont aux exigences des normes de produits pertinentes doivent être exemptés de cette analyse de défaillance des composants. Par exemple les systèmes de commande automatique de brûleur électrique doivent être conformes à l'IEC 60730-2-5.

La conception d'un circuit de commande de sécurité doit être telle que la défaillance électrique d'une pièce individuelle de fonctionnement:

- 1) interrompe la fonction prévue qu'elle commande, ou
- 2) permette le déroulement du cycle de fonctionnement, mais ne lance pas ou verrouille le cycle suivant.

4.13 Protection contre l'appauvrissement en oxygène

Les systèmes à piles à combustible portables doivent éviter l'appauvrissement en oxygène sous une concentration de 18 vol % afin d'assurer la conformité aux limites de sécurité et de santé de l'utilisateur.

Le fabricant du système à pile à combustible portable doit appliquer des mesures techniques et/ou définir des modes de fonctionnement sécurisés afin que l'utilisateur ne subisse pas d'appauvrissement en oxygène.

Des modes de fonctionnement sécurisés peuvent être indiqués par un symbole/affichage de mise en garde et peuvent également faire référence à des espaces dédiés dans le manuel d'utilisation. Les modes de fonctionnement/mises en garde comprennent des indications telles que:

- La restriction/définition du volume de la pièce et/ou la durée de fonctionnement à l'intérieur
- Assurer une alimentation en air suffisante lors du fonctionnement à l'intérieur
- Pour usage à l'extérieur uniquement

Les instructions détaillées dans le manuel de fonctionnement doivent être mentionnées dans le message de mise en garde.

Les systèmes à piles à combustible portables qui sont destinés à être utilisés à l'intérieur doivent être conformes au 7.21.

La conformité à 7.21 n'est pas exigée pour les systèmes à piles à combustible portables destinés à être utilisés à l'extérieur uniquement.

4.14 Émission d'effluents

Il est nécessaire de limiter l'émission d'effluents afin de protéger les utilisateurs contre les dangers et afin d'être conforme aux normes de qualité de l'air et d'émission nationales ou locales. Une concentration excessive d'effluents nocifs ou toxiques dans l'air ambiant peut être dangereuse, en particulier si ces effluents proviennent de systèmes dédiés pour une utilisation à l'intérieur ou à l'extérieur, mais pas exclusivement.

Le fabricant du système à pile à combustible portable doit appliquer des mesures techniques et/ou définir des modes de fonctionnement sécurisés afin que l'utilisateur ne subisse pas une concentration ou une émission excessive d'effluents interdits. Les limites de concentration de divers effluents potentiels basées sur la limite d'exposition de courte durée (STEL – *short-term exposure limit*) sont données au Tableau 1.

Des modes de fonctionnement sécurisés peuvent être indiqués par un symbole/affichage de mise en garde et peuvent également faire référence à des espaces dédiés dans le manuel d'utilisation. Les modes de fonctionnement/mises en garde comprennent des indications telles que:

- La restriction/définition du volume de la pièce et/ou la durée de fonctionnement à l'intérieur
- Assurer une alimentation en air suffisante lors du fonctionnement à l'intérieur
- Pour usage à l'extérieur uniquement

Les instructions détaillées dans le manuel de fonctionnement doivent être mentionnées dans le message de mise en garde.

Les systèmes à piles à combustible portables destinés à une utilisation à l'intérieur, qui ne portent pas le marquage «**POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT**», doivent être conformes aux 7.22.2 et 7.22.3.

Les systèmes à piles à combustible portables destinés à une utilisation à l'extérieur et qui portent le marquage «**POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT**» doivent être conformes au 7.22.2 au point d'évacuation des échappements. Aucun autre essai d'émission n'est exigé pour les systèmes à piles à combustible portables destinés à une utilisation à l'extérieur et qui portent le marquage «**POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT**».

4.15 Alimentation en combustible

Lorsque cela est nécessaire, des moyens doivent être prévus pour permettre une connexion à la terre pendant le réapprovisionnement en combustible. L'accès de remplissage sur les réservoirs de combustibles qui ne sont pas normalisés doit être incompatible avec les connexions de stockage de combustibles normalisées.

Les appareils de stockage de combustible utilisant de l'hydrogène stocké dans des hydrures métalliques doivent être conformes à l'ISO 16111.

Lorsque l'alimentation en combustible est à demeure à l'intérieur du système à pile à combustible portable que ce soit un assemblage de conteneur intégré ou amovible et à remplissages multiples (pressurisé ou non), le conteneur de combustible doit satisfaire aux exigences réglementaires nationales applicables.

Des moyens doivent être prévus pour fixer les conteneurs de combustible et les empêcher de quitter leur logement pendant l'utilisation ou lorsqu'ils sont stockés sur le système à pile à combustible portable. Le mouvement latéral ne doit pas dépasser une valeur donnant lieu à une condition dangereuse. La conformité est vérifiée par le 7.27. Tout conteneur de combustible sous forme de gaz comprimé qui est intégré doit comprendre une fixation de connexion qui empêche l'écoulement de gaz jusqu'à l'obtention d'un joint étanche au gaz positif. Le dispositif de connexion qui relie l'alimentation en combustible et le système doit être adapté à son application.

4.16 Systèmes de traitement du combustible (si applicable)

Les systèmes et les composants de traitement du combustible doivent être capables de résister à une contrainte due aux chocs, vibrations et températures prévisibles durant un usage normal. Voir les recommandations données à l'Annexe B.

4.17 Enveloppes

4.17.1 Exigences générales relatives à toutes les enveloppes

Les enveloppes des équipements électriques doivent être formées et assemblées de manière à présenter la résistance et la rigidité nécessaires pour résister aux épreuves auxquelles elles peuvent être soumises, sans augmenter les dangers de feu et d'accident dus à une destruction partielle et sans réduction de l'espacement, ni desserrage ou déplacement des parties ou à d'autres défauts graves.

Pour les applications dans lesquelles les équipements peuvent être exposés à l'humidité, à la poussière ou à d'autres matériaux nocifs en fonctionnement normal, la protection offerte aux composants sous enveloppe doit être conforme aux caractéristiques assignées IP applicables conformément à l'IEC 60529.

Les enveloppes doivent être suffisamment fermées pour contenir ou détourner les parties qui, par suite d'une défaillance ou pour d'autres raisons, pourraient se desserrer, se séparer ou être éjectées d'une partie mobile.

4.17.2 Exigences relatives aux enveloppes pour usage à l'extérieur

L'enveloppe doit présenter un degré de protection d'au moins IPX4D conformément à l'IEC 60529.

4.18 Alimentations par batteries

4.18.1 Exigences générales relatives aux batteries

Une batterie doit être placée et montée de telle manière que les bornes des cellules élémentaires ne puissent pas entrer en contact avec les bornes des cellules élémentaires

adjacentes ou avec les parties métalliques du compartiment de batteries par suite d'un déplacement de la batterie.

En l'absence d'isolation du transformateur entre le circuit d'entrée en courant alternatif du système à pile à combustible portable et le circuit de batterie, les bornes de la batterie doivent être protégées pour réduire la probabilité de contact involontaire avec les bornes de la batterie.

Une batterie qui a besoin d'une adjonction d'eau doit avoir un dispositif pour déterminer le niveau du fluide. Les batteries doivent être protégées contre la surcharge, le chargement en polarité inverse et la décharge rapide conformément à l'IEC 60950-1:2005, 4.3.8.

Les piles au lithium doivent être conformes à l'IEC 60086-4. Les accumulateurs au lithium doivent être conformes à l'IEC 62133 (toutes les parties).

4.18.2 Compartiments de batteries

Les compartiments de batteries doivent être adaptés au service et résistants aux fuites potentielles.

Une enveloppe polymère ou un compartiment contenant un élément de pile liquide comme une batterie d'accumulateurs au plomb doit résister à la corrosion par les acides ou les alcalis, selon le cas.

L'enveloppe ou le compartiment contenant un élément de pile liquide comme une batterie d'accumulateurs au plomb, doit être construit(e) de manière à ce que le débordement ou la fuite de l'électrolyte du volume d'un conteneur de batterie soit contenu dans l'enveloppe et ne puisse pas:

- 1) atteindre les surfaces extérieures du système à pile à combustible portable où le contact avec l'utilisateur est possible;
- 2) contaminer les composants électriques ou les matériaux adjacents;
- 3) shunter l'espacement électrique exigé.

Un boîtier ou un conteneur métallique de batterie, comme une batterie alcaline, doit être isolé ou placé de manière à ne pas entrer en contact avec des parties actives non isolées du système à pile à combustible portable si un tel contact peut donner lieu à un court-circuit.

Une enveloppe ou un compartiment contenant des batteries possédant des conteneurs ou des boîtiers en métal qui sont connectés de manière conductrice à une électrode de batterie doit être tel que les batteries sont isolées ou séparées les unes des autres ou physiquement disposées de manière à empêcher le court-circuit d'une ou de toutes les parties de l'alimentation de la batterie après son installation dans le système à pile à combustible portable.

4.18.3 Éléments de piles liquides ouverts

Les éléments de piles liquides ouverts peuvent être intégrés dans le système à pile à combustible portable sous réserve que toutes les conditions suivantes soient remplies:

- a) l'enveloppe ou le compartiment contenant les batteries est ouvert(e);
- b) les parties à l'origine d'arcs comme les contacts des interrupteurs, des disjoncteurs et des relais ne sont pas situées dans le compartiment de batteries;
- c) le compartiment de batteries n'est pas ouvert sur des compartiments avec des espaces fermés qui contiennent des parties pouvant être à l'origine d'arcs;
- d) lorsque l'orientation ou le positionnement du système peut être source de danger, des instructions doivent être fournies et le système à pile à combustible portable doit être marqué.

NOTE Les exigences de 4.18.3 ne s'appliquent pas aux éléments élémentaires scellés ou aux batteries à soupapes.

4.18.4 Ventilation des compartiments de batteries

Si des éléments de piles liquides ouverts sont logés dans une enveloppe ou un compartiment, les débits de ventilation minimaux doivent être conformes aux exigences de l'Annexe A.

4.19 Réservoirs et tuyauteries sous pression

4.19.1 Exigences générales relatives aux réservoirs et tuyauteries sous pression

Les composants à la fois rigides et flexibles transportant les liquides sous haute pression, incluant les tuyaux et raccords, doivent être conçus, construits et soumis à l'essai conformément aux exigences nationales appropriées comme indiqué dans l'ISO 16528 (toutes les parties).

Les appareils de stockage de combustible utilisant de l'hydrogène stocké dans des hydrures métalliques doivent être conformes à l'ISO 16111.

Lorsque les circuits de tuyauteries sont conçus pour des pressions internes supérieures à 100 kPa, ils doivent être conçus, construits, et soumis à l'essai conformément à l'ISO 15649.

Les tuyauteries conçues pour un fonctionnement inférieur à 100 kPa, ou les tuyauteries que les codes et normes locaux ou nationaux des équipements sous pression ne considèrent pas comme étant des tuyauteries sous pression (tels que les flexibles à eau basse pression, tuyaux plastiques, ou autres raccords vers les réservoirs atmosphériques ou basse pression et les conteneurs similaires) doivent être construites avec des matériaux et raccords appropriés et doivent être conçues et construites avec une force et une résistance aux fuites appropriées pour éviter les dégagements involontaires.

Pour les matériaux (tuyauteries, accessoires, joints ou cuves) qui sont en contact direct avec l'hydrogène, se reporter à l'ISO 16110-1:2007, Annexe B, comme source d'informations pour éviter les problèmes d'incompatibilité.

4.19.2 Circuits de tuyauteries

Tous les matériaux des tuyauteries, les composés filetés et les rubans de filetage ne doivent pas être dégradés par l'interaction avec les éléments constituant du circuit. Les raccords d'union lorsqu'ils sont utilisés dans les conduites de gaz doivent être construits de manière appropriée et si une garniture est utilisée, elle doit être résistante à l'action des gaz.

Pour les tuyauteries de combustibles liquides, un filtre doit être prévu en amont des commandes de combustible.

Les aspects suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière:

- a) contraintes excessives dues à un mouvement libre inadmissible ou à des contraintes et efforts excessifs produits, par exemple sur les brides, les connexions, les soufflets ou les tuyaux; ces contraintes excessives peuvent être évitées au moyen par exemple de supports, d'accouplements rigides, d'ancrages, d'alignement ou de prétension;
- b) événements de rupture (mouvement soudain, jets à haute pression, etc.);
- c) condensation au cours du démarrage et/ou de l'utilisation à l'intérieur des enveloppes pour fluides gazeux qui pourrait causer des dommages par coup de bélier, effondrement de vide, corrosion et réactions chimiques incontrôlées; dans un tel cas, des moyens doivent être fournis pour le drainage et l'enlèvement des dépôts des zones basses et pour l'accès pendant le nettoyage, l'inspection et la maintenance;
- d) lorsque des fluides explosifs, inflammables ou toxiques sont contenus dans les tuyauteries, des précautions particulières doivent être prises dans la conception et le marquage des points d'échantillonnage et de prise;

- e) les tuyauteries transportant des fluides explosifs, inflammables ou toxiques doivent être adaptées à leur fonction.

4.20 Tuyaux

Les tuyaux utilisés pour les combustibles liquides doivent être adaptés à l'application. La compatibilité inclut l'absence de corrosion du matériau du tuyau, et l'absence de rupture des propriétés physiques appliquées lors de l'utilisation.

Les tuyaux utilisés pour les combustibles liquides doivent être employés dans leurs limites de pressions et de températures de service maximales admissibles pour toutes les conditions de fonctionnement normal, anormal, d'urgence et de défaut et pour les conditions d'arrêt du système à pile à combustible portable.

4.21 Robinets d'arrêt automatiques

Les gaz inflammables fournis aux systèmes à piles à combustible portables doivent traverser au moins deux robinets d'arrêt automatiques, en série, chacun servant de robinet de commande et de robinet d'arrêt de sécurité. De plus:

- a) les robinets d'arrêt de sécurité électriques doivent être d'un type qui fermera en cas de défaillance du courant;
- b) la durée de fermeture des robinets d'arrêt de sécurité ne doit pas dépasser 1 s;
- c) les robinets automatiques doivent être conformes à l'IEC 60730-2-17;
- d) les deux robinets peuvent se trouver soit dans la conduite d'alimentation en combustible du système à pile à combustible, ou, pour le système à pile à combustible basé sur une technologie réactive dans l'eau, un robinet est placé dans la conduite d'eau et l'autre dans la conduite d'alimentation en combustible.

4.22 Régulateurs

Le régulateur à pression de gaz doit être équipé d'un limiteur d'ouverture ou d'une conduite d'aération.

4.23 Équipement de commande de processus

Les équipements de commande de processus et les dispositifs de surveillance comme les capteurs, les indicateurs et les émetteurs doivent être conformes aux parties applicables de la série IEC 60079, telles que l'IEC 60079-29 (toutes les parties), et aux parties applicables de la série IEC 60730, telles que l'IEC 60730-1, ou à d'autres normes reconnues au niveau national comme cela est approprié pour l'application.

4.24 Filtres

4.24.1 Filtres à air

Les filtres à air doivent être d'un type adapté pour l'application et doivent être raisonnablement accessibles pour leur contrôle et leur remplacement. La vitesse de l'air traversant un filtre ne doit pas dépasser celle recommandée par le fabricant du filtre.

4.24.2 Filtres pour combustibles liquides

Les filtres pour combustibles liquides doivent être conçus par le fabricant comme une partie à pression adaptée pour la pression maximale de service du système de combustible adjacent.

Les filtres pour combustibles liquides et leurs supports de filtres doivent être compatibles avec le combustible utilisé.

4.25 Moteurs

Les moteurs électriques doivent être conçus pour le service continu et ils doivent être équipés d'une protection contre les surcharges conformément aux articles/paragraphes applicables des parties correspondantes de la série IEC 60034.

4.26 Pompes pour combustible

Les pompes pour combustible doivent être conçues pour le combustible spécifique et pour les pressions et les températures auxquelles elles peuvent être soumises dans les conditions de fonctionnement normal. Les pompes pour combustible doivent être équipées comme suit:

- a) dispositifs de protection contre les surpressions qui limitent la pression à la fois en entrée et en sortie des tuyauteries à une valeur inférieure à la pression de calcul de ces dernières; si la hauteur de la vanne fermée est inférieure aux caractéristiques assignées de pression des tuyauteries, des soupapes de décharge ne sont pas exigées; le produit des soupapes de décharge doit être recyclé vers le réservoir de combustible ou dirigé vers un emplacement sûr;
- b) arrêt automatique en cas de pression de décharge élevée;
- c) les canalisations d'aspiration et de refoulement doivent être protégées contre les détériorations liées aux vibrations;
- d) dispositifs d'étanchéité d'arbre compatibles avec les fluides, les températures et les pressions attendues en fonctionnement normal et anormal et pendant les arrêts normaux et les arrêts d'urgence;
- e) moteurs, roulements et joints adaptés aux cycles de service attendus.

5 Instructions

5.1 Manuel d'utilisation et d'entretien

Les instructions auxquelles il faut se reporter comme le manuel d'utilisation et le manuel d'entretien doivent être fournies avec le système à pile à combustible portable. Les instructions concernant la sécurité du produit doivent être fournies sous forme imprimée. Ce manuel doit contenir des instructions claires, lisibles et complètes pour au moins les éléments suivants:

- a) des directives stipulant que la zone entourant le système à pile à combustible portable doit être propre et exempte de matériaux combustibles, d'essence et d'autres vapeurs et liquides inflammables;
- b) lorsque de l'air est nécessaire pour la combustion ou la ventilation, des instructions permettant une ventilation adéquate soit avec l'air extérieur ou les espaces adjacents, demandant de ne pas bloquer ou obstruer les ouvertures d'air sur le système à pile à combustible portable, les ouvertures d'air communiquant avec la zone dans laquelle le système à pile à combustible portable est installé et les espacements exigés autour du système à pile à combustible portable qui fournissent les distances dans l'air permettant d'assurer la sécurité et d'évacuer l'air nécessaire;
- c) des instructions pour les connexions électriques (de mise à la terre, le cas échéant) et pour le démarrage et l'arrêt du système à pile à combustible portable; ces instructions doivent présenter et localiser tous les composants;
- d) la déclaration suivante: «Ne pas utiliser ce système à pile à combustible portable si une partie quelconque a été immergée ou remplie d'eau. Appeler immédiatement le fabricant ou son représentant pour contrôler le système à pile à combustible portable et pour remplacer toute partie fonctionnelle affectée»;
- e) des spécifications relatives à la fréquence de nettoyage ou de changement du filtre, au dimensionnement et au type de filtre pour les remplacements; ces instructions doivent contenir des directives pour le retrait et le remplacement des filtres et représenter graphiquement et localiser l'ensemble des composants fournis par le fabricant dont il est fait référence dans les instructions de retrait et de remplacement des filtres;

- f) les méthodes recommandées pour le nettoyage périodique des pièces nécessaires;
- g) lorsqu'un dispositif existe pour neutraliser le condensat, des instructions et un calendrier de maintenance, si cela est exigé;
- h) des instructions pour le graissage des pièces mobiles, y compris le type, la classe et la quantité de lubrifiant;
- i) des instructions pour examiner l'installation du système à pile à combustible portable pour déterminer que:
 - 1) que toute ouverture d'évacuation ou de prise est libre et exempte d'obstructions,
 - 2) l'absence de tous signes manifestes de détérioration du système à pile à combustible portable;
- j) une liste des pièces de remplacement et la source d'approvisionnement de ces pièces;
- k) la nécessité et la fréquence minimale des contrôles et, si cela est exigé, le contrôle périodique du système à pile à combustible portable par l'utilisateur et le personnel d'entretien qualifié;
- l) lorsque l'orientation ou le positionnement du système peut être source de danger, des instructions doivent être fournies et le système à pile à combustible portable doit porter un marquage correspondant;
- m) une documentation sur tous les produits chimiques dangereux à l'intérieur du système à pile à combustible portable avec une description du danger et des instructions pour les actions à prendre si l'utilisateur ou le personnel d'entretien devait être contaminé;
- n) une énumération de toutes les actions de maintenance régulières et de routine à réaliser sur l'équipement;
- o) les nom, adresse et numéro de téléphone du fabricant ou du distributeur;
- p) l'indication suivante pour les systèmes à piles à combustible portables uniquement destinés à un usage à l'intérieur:

ATTENTION: POUR USAGE À L'INTÉRIEUR UNIQUEMENT

- q) l'indication suivante pour les systèmes à piles à combustible portables uniquement destinés à un usage à l'extérieur:

**AVERTISSEMENT: POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT.
RISQUE D'ASPHYXIE OU D'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE.
NE PAS FAIRE FONCTIONNER À L'INTÉRIEUR**

- r) l'indication suivante pour les systèmes à piles à combustible portables destinés à un usage à l'intérieur et équipés d'un mode de fonctionnement, y compris d'un arrêt automatique après une période prédéterminée:

**AVERTISSEMENT: NE PAS REDÉMARRER AVANT
L'APPORT D'UNE VENTILATION SUFFISANTE**

- s) des connexions à la terre correctes, le cas échéant;
- t) les limites de composition et les caractéristiques d'alimentation des combustibles à utiliser dans le système à pile à combustible;
- u) le réapprovisionnement en combustible correct et, le cas échéant, élimination des conteneurs à combustible épuisés;
- v) l'inspection périodique des connexions du réapprovisionnement en combustible;
- w) l'altitude au-dessus du niveau de la mer à laquelle le système à pile à combustible doit pouvoir fonctionner correctement;
- x) la plage de températures de l'air dans laquelle le système à pile à combustible doit pouvoir fonctionner correctement;
- y) la plage de températures dans laquelle le système à pile à combustible doit être stocké;

- z) pour les systèmes à piles à combustible portables extérieurs, l'environnement pris en compte pour la conception du système à pile à combustible dans lequel il peut être placé: y compris la vitesse du vent, l'intensité et l'inclinaison de la pluie, les particules en suspension dans l'air, la poussière en suspension dans l'air (index de protection) et la qualité de l'air (composante de la pollution);
- aa) les limites d'inclinaison acceptables pour l'utilisation;
- bb) si des instructions spécifiques sont nécessaires pour empêcher tout risque d'explosion, elles doivent figurer dans le manuel d'utilisation et d'entretien.

5.2 Manuel d'information pour l'utilisateur

5.2.1 Exigences générales relatives au manuel d'information pour l'utilisateur

Un manuel d'information pour l'utilisateur doit être fourni pour un système à pile à combustible portable. Ce manuel doit être fourni dans la langue officielle des pays d'utilisation prévus.

Les manuels d'information pour l'utilisateur doivent être présentés de manière à fournir des procédures faciles à suivre. Les instructions concernant la sécurité du produit et les conditions environnementales/de fonctionnement doivent être fournies sous forme imprimée. Il convient d'utiliser des représentations graphiques pour identifier les composants du système à pile à combustible portable, les dimensions et les espaces, le composant assemblé et les points de connexion nécessaires pour clarifier les instructions. Il convient d'utiliser également des représentations graphiques pour identifier l'emplacement des composants qui sont soumis à la maintenance et pour représenter les méthodes correctes pour réaliser les procédures d'entretien.

Lorsque du texte apparaît entre guillemets, il doit figurer tel quel dans le manuel d'information pour l'utilisateur.

Il convient de diviser chaque manuel d'information pour l'utilisateur en chapitres ou sections appropriés et il convient qu'il comprenne un sommaire et des numéros de page clairement marqués.

Le manuel d'information pour l'utilisateur doit comprendre les informations de sécurité suivantes.

5.2.2 Page de couverture du manuel d'information pour l'utilisateur

La page de couverture doit présenter à l'utilisateur uniquement les instructions de sécurité les plus importantes. La page de couverture ou, en l'absence de page de couverture, la première page du manuel doit indiquer l'étiquetage de sécurité applicable conformément à l'ISO 7010.

L'avertissement de l'encadré doit contenir l'indication complémentaire suivante lorsque le système à pile à combustible portable est destiné au seul usage à l'intérieur:

POUR USAGE À L'INTÉRIEUR UNIQUEMENT

L'avertissement de l'encadré doit contenir l'indication complémentaire suivante lorsque le système à pile à combustible portable est destiné au seul usage à l'extérieur:

**AVERTISSEMENT: POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT.
RISQUE D'ASPHYXIE OU D'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE.
NE PAS FAIRE FONCTIONNER À L'INTÉRIEUR**

L'avertissement de l'encadré doit contenir l'indication suivante pour les systèmes à piles à combustible portables destinés à un usage à l'intérieur et équipés d'un mode de fonctionnement, y compris d'un arrêt automatique après une période prédéterminée:

**AVERTISSEMENT: NE PAS REDÉMARRER AVANT
L'APPORT D'UNE VENTILATION SUFFISANTE**

La page de couverture doit comporter une déclaration informant les utilisateurs de la nécessité de lire toutes les instructions contenues dans le manuel et qu'ils doivent conserver ce dernier pour s'y référer ultérieurement.

5.2.3 Section du manuel d'information pour l'utilisateur concernant la sécurité

Une section consacrée à la sécurité doit être incluse près de la page de couverture du manuel pour fournir aux utilisateurs du système à pile à combustible portable une liste des dangers potentiels et des instructions de sécurité pour un système de même nature. Les indications selon les axes suivants doivent être incluses dans la section consacrée à la sécurité avec une référence aux articles ou aux pages spécifiques correspondantes du manuel, pour plus d'information:

- a) des directives pour que la zone entourant le système à pile à combustible portable soit propre et exempte d'essence et autres vapeurs et liquides inflammables;
- b) lorsque de l'air est nécessaire pour le refroidissement ou la ventilation, des instructions demandant de ne pas bloquer ou obstruer les ouvertures d'air sur le système à pile à combustible portable, les ouvertures d'air communiquant avec la zone dans laquelle le système à pile à combustible portable est utilisé et les espacements exigés autour du système à pile à combustible portable qui assurent les distances dans l'air pour l'admission et l'évacuation de l'air nécessaire;
- c) les instructions pour le démarrage et l'arrêt du système à pile à combustible portable; ces instructions doivent représenter graphiquement et localiser l'ensemble des composants d'interface utilisateur;
- d) les systèmes à piles à combustible portables destinés à un usage à l'extérieur uniquement doivent inclure les instructions suivantes:

**AVERTISSEMENT: POUR USAGE À L'EXTÉRIEUR UNIQUEMENT.
RISQUE D'ASPHYXIE OU D'INTOXICATION AU MONOXYDE DE CARBONE.
NE PAS FAIRE FONCTIONNER À L'INTÉRIEUR**

- e) la déclaration suivante: «Ne pas utiliser ce système à pile à combustible portable si une partie quelconque a été immergée. Un système à pile à combustible portable qui a été endommagé par l'eau est extrêmement dangereux. Les tentatives d'utilisation du système à pile à combustible portable peuvent déclencher un feu ou une explosion. Il convient de contacter le fabricant ou son représentant pour inspecter le système à pile à combustible portable et pour remplacer toutes les commandes de combustible, pièces de système de commande et parties électriques qui ont été mouillées»;
- f) des spécifications relatives à la fréquence de nettoyage ou de changement du filtre, dimensionnement et type de filtre pour les remplacements; ces instructions doivent contenir des directives pour le retrait et le remplacement des filtres et représenter graphiquement et localiser l'ensemble des composants fournis par le fabricant dont il est fait référence dans les instructions de retrait et de remplacement des filtres;
- g) lorsque l'orientation ou le positionnement du système peut être source de danger, des avertissements doivent être fournis et le système à pile à combustible portable doit porter un marquage correspondant;
- h) une documentation sur tous les produits chimiques dangereux à l'intérieur du système à pile à combustible portable avec une description du danger et des instructions pour les actions à entreprendre si l'utilisateur ou le personnel d'entretien devait être contaminé;
- i) les méthodes recommandées pour le nettoyage périodique des pièces nécessaires;
- j) des instructions pour examiner le système à pile à combustible portable afin de déterminer:
 - 1) que toute ouverture d'alimentation ou d'évacuation est propre et n'est pas obstruée,
 - 2) l'absence de tous signes manifestes de détérioration du système à pile à combustible portable;