

INTERNATIONAL
STANDARD

IEC
CEI

NORME
INTERNATIONALE

62282-3-1

First edition
Première édition
2007-04

Fuel cell technologies –

**Part 3-1:
Stationary fuel cell power systems –
Safety**

Technologies des piles à combustible –

**Partie 3-1:
Systèmes à piles à combustible stationnaires –
Sécurité**



Reference number
Numéro de référence
IEC/CEI 62282-3-1:2007



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us.

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL
STANDARD

IEC
CEI

NORME
INTERNATIONALE

62282-3-1

First edition
Première édition
2007-04

Fuel cell technologies –

**Part 3-1:
Stationary fuel cell power systems –
Safety**

Technologies des piles à combustible –

**Partie 3-1:
Systèmes à piles à combustible stationnaires –
Sécurité**



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

*For price, see current catalogue
Pour prix, voir catalogue en vigueur*

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	11
4 Safety requirements and protective measures	18
4.1 General safety strategy	18
4.2 Physical environment and operating conditions	19
4.3 Selection of materials.....	21
4.4 General requirements.....	22
4.5 Pressure equipment and piping	23
4.6 Protection against fire or explosion hazards	25
4.7 Electrical safety.....	30
4.8 Electromagnetic compatibility (EMC)	34
4.9 Control systems and protective components.....	34
4.10 Pneumatic and hydraulic powered equipment.....	38
4.11 Valves.....	38
4.12 Rotating equipment	39
4.13 Cabinets.....	40
4.14 Thermal insulating materials.....	41
4.15 Utilities.....	41
4.16 Installation and maintenance.....	42
5 Type tests	42
5.1 General requirements.....	42
5.2 Test fuels	44
5.3 Basic test arrangements.....	44
5.4 Leakage tests.....	45
5.5 Strength tests.....	47
5.6 Normal operation type test	49
5.7 Electrical overload test.....	50
5.8 Dielectric requirements and simulated abnormal conditions.....	50
5.9 Shutdown parameters.....	50
5.10 Burner operating characteristics tests.....	50
5.11 Automatic control of burners and catalytic oxidation reactors.....	51
5.12 Exhaust gas temperature test.....	54
5.13 Surface and component temperatures	55
5.14 Wind tests	55
5.15 Rain test.....	58
5.16 CO emissions.....	58
5.17 Leakage tests (repeat)	59
6 Routine tests	59
7 Marking, labelling and packaging.....	60
7.1 General requirements.....	60
7.2 Fuel cell power system marking.....	60
7.3 Marking of components	60
7.4 Technical documentation.....	61

Annex A (informative) Significant hazards, hazardous situations and events dealt with in this standard	68
Annex B (informative) Carburization and material compatibility for hydrogen service	70
Annex C (normative) Test wall	76
Annex D (normative) Vent test wall	77
Annex E (normative) Piezo ring and details of typical construction	78
Figure 1 – Stationary fuel cell power systems	7
Figure 2 – Safety precautions for odorized gas-fuelled systems	63
Figure 3 – Safety precautions for odorant-free gas fuelled systems	64
Figure 4 – Safety precautions for liquid fuelled systems	64
Figure C.1 – Test wall with static pressure ports and vent terminal locations	76
Figure D.1 – Vent test wall	77
Figure E.1 – Piezo ring and details of typical construction	78
Table 1 – Allowable surface temperatures	22
Table 2 – Wind calibration	56
Table A.1 – Hazardous situations and events	68

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –**Part 3-1: Stationary 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62282-3-1 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
105/138/FDIS	105/143/RVD

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

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

The list of all the parts of the IEC 62282 series, under the general title *Fuel cell technologies*, can be found on the IEC website.

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

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62282-3-1:2007

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 3-1: Stationary fuel cell power systems – Safety

1 Scope

This part of IEC 62282 is a product safety standard suitable for conformity assessment as stated in IEC Guide 104:1997, ISO/IEC Guide 51:1999 and ISO/IEC Guide 7:1994.

This standard applies to stationary packaged, self-contained fuel cell power systems or fuel cell power systems comprised of factory matched packages of integrated systems which generate electricity through electrochemical reactions.

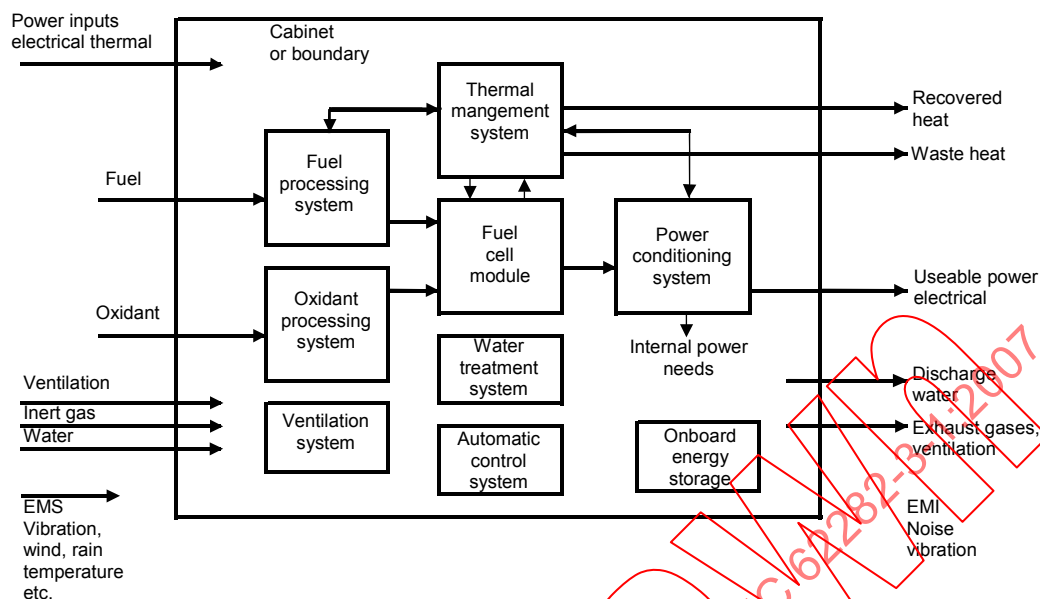
This standard applies to:

- systems intended for electrical connection to mains direct, or with a transfer switch, or to a stand-alone power distribution system;
- systems intended to provide a.c. or d.c. power;
- systems with or without the ability to recover useful heat;
- systems intended for operation on the following input fuels:
 - a) natural gas and other methane rich gases derived from renewable (biomass) or fossil fuel sources, for example, landfill gas, digester gas, coal mine gas;
 - b) fuels derived from oil refining, for example, diesel, gasoline, kerosene, liquefied petroleum gases such as propane and butane;
 - c) alcohols, esters, ethers, aldehydes, ketones, Fischer-Tropsch liquids and other suitable hydrogen-rich organic compounds derived from renewable (biomass) or fossil fuel sources, for example, methanol, ethanol, di-methyl ether, biodiesel;
 - d) hydrogen, gaseous mixtures containing hydrogen gas, for example, synthesis gas, town gas.

This standard does not cover:

- portable fuel cell power systems;
- propulsion fuel cell power systems.

A typical stationary fuel cell power system is shown in Figure 1.



IEC 433/07

Figure 1 – Stationary fuel cell power systems

The overall design of the power system anticipated by this standard shall form an assembly of integrated systems, as necessary, intended to perform designated functions, as follows.

- Fuel processing system: Catalytic or chemical processing equipment plus associated heat exchangers and controls required to prepare the fuel for utilization within a fuel cell.
- Oxidant processing system: The system that meters, conditions, processes and may pressurize the incoming supply for use within the fuel cell power system.
- Thermal management system: Provides cooling and heat rejection to maintain thermal equilibrium within the fuel cell power system, and may provide for the recovery of excess heat and assist in heating the power train during startup.
- Water treatment system: Provides the treatment and purification of recovered or added water for use within the fuel cell power systems.
- Power conditioning system: Equipment which is used to adapt the electrical energy produced to the requirements as specified by the manufacturer.
- Automatic control system: The assembly of sensors, actuators, valves, switches and logic components that maintains the fuel cell power system parameters within the manufacturer's specified limits without manual intervention.
- Ventilation system: Provides, by mechanical means, air to a fuel cell power system's cabinet.
- Fuel cell module: Assembly of one or more fuel cell stacks, electrical connections for the power delivered by the stacks, and means for monitoring and/or control.
- Fuel cell stack: Assembly of cells, separators, cooling plates, manifolds and a supporting structure that electrochemically converts, typically, hydrogen rich gas and air reactants to d.c. power, heat, water and other byproducts.

- Onboard energy storage: Internal energy source intended to aid or complement the fuel cell module in providing power to internal or external loads.

This standard is applicable to stationary fuel cell power systems intended for indoor and outdoor commercial, industrial and residential use in non-hazardous (unclassified) areas.

This standard contemplates all significant hazards, hazardous situations and events, with the exception of those associated with environmental compatibility (installation conditions), relevant to fuel cell power systems, when they are used as intended and under the conditions foreseen by the manufacturer.

This standard deals with conditions that can yield hazards on the one hand to persons and on the other to damage outside the fuel cell system only. Protection against damage to the fuel cell system internals is not addressed in this standard, provided it does not lead to hazards outside the fuel cell system.

The requirements of this standard are not intended to constrain innovation. When considering fuels, materials, designs or constructions not specifically dealt with in this standard, these alternatives shall be evaluated as to their ability to yield levels of safety and performance equivalent to those prescribed by this standard.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-2, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 2: Pressurized enclosures “p”*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-16, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 16: Artificial ventilation for the protection of analyzer(s) houses*

IEC 60079-20, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*

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

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

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

IEC 60335-2-51, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-51: Particular requirements for stationary circulation pumps for heating and service water installations*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

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

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

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

IEC 60730-2-6, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-6: Particular requirements for automatic electrical pressure sensing controls including mechanical requirements*

IEC 60730-2-9, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls*

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

IEC 60730-2-19, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-19: Particular requirements for electrically operated oil valves, including mechanical requirements*

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

IEC 60950-1:2005, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

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 61000-3-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-4: Limits – Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

IEC 61000-3-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-5: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

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

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity 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 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511-1, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software 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 61779-4, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating up to 100% lower explosive limit*

IEC 61779-6, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 6: Guide for the selection, installation, use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of flammable gases*

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

IEC 62086-1, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Electrical resistance trace heating – Part 1: General and testing requirements*

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

IEC 62282-3-2, *Fuel cell technologies – Part 3-2: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO 3864-2:2004, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

ISO 4413, *Hydraulic fluid power – General rules relating to systems*

ISO 4414, *Pneumatic fluid power – General rules relating to systems*

ISO 5388, *Stationary air compressors – Safety rules and code of practice*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

ISO 10439, *Petroleum, chemical and gas service industries – Centrifugal compressors*

ISO 10440-1, *Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 1: Process compressors (oil-free)*

ISO 10440-2, *Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 2: Packaged air compressors (oil-free)*

ISO 10442, *Petroleum, chemical and gas service industries – Packaged, integrally geared centrifugal air compressors*

ISO 13631, *Petroleum and natural gas industries – Packaged reciprocating gas compressors*

ISO 13707, *Petroleum and natural gas industries – Reciprocating compressors*

ISO 13709, *Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

ISO 14121, *Safety of machinery – Principles of risk assessment*

ISO 14847, *Rotary positive displacement pumps – Technical requirements*

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

ISO/TR 15916, *Basic considerations for the safety of hydrogen systems*

ISO/TS 16528, *Boilers and pressure vessels – Registration of codes and standards to promote international recognition*

ISO/IEC Guide 7:1994, *Guidelines for drafting of standards suitable for use for conformity assessment*

ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

3 Terms and definitions

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

3.1

accessible

area to which, under normal operating conditions, one of the following applies:

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

NOTE The terms "access" and "accessible", unless qualified, relate to operator access area as defined above.

3.2

circuit, extra low voltage (ELV)

secondary circuit with voltages between any two conductors of the circuit, and between any one such conductor and earth not exceeding 42,4 V peak, or 60 V d.c., under normal operating conditions, which is separated from hazardous voltage by basic insulation, and which neither meets all of the requirements for an SELV circuit nor meets all of the requirements for a limited current circuit

[IEC 60950]

3.3

circuit, limited current

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

[IEC 60950]

3.4

circuit, primary

circuit which is directly connected to the a.c. mains supply. It includes, for example, the means for connection to the a.c. mains supply, the primary windings of transformers, motors and other loading devices

[IEC 60950]

3.5

circuit, safety-control

circuit or portion thereof involving one or more safety controls in which failure due to grounding, opening or shorting of any part of the circuit can cause unsafe operation of the controlled equipment

3.6

circuit, safety extra low voltage (SELV)

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

[IEC 60950]

3.7

circuit, secondary

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

[IEC 60950]

3.8

circuit, telecommunications network voltage (TNV)

circuit which is in the equipment and to which the accessible area of contact is limited and that is so designed and protected that, under normal operating conditions and single-fault conditions, the voltages do not exceed specified limit values

[IEC 60950, 1.2.8.8 for specific limits]

3.9

class I equipment

equipment where protection against electric shock is achieved by

- a) using basic insulation;
- b) providing a means of connection to the protective earthing conductor in the building wiring to those conductive parts that are otherwise capable of assuming hazardous voltages if the basic insulation fails

NOTE Class I equipment may have parts with double insulation or reinforced insulation.

3.10

design pressure

pressure used in the design of a component together with the coincident design material temperature, for the purpose of determining the minimum permissible thickness or physical characteristics

3.11

effluent

products of combustion plus the excess air being discharged from gas utilization equipment (also see flue gases)

3.12

electrical equipment

see 3.14

3.13

ELV circuit

see 3.2

3.14

equipment, electrical

general term including material, fittings, devices appliances, fixtures, apparatus and the like used as part of, or in connection with, and electrical installation

3.15

flame failure lock-out time

see 3.31

3.16**fuel cell**

electrochemical device that converts the chemical energy of a fuel, such as hydrogen or hydrogen rich gases, alcohols, hydrocarbons and oxidants to DC power, heat and other reaction products

3.17**gas vent**

passageway, composed of listed factory-built components assembled in accordance with the terms of listing, for conveying flue gases from gas utilization equipment or their vent connectors to the outside atmosphere (see also 3.56)

3.18**heat exchanger**

vessel in which heat is transferred from one medium to another

3.19**igniter**

device which utilizes electrical energy to ignite gas at a pilot burner or main burner

3.20**ignition, automatic**

ignition of gas at the burner when the gas controlling device is turned on, including re-ignition if the flames on the burner have been extinguished by means other than by the closing of the gas-controlling device

3.21**ignition device**

a) device for igniting gas at a burner. It may be a pilot or an igniter

b) **direct ignition**

igniter utilized to ignite gas at a main burner

3.22**ignition system, automatic**

system designed to ignite and reignite a main burner. Such systems

a) prove the presence of either the ignition source or main burner flame, or both;

b) automatically ignite gas at the main burner or at the pilot burner so that the pilot can ignite the main burner;

c) automatically act to shut off the gas supply to the main burner or to the pilot burner and main burner, when the supervised flame or ignition source is not proved

3.23**ignition system timings**

a) **flame-establishing period**

period of time between initiation of gas flow and proof of the supervised flame or between the proof of supervised flame and initiation of gas flow. This may be applicable to proof of the ignition source or main burner flame, or both;

b) **ignition activation period**

period of time between energizing the main gas valve and deactivation of the ignition means prior to the lockout time;

c) **lockout time**

period of time between the initiation of gas flow and the action to shut off the gas flow in the event of failure to establish proof of the supervised ignition source or the supervised main burner flame. Reinitiating the lighting sequence requires a manual operation;

- d) **maximum time**
maximum allowable time for the specified function of any device;
- e) **purge time**
period of time intended to allow for the dissipation of any unburned gas or residual products of combustion
 - 1) **pre-purge time**
purge time which occurs at the beginning of a burner operating cycle prior to initiating ignition;
 - 2) **post-purge time**
purge time which occurs at the end of a burner operating cycle;
- f) **recycle time**
period of time between shutoff of the gas supply following loss of the supervised ignition source or the supervised main burner flame and reactivation of the ignition source

3.24

insulation

- a) **basic**
insulation to provide basic protection against electric shock
- b) **double**
insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation
- c) **functional**
insulation that is necessary only for the correct functioning of the equipment
- d) **reinforced**
single insulation system which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation under the conditions specified in this standard

NOTE 1 Functional insulation by definition does not protect against electric shock. It may, however, reduce the likelihood of ignition and fire.

NOTE 2 The term "insulation system" does not imply that the insulation should be in one homogenous piece. It may comprise several layers which cannot be tested as supplementary insulation or basic installation.

3.25

interlock

control to prove the physical state of a required condition and to furnish that proof to the safety shutoff device circuit

3.26

joints

points of connection between heat transfer surfaces, between positive and negative pressure zones within components of the fuel cell power system, and between fuel cell power system components

3.27

labelled

equipment or materials to which has been attached a label, symbol or other identifying mark of an organization acceptable to the authority having jurisdiction and concerned with product evaluation that maintains periodic inspection of production of labelled equipment or materials and by whose labelling the manufacturer indicates compliance with appropriate standards or performance in a specified manner

3.28

limited current circuit

see 3.3

3.29**listed**

equipment or materials included in a list published by a nationally recognized testing laboratory, inspection agency, or other organizations concerned with product evaluation that maintains periodic inspection of production of listed equipment or materials, whose listing states either that the equipment or material meets nationally recognized standards or has been tested and found suitable for use in a specified manner

3.30**load, normal**

maximum load that is connected to the mains for systems that utilize an external mains power source to idle, start, or maintain operation of the power system

3.31**lock-out time, flame failure**

period of time between the signal indicating absence of flame and lock-out

3.32**main burner**

device or group of devices essentially forming an integral unit for the final conveyance of gas or a mixture of gas and air to the combustion zone, and on which combustion takes place to accomplish the function for which the equipment is designed

3.33**manifold**

conduit which supplies gas to or collects it from the fuel cell or the fuel cell stack

3.34**materials****a) combustible**

when pertaining to materials adjacent to, or in contact with, heat-producing appliances, vent connectors, gas vents, steam and hot water pipes, and warm air ducts, those materials made of or surfaced with wood, compressed paper, plant fibres, or other materials that are capable of being ignited and burned. Such materials shall be considered combustible even though flame-proofed, fire-retardant treated, or plastered

b) non-combustible

for the purposes of this standard, materials which are not capable of being ignited and burned, such as materials consisting of, or a combination of, steel, iron, brick, tile, concrete, slate, asbestos, glass and plaster

3.35**maximum allowable working pressure**

see 3.63

3.36**maximum operating pressure**

see 3.39

3.37**normal load**

see 3.30

3.38**normal operating conditions**

operation of the fuel cell power system under normal conditions, in particular:

- nominal (rated) power output with respect to voltage and current;
- nominal thermal energy output with respect to temperature and cooling media flow (if applicable);
- nominal temperature range of the all subsystems of the fuel cell power system;
- nominal fuel composition;
- nominal flows of anode and cathode media;
- nominal pressure ranges in all fluids within the power system;
- change of power output (electrical and thermal) within the nominal ranges defined in the manufacturer's specification;

unless otherwise stated, the entire fuel cell system is operated within 2 % of the rated input voltage and frequency and within 5 % of the rated fuel consumption when operated at rated output conditions, as specified by the manufacturer. Tolerances for the other values should be specified by the manufacturer

NOTE Deviations from these nominal operating conditions are defined as abnormal operating conditions.

3.39

operating pressure, maximum (MOP)

highest gauge pressure of a component or system that is expected during normal operation including starts, stops and transients

3.40

passive state

state for the fuel cell power system internal components normally entered when the fuel cell power system is purged with steam, air or nitrogen, or according to the manufacturer's instructions when the fuel cell power system is turned off, or prior to when the fuel cell power system is turned on (initialization)

3.41

pilot

small gas flame used to ignite the gas at the main burner

a) **continuous**

pilot that burns without turndown throughout the entire time the burner is in service, whether the main burner is firing or not;

b) **expanding**

continuous pilot that is automatically expanded so as to reliably ignite the main burner. This pilot may be turned down at the end of the main burner flame-establishing period;

c) **intermittent**

pilot which is automatically lighted each time there is a signal for initialization. It burns during the entire period that the main burner is firing;

d) **interrupted**

pilot which is automatically lighted each time there is a signal for initialization. The pilot fuel is cut off automatically at the end of the main burner flame-establishing period;

e) **proved**

a pilot flame supervised by a primary safety control

3.42

pipng system

all piping, valves and fittings used to connect gas utilization equipment to the point of delivery

3.43**pluggable equipment type A**

equipment which is intended for connection to the building installation wiring via a non-industrial plug and socket-outlet or a non-industrial appliance coupler, or both

3.44**port**

any opening in a burner head through which gas or gas-air mixture is discharged for ignition

3.45**power system**

packaged, self-contained, automatically operated assembly of integrated systems for generating useful electrical energy and recoverable thermal energy

3.46**primary circuit**

see 3.4

3.47**purge**

freeing a gas conduit of air, gas or a mixture of air and gas

3.48**reformer**

vessel within which fuel gas and other gaseous recycle stream(s) (if present) are reacted with water vapour and heat, usually in the presence of a catalyst, to produce hydrogen rich gas for use within the fuel cell power system

3.49**regulator, draft**

device which functions to maintain a desired draft in the equipment by automatically reducing the draft to the desired value

3.50**secondary circuit**

see 3.7

3.51**SELV circuit**

see 3.6

3.52**specific gravity**

ratio of the weight or mass of a given volume of a substance to that of an equal volume of another substance (air for gases, water for liquids and solids) used as a standard, both measured under the same conditions

3.53**stop**

fixed point on a control, such as a temperature limit control, which prevents the adjustment of the control beyond the stop point

3.54**thermal equilibrium conditions**

stable temperature conditions indicated by temperature changes of no more than 3 K (5° F) or 1 % of the absolute operating temperature, whichever is higher between two readings 15 min apart

3.55**TNV circuit**

see 3.8

3.56

vent

passageway or conduit for conveying products of combustion from gas utilization equipment, or their vent connectors, to the outside atmosphere

3.57

vent connector

that portion of the venting system which connects the flue outlet of gas utilization equipment to the gas vent or single-wall metal pipe

3.58

vent gases

products of combustion from gas utilization equipment plus excess air, plus dilution air in the venting system above the draft regulator or similar device

3.59

vent terminal (vent cap)

fitting at the end of the vent pipe that directs the flue products into the outside atmosphere

3.60

ventilation

natural or mechanical process of supplying conditioned or unconditioned air to, or removing such air from, any space

3.61

venting system

gas vent or single-wall metal pipe, and vent connector if used, assembled to form a continuous open passageway from the flue collar of gas utilization equipment to the outside atmosphere for the purpose of removing vent gases

3.62

voltage, hazardous

voltage exceeding 42.4 V peak or 60 V d.c. existing in a circuit which does not meet the requirements for either a limited current circuit or a TNV circuit

[IEC 60950]

3.63

working pressure, maximum allowable (MAWP)

highest gauge pressure of the working fluid (gas or liquid) to which the process equipment or system is rated with consideration for initiating fault management above normal operation

NOTE A margin is usually provided between the MOP and set-points of pressure relief devices which are set at, or below, the MAWP.

4 Safety requirements and protective measures

4.1 General safety strategy

The manufacturer shall ensure that

- all foreseeable hazards, hazardous situations and events associated with the fuel cell power systems throughout their anticipated lifetime have been identified;
- 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 according to ISO 14121, IEC 61882, IEC 60300-3-9, or IEC 61511-3 as applicable, or equivalent;

- the two factors which determine each one of the estimated risks (probability and severity) have been eliminated or reduced as far as possible during the design including reasonably foreseeable misuse (inherently safe design and construction);
- the necessary protection measures in relation to risks that are not or cannot be eliminated have been taken (provision of warning and safety devices);
- users are informed of any additional safety measures that they may be required to implement.

Based on the quantity of fuel and other stored energy (for example, flammable materials, pressurized media, electrical energy, mechanical energy, etc.) in the fuel cell systems, there is a need to eliminate potential hazards. The general safety strategy for the fuel cell systems shall be established according to the following sequence:

- eliminate hazards to outside the fuel cell system, when such energy is released nearly instantaneously; or
- passively control (for example, burst disks, release valves, thermal cut-off devices) such forms of energy to ensure a release without endangering the ambient; or
- actively control such forms of energy (for example, by electronic control equipment included in the fuel cell system, which enforces adequate countermeasures based on the evaluation of sensor signals). In this case, the remaining risk due to failures in such control equipment shall be investigated in detail. Guidance for safety critical components can be found in IEC 61508; or
- provide appropriate safety markings, concerning the remaining risks of hazards.

Using the techniques described above, special care shall be taken to address the hazards listed in Annex A.

4.1.2 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 safety of the system.

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

4.1.3 Behaviour at normal and abnormal operating conditions

The fuel cell system shall be manufactured in such a way that it withstands all normal operating conditions as defined by the manufacturer's specification without any damage. In case of foreseeable abnormal operating conditions, the fuel cell system shall be manufactured and designed taking into consideration 4.1.

4.2 Physical environment and operating conditions

4.2.1 General

The fuel cell power system and protective systems shall be so designed and constructed as to be capable of performing their intended function in the physical environment and operating conditions specified in 4.2.2 to 4.2.8.

4.2.2 Electrical power input

The fuel cell power system shall be designed to operate correctly with the conditions of electrical power input specified in IEC 60204-1 or as otherwise specified by the manufacturer.

4.2.3 Physical environment

The manufacturer shall specify the physical environment conditions for which the fuel cell power system is suitable. Consideration should be given to

- indoor/outdoor use;
- the altitude above sea-level up to which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- the range of air temperatures and humidity within which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- the seismic zone where it may be sited.

4.2.4 Fuel input

The fuel cell power system should be designed to operate correctly with the composition limits and supply characteristics of the fuels for which its design is intended (for example, pipeline natural gas). In the user's manual, the manufacturer shall specify the composition limits and supply characteristics of the fuels to be used in the fuel cell power system.

4.2.5 Water input

The quality and supply characteristics of the water to be used in the fuel cell power systems shall be specified by the manufacturer.

4.2.6 Vibration, shock and bump

The undesirable effects of vibration, shock and bump (including those generated by the machine and its associated equipment and those created by the physical environment) shall be avoided by the selection of suitable equipment, by mounting it away from the fuel cell power system, or by the use of anti-vibration mountings. This does not include the effects of seismic shock, which shall be addressed separately if the manufacturer deems it appropriate for its product (see 4.2.3).

4.2.7 Handling, transportation, and storage

The 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 within a range of $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ and for short periods not exceeding 24 h at up to $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alternative temperature ranges may be specified by the manufacturer.

The fuel cell power system or each component part thereof shall

- be capable of being handled and transported safely, when necessary, be provided with suitable means for handling by cranes or similar equipment;
- be packaged or designed so that it can be stored safely and without damage (for example, adequate stability, special supports, etc.).

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

4.2.8 System purging

Means shall be provided in fuel cell systems to purge where for safety reasons a passive state is required after shutdown or prior to startup, as specified by the manufacturer. A suitable purge system utilizing a medium specified by the manufacturer such as, but not limited to, nitrogen, air or steam in a non-hazardous situation within the intended use may be used.

4.3 Selection of materials

All materials shall be suitable for the intended purpose.

4.3.1 When materials used to construct the fuel cell power system are known to pose hazards under certain circumstances, the manufacturer shall implement the measures and provide the information necessary to sufficiently minimize the risk of endangering persons' safety or health.

4.3.2 Asbestos or asbestos-containing material(s) shall not be used in the construction of a fuel cell power system.

4.3.3 Metallic and non-metallic materials used to construct internal or external parts of the fuel cell power system, in particular those exposed directly or indirectly to moisture or that contain process gas or liquid streams as well as all parts and materials used to seal or interconnect the same, for example, welding consumables, shall be suitable for all physical, chemical and thermal conditions which are reasonably foreseeable within the scheduled lifetime of the equipment and for all test conditions; in particular,

- they shall retain their mechanical stability with respect to strength (fatigue properties, endurance limit, creep strength) when exposed to the full range of service conditions and lifetime as specified by the manufacturer;
- they shall be sufficiently resistant to the chemical and physical action of the fluids that they contain and to environmental degradation; the chemical and physical properties necessary for operational safety shall not be significantly affected within the scheduled lifetime of the equipment unless replacement is foreseen; specifically, when selecting materials and manufacturing methods, due account shall be taken of the material's corrosion and wear resistance, electrical conductivity, impact strength, aging resistance, the effects of temperature variations, the effects arising when materials are put together (for example, galvanic corrosion), the effects of ultraviolet radiation, and to the degradation effects of hydrogen on the mechanical performance of a material. Guidance to account for the degradation effects of hydrogen on the mechanical performance of a material can be found in ISO/TR 15916 and Annex B.

4.3.4 Where conditions of erosion, abrasion, corrosion or other chemical attack may arise, adequate measures shall be taken to

- minimize that effect by appropriate design, for example, additional thickness, or by appropriate protection, for example, use of liners, cladding materials or surface coatings, taking due account of the intended and reasonably foreseeable use;
- permit replacement of parts which are most affected;
- draw attention, in the instructions referred to in 7.4.5, to the type and frequency of inspection and maintenance measures necessary for continued safe use; where appropriate, it shall be indicated which parts are subject to wear and the criteria for replacement.

4.4 General requirements

4.4.1 In so far as their purpose allows, accessible parts of the fuel cell power system shall have no sharp edges, no sharp angles, and no rough surfaces likely to cause injury.

4.4.2 The fuel cell power system or parts of it where persons are liable to move about or stand shall be designed and constructed to prevent persons slipping, tripping or falling on or off these parts.

4.4.3 The fuel cell power system, components and fittings thereof shall be so designed and constructed that they are stable enough, under the foreseen operating conditions (if necessary taking climatic conditions into account) for use without risk of overturning, falling or unexpected movement. Otherwise, appropriate means of anchorage shall be incorporated and indicated in the instructions.

4.4.4 The moving parts of the fuel cell power system shall be designed, built and laid out to avoid hazards or, where hazards persist, fixed with guards or protective devices in such a way as to prevent all risk of contact which could lead to accidents.

4.4.5 The various parts of the fuel cell power system and their linkages shall be so constructed that, when used normally, no instability, distortion, breakage or wear likely to impair their safety can occur.

4.4.6 The fuel cell power system shall be so designed, constructed and/or equipped that risks due to gases, liquids, dust, or vapors released during the operation or maintenance of a fuel cell power system, or used in its construction can be avoided.

4.4.7 All parts shall be securely mounted or attached and rigidly supported. The use of shock-mounts is permitted when suitable for the application.

4.4.8 All safety shutdown system components whose failure may result in a hazardous event, as identified by the reliability/safety analysis noted in 4.9.1, shall be recognized, certified or separately tested for their intended usage.

4.4.9 Risk of injury caused by contact with, or proximity to, external surfaces of the appliance enclosure, handles, grips, or knobs at high temperatures.

a) The manufacturer shall take steps to eliminate any risk of injury caused by contact with, or proximity to, external surfaces of the fuel cell power system enclosure, handle, grips, or knobs at high temperatures.

If external surfaces of the fuel cell power system's enclosure, handles, grips, knobs, or similar parts may be contacted by users without personal protective equipment while the fuel cell system is in operation, the manufacturer shall either limit the temperature of these surfaces according to Table 1 or the manufacturer shall fix guards or protective devices in such a way as to prevent risk of contact that could lead to accidents.

Table 1 – Allowable surface temperatures

Part	Temperature rise °C
External enclosures, except handles held in normal use	60
Surfaces of handles, knobs, grips and similar parts which are held for short periods only in normal use	
- of metal	35
- of porcelain	45
- of moulded material (plastic), rubber or wood	60

Maximum surface temperature rises above ambient of external surfaces that may be contacted during operation by people without personal protective equipment. The above values are referenced in Table 3 of IEC 60335-1.

- b) The temperatures on walls, floor and ceiling adjacent to a stationary fuel cell power system shall not exceed 50 °C above ambient temperature under the test conditions of 5.13b).

4.4.10 The fuel cell power system shall be so designed and constructed that the emission of airborne noise is reduced to a level suited for the intended use or location in compliance with applicable regional or national airborne noise codes and standards.

4.4.11 The fuel cell power system exhaust to atmosphere, under normal steady-state operating conditions, shall not contain concentrations of carbon monoxide in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents, which is a sample that has its effluent CO concentration mathematically corrected as though there was zero per cent excess air.

4.4.12 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.

4.4.13 The maximum temperatures of components and materials, as installed in the fuel cell power system, shall not exceed their temperature ratings.

4.4.14 The manufacturer shall give consideration to the suitability of the fuel cell power system to operate where contaminants (for example, dust, salt, smoke, and corrosive gases) are present in the physical environment.

4.4.15 The fuel cell power system enclosure shall be designed to safely contain any anticipated hazardous liquid leaks (see 4.5.2f) for liquid fuel). The containment means shall have a capacity of 110 % of the maximum volume of fluid anticipated to leak.

4.5 Pressure equipment and piping

4.5.1 Pressure equipment

Pressurized vessels, such as reactors, heat exchangers, gas-fired tube heaters and boilers, electric boilers, coolers, accumulators and similar containers, and associated pressure relief mechanisms, such as relief valves and similar devices, shall be constructed and marked in accordance with applicable regional or national pressure equipment codes and standards. ISO 16528 provides information concerning pressure equipment standards.

Vessels that, in accordance with the applicable regional or national pressure equipment codes and standards, do not qualify as “pressure vessels”, such as tanks and similar containers, shall be constructed of suitable materials in accordance with 4.3 and shall meet the applicable requirements of 4.4. Such vessels, and their related joints and fittings, shall be designed and constructed with adequate strength for functionality and leakage resistance to prevent unintended releases.

4.5.2 Piping systems

Piping and its associated joints and fittings shall conform to the applicable sections of ISO 15649.

Piping systems designed for internal gauge pressure at or above zero but less than 105 kPa, handling fluids that are non-flammable, non-toxic and not damaging to human tissue and having a design temperature from -29°C through 186°C are not included in the scope of ISO 15649. Piping systems under these conditions shall be constructed of suitable materials in accordance with 4.3 and shall meet the applicable requirements of 4.4. Such pipes, and their related joints and fittings, shall be designed and constructed with adequate strength for functionality and leakage resistance to prevent unintended releases.

The design and construction of both rigid and flexible pipes and fittings shall consider the following aspects.

- a) Materials shall meet the requirements specified in 4.3.
- b) The internal surfaces of piping shall be thoroughly cleaned to remove loose particles, and the ends of piping shall be carefully reamed to remove obstructions and burrs.
- c) If fluid condensate or sediment accumulation inside gaseous fluid piping could cause damage from water hammer, vacuum collapse, corrosion and uncontrolled chemical reactions during startup, shutdown and/or use, the manufacturer shall provide means for drainage and removal of deposits from low areas and for access during cleaning, inspection and maintenance. In particular, the manufacturer shall take measures to ensure against sediment or condensate accumulation in fuel gas controls. Sediment traps or filters shall be installed or adequate guidelines shall be provided in the product's technical documentation.
- d) The manufacturer shall take measures to ensure against sediment accumulation in liquid fuel controls. Sediment traps or filters shall be installed or adequate guidelines shall be provided in the technical documentation of the product.
- e) Non-metallic piping used to convey combustible gases shall be protected against the possibility of overheating. Measures as required by the safety and reliability analysis specified in 4.1.2 shall be provided to prevent the temperature of components conveying combustible gases from surpassing their design temperatures.
- f) Liquid fuel cell power systems shall include provisions for capturing, recycling, or safe disposal of released liquid fuel. Drip pans, spill guards, or double-walled pipe shall be designed to prevent uncontrolled releases.

4.5.3 Flue gas venting systems

The fuel cell power system shall be provided with a vent system to convey products of combustion from fuel utilization equipment to the outside atmosphere. This requirement may be exempted by installation standards for small (less than 10 kW net electrical output) fuel cell power systems. The manufacturer shall design and construct the vent pipe, or provide in the product's technical documentation instructions to design and construct the vent pipe, in compliance with the following requirements.

- a) Materials shall meet the requirements specified in 4.3. In particular, the venting system shall be constructed of material resistant to corrosion by condensate. Non-metallic material shall be judged on its temperature limitation, strength and resistance to the action of condensate.
- b) The venting system parts of a fuel cell power system shall be durable. Venting system parts, including parts within the fuel cell power system, shall not break, disassemble or become damaged to the extent that they permit unsafe fuel cell power system operation.

- c) The vent pipe shall be properly supported and shall be provided with a rain cap or other feature that would not limit or obstruct the gas flow from venting vertically upward.
- d) A means, such as drainage, shall be provided to prevent water, ice and other debris from accumulating inside the vent pipe or obstructing the vent pipe.
- e) Vent pipe exhausts shall be located outdoors in a safe location, away from user areas, ignition sources, air intakes, building openings and overhangs.
- f) A venting system for a fuel cell power system shall be leak-tight.
- g) The exhaust outlet collar shall be of such size as to accommodate a vent connector of standard diameter that is commercially available or to accommodate a conduit as specified in the manufacturer's installation instructions.
- h) Pressure switches used to prove exhaust gas flow, if used, shall be factory set, or at the manufacturer's discretion, be set by authorized personnel at the construction site. The adjustment means shall then be locked. A pressure switch shall bear a marking indicating clearly the appliance manufacturer's or distributor's part number or appropriate documentation which correlates to the locked pressure setting.
- i) Parts of a pressure switch in contact with exhaust gas condensate shall be corrosion-resistant to exhaust gas condensate at the normal operating temperatures.
- j) The fuel cell power system shall be capable of starting up and shall not shut down when the vent system is exposed to a 116 Pa static pressure or 134,5 Pa velocity pressure (54 km/h wind velocity) according to the tests in 5.14.
- k) When the fuel cell power system is provided with a venting system, the average temperature of the exhaust gases conveyed by that venting system shall not exceed temperatures acceptable for the materials used to construct the venting system.

4.5.4 Gas-conveying parts shall comply with the following condition.

Gas passage shall have gas-tightness, so that the tightness shall not be undermined under ordinary transportation, installation, and use.

4.6 Protection against fire or explosion hazards

4.6.1 Prevention against fire and explosion hazards in fuel cell power systems provided with cabinets

- a) The integrated systems of the fuel cell power system shall be assembled so as to prevent hazards associated with flammable atmosphere accumulations within the fuel cell power system.
- b) The boundary for dilution of normal internal releases to below 25 % LEL (LFL for hydrogen) may be determined by computational fluid dynamic analysis, tracer gas, or similar methods, such as those given in IEC 60079-10. All devices installed within dilution boundaries shall meet the requirements specified in e). The volume within dilution boundaries shall be classified according to IEC 60079-10. The LFL of typical gases are provided in IEC 60079-20.
- c) Cabinet compartments with internal sources of flammable gas/vapour release are defined as fuel compartments. Fuel compartments shall be designed to
 - maintain gas mixtures below 25 percent LEL (LFL for hydrogen), except in dilution boundaries; and
 - limit the extent of dilution boundaries to within the fuel compartment.

- d) Methods to maintain normal internal releases below 25 % LEL (LFL for hydrogen), except in dilution boundaries, include

1) Controlled oxidation of normal internal releases

This may be accomplished by the provision of a continuous and reliable ignition and oxidant sources that ensures the combustion of the released gases or the utilization of catalytic oxidation units.

The manufacturer shall ensure that the maximum credible release, when reacted, produces pressures and temperatures that can be contained within the fuel compartment and tolerated by the components exposed to such conditions.

2) Air dilution of normal internal releases

This may be accomplished by the provision of mechanical ventilation to dilute with air the concentration of normal releases to less than 25 % LEL (LFL for hydrogen), except within dilution boundaries. In all cases, the minimum ventilation rate shall be consistent with the allowable leakage rate test given in 5.4.

Ventilated fuel compartments shall be designed to operate at negative pressure relative to other types of compartments in the fuel cell power system and its surroundings (induced or exhaust ventilation) according to IEC 60079-16. Proper operation of the ventilation system shall be confirmed by measuring either flow or pressure. Failure of ventilation shall cause a shutdown of the process equipment.

Alternatively, fuel compartments of fuel cell power systems need not be ventilated at negative pressures if adequate means are provided to limit the concentration of flammable gas below 25 % LFL under all conditions of use except within dilution boundaries or as described in g).

Fuel compartments that rely on ventilation for protection against accumulation of flammable atmospheres shall be purged in such a way that the atmosphere will be brought below 25 % of the LFL.

NOTE One method of accomplishing this is with at least four air exchanges within an appropriate time interval to ensure this result.

The purging will take place prior to the energization of any devices that are not suitable for the area classification according to b). Purging is not required if the atmosphere within the compartment and associated ducts can be demonstrated by design to be non-hazardous. All devices, which must be energized prior to purging or in order to accomplish purging, shall meet the requirements specified in e).

- e) Within areas classified as hazardous in b), except for units that use the protection method described in d)1), the manufacturer shall eliminate ignition sources by ensuring that the

- installed electrical equipment is suitable for the area classification according to IEC 60079-0 and other applicable parts of the IEC 60079 series;
- installed electrical resistance trace heating, if available, complies with IEC 62086-1;
- surface temperatures do not exceed 80 % of the auto-ignition temperature, expressed in degrees Celsius, of the flammable gas or vapour. See IEC 60079-20 for guidance regarding auto-ignition temperatures of various flammable fluids;
- potential for static discharge has been eliminated by proper bonding and grounding according to IEC 60204-1 and by proper material selection;
- 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.

- f) Compartments that contain electrical or mechanical equipment shall be maintained at positive pressure relative to adjacent compartments with sources of flammable gas or vapour according to IEC 60079-2, unless the equipment meets the requirements specified in e).
- g) The fuel cell power system shall be provided with passive and active means, or a combination thereof, to maintain abnormal internal releases below 25 % LEL (LFL for hydrogen), except in dilution boundaries.

Sudden and catastrophic failures need not be considered a release scenario in this analysis when protection against such failures has already been contemplated in the vessel and piping design (see also 4.5).

Passive means include, but are not limited to, the mechanical limitation of releases of flammable gases or vapours to a maximum value by using pipe orifices and similar methods of flow restriction or joints permanently secured and so constructed that they limit the release rate to a predictable maximum value.

Active means may include flow measurements and controls or the provision of safety devices such as combustible gas sensors. These means shall meet the requirements specified in 4.9 and shall cause a fuel cell power system shutdown upon occurrence of conditions under which the concentration of any flammable gas in the ventilation exhaust exceeds 25 % of the LEL of that gas (LFL for hydrogen).

- h) The fuel cell power system shall be designed for the safe dispersal of the ventilation and process exhaust streams. In particular, for indoor installations the ventilation and process exhaust shall be designed for connection to a flue or venting system.
- i) Non-metallic tubing carrying hydrogen gas may accumulate electrostatic charge along its exterior surface. Discharges from the external surface of this tube may be sufficient to ignite a flammable mixture of gas or vapour in the surrounding environment. When used in Zone 1 or Zone 2 (according to IEC 60079-10) locations, measures to eliminate electrostatic discharges shall be taken. This may be achieved by specifying a tube material with sufficient conductivity, or by limiting gas flow velocity to values below which electrostatic charge does not accumulate. Tubing that relies on a protective system to eliminate electrostatic discharge (i.e., a grounding wire or braid) shall not be used in a Zone 0 location.

NOTE Metal braid coverings, or conductive wires within the non-metallic tubing wall may increase the chance of electrostatic discharge if these conductors become disconnected from their bonding conductor. In Zone 1 and 2 areas, such conductors should be mechanically secured with positive means.

4.6.2 Prevention of fire and explosion hazards in burners

- a) Fuel cell power systems shall be designed in such a way that the unsafe build-up of flammable or explosive gases in burners (start, main and auxiliary burners of a reformer section, tail gas burners) is avoided.
- b) The main burner shall be fitted with a pilot or a device for direct ignition.
- c) The direct ignition device shall be controlled automatically and shall not cause deterioration of the burner. Direct ignition devices shall be positively positioned with respect to the main burner ports. Means shall be provided to prevent incorrect assembly or reversible mounting of any direct ignition device in relation to the burner being served.
- d) Pilots shall be controlled automatically and direct ignition shall light any pilot fuel. Pilots shall be designed and fitted in such a way that they are located correctly in relation to the burners that they ignite. When a pilot is an integral part of the start burner, it need be evaluated only under the construction and performance specifications of this standard.

- e) Automatic electrical burner control systems shall comply with requirements specified in 4.9.2.
- f) The main burner or pilot flame, or both, shall be supervised by a flame detector. If a main burner is ignited by a pilot, the presence of flame at the pilot shall be detected before gas is released to the main burner. A system having an interrupted pilot shall provide supervision of the main burner flame following the main burner flame-establishing period.
- g) The supervised pilot flame shall be capable of effectively igniting the fuel at the main burner even when the fuel supply to the pilot is reduced to the point where the pilot flame is just sufficient to actuate the primary safety control.
- h) If the heat input of a pilot does not exceed 0,250 kW, there is no requirement for the flame establishing period.
- i) If the heat input of a pilot exceeds 0,250 kW, or in case of direct ignition of the main burner, the flame-establishing period is determined by the manufacturer so that, in accordance with the delayed ignition test (5.11.1), no health or safety hazard for the user or damage to the fuel cell power system occurs.
- j) Each pilot or direct main burner ignition attempt begins with the opening of the fuel valves and ends with the closing of the fuel valves. The spark shall continue at least until ignition occurs or until the end of the flame-establishing period.
- k) Pilot or direct main burner ignition shall be attempted a maximum of three times, each time followed by purging.

An absence of flame at the end of the third attempt shall result in, at least, a lockout.
- l) In case of flame failure, the system shall cause at least re-ignition, recycling or lockout.
- m) The pilot or main burner flame failure lock-out time shall not exceed 3 s.
- n) If re-ignition takes place, under the test conditions of 5.11.1, the direct ignition device shall be re-energized within a maximum time of 1 s after the disappearance of a flame signal. In this case, the flame-establishing period is the same as is used for ignition and starts when the ignition device is energized. An absence of flame at the end of the flame-establishing period shall result in, at least, a lockout.
- o) If recycling takes place, under the test conditions of 5.11.1, this shall be preceded by an interruption of the gas supply and purging; the ignition sequence shall restart from the beginning. In this case the flame-establishing period is the same as is used for ignition and starts when the ignition device is energized. Recycling shall be attempted a maximum of 3 times, each time followed by purging. An absence of flame at the end of the third attempt shall result in, at least, a lockout.
- p) A burner circuit shall be arranged to prevent feedback by a motor, capacitor or similar device from energizing a fuel valve or ignition device after a control functions to shut off the main burner.
- q) When, for safety reasons, a passive state is required prior to start-up or after shutdown, means shall be provided to automatically purge a burner housing or enclosure of any flammable gas mixture before the trial for ignition at the start and in-between recycling trials. This purge shall provide a minimum of four air changes in the combustion chamber.
- r) Ignition system components shall be installed so the operation of these devices and main burner ignition will not be affected by falling particles or condensation during normal operation.

- s) When primary air under pressure is mixed with the fuel supply, effective means shall be provided to prevent air from passing back into the fuel line, or fuel into the air supply. The fuel and air supply shall be suitably controlled to prove air flow prior to ignition and to prevent fuel from entering each reformer burner until the air supply is available and, in the event of air fan failure, to shut off the fuel supply.
- t) Mechanical linkage for operating the fuel and air controls, if used, shall be designed to reliably maintain the correct fuel/air ratio and to resist accidental breakage and disengagement.
- u) Upon shutdown, hazardous gases in the process system shall be safely contained, purged, or reacted.
- v) The manufacturer shall provide the fuel cell power system with adequate means to prevent the crossing of air into fuel or combustible process gas lines or of fuel or combustible process gas into air lines.
- w) The fuel cell power system under a blocked outlet condition shall not produce a concentration of carbon monoxide in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents according to the test of 5.16.1. Additionally, the fuel cell power system shall not produce a carbon monoxide concentration in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents when the air supply inlet is blocked according to the test of 5.16.2.

4.6.3 Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)

- a) Within fuel cell power system components carrying fluids in which flammable or explosive gas volumes are intentionally produced to conduct a controlled catalytic fuel oxidation reaction (for example, catalytic partial oxidation, catalytic combustion), the manufacturer shall avoid the unsafe build-up of flammable or explosive gases.
- b) When, for safety reasons, a passive state is required prior to start-up or after shutdown, means shall be provided to purge the catalytic fuel oxidation system components. The purging system may utilize a medium specified by the manufacturer such as, but not limited to, nitrogen, air or steam. The extent of purging is determined by considering flow characteristics, system dynamics and geometry.
- c) Where air is mixed with fuel, the manufacturer shall provide adequate means to prevent that air flows back into the fuel line, or fuel into the air supply.
 - 1) For air-rich systems
The fuel and air supply shall be suitably controlled to provide air prior to reaction initiation, and to prevent fuel from entering the reactor until the air supply is available.
 - 2) For fuel-rich systems
The fuel and air supply shall be suitably controlled to provide fuel prior to reaction initiation, and to prevent air from entering the reactor until the fuel is available.
- d) Mechanical linkage for operating the fuel and air controls, if used, shall be designed to reliably maintain the correct fuel-air ratio and to resist accidental breakage and disengagement.
- e) The reaction initiation time shall be determined by considering the response time of the system control devices and the time required to build up the maximum allowable quantity of flammable or explosive mixture that can safely be contained in the system based on flow rates, fuel-air mixture flammability, and system dynamics and geometry.

- f) If the catalytic reaction is not established within the reaction initiation time, the system shall automatically shut off the fuel supply, or for fuel-rich operations, the supply of all reactants.
- g) The temperature of the catalyst shall be monitored either directly or indirectly. The reaction fails if the temperature or rate of temperature change of the catalyst falls outside the acceptable range specified by the manufacturer. Then the system shall automatically shut off the fuel supply, or for fuel-rich operations, the supply of all reactants. The reaction failure lock-out time shall not exceed 3 s.
- h) If a mixture of fuel and air could potentially build up inside the fuel cell power system following either the failure of a reaction to start within the reaction initiation time; or the extinction of a reaction; or decrease or increase of the reaction rate to unsafe levels, the manufacturer shall ensure that the maximum quantity of flammable mixture that could credibly accumulate, if combusted, produces pressures and temperatures that can be contained within the components exposed to such conditions.
- i) Upon shutdown, hazardous gases in the process system shall be safely contained or disposed.
- j) Where air and fuel streams are put in close contact as part of the thermal management system, the manufacturer shall provide the fuel cell power system with adequate means to prevent health or safety risks from arising from the crossing of air into fuel lines or of fuel into air lines.

4.7 Electrical safety

The output voltage of a fuel cell power system shall not exceed nominal 600 V a.c. or 600 V d.c. Output voltages above these levels are permissible when applied in accordance with the local or national standards applicable to those voltage ratings.

Electrical terms and definitions used in this standard are the same as those given in IEC 60950-1, 1.2.

4.7.1 Protection against electric shock and energy hazards

IEC 60950-1, 2.1.1.2, 2.1.1.4, 2.1.1.5, 2.1.1.6, and 2.1.1.7 apply together with the following.

Any electrical disconnect devices provided to shut power down for the safety of service personnel shall be provided with a means for physically locking-out the disconnect lever to prevent inadvertent reconnection before servicing has been completed.

The provisions of 2.10 of IEC 60950-1 apply to clearances, creepage distances and distances through insulation.

IEC 60950-1, Clause 3, applies to wiring connection and supply.

4.7.1.1 Operator access

This standard specifies two categories of requirements for protection against electric shock from energized parts.

The operator is permitted to have access to

- a) bare parts in SELV circuits;
- b) bare parts in limited current circuits;
- c) insulation of wiring in ELV circuits under the conditions specified in 60950-1, 2.1.1.3.

The operator shall be prevented from having access to

- a) bare parts of circuits at ELV or hazardous voltages;

- b) operational or basic insulation of such parts except under the conditions specified in subsequent subclauses;
- c) unearthed conductive parts separated from parts at ELV or at hazardous voltages by operational or basic insulation only.

4.7.1.2 Access to ELV wiring

IEC 60950-1, 2.1.1.3, applies together with consideration for the maximum unsynchronized voltages that may appear across the line and inverter terminals.

4.7.1.3 Discharge of capacitors in the primary circuit

IEC 60950-1, 2.1.1.7, applies together with consideration for capacitance stored in the load as well as internal circuitry.

4.7.1.4 Emergency switching device

The fuel cell generator shall be provided with an integral single emergency switching device, or terminals for connection of a remote emergency-switching device, which prevents further supply to the load in any mode of operation. If reliance is placed on additional disconnection of supplies in the building wiring, the installation instructions shall state this.

Plug-connected fuel cell generators do not require an emergency switching device if the plug can perform the same function.

4.7.2 Components

The following apply to electrical components within the equipment.

Components shall comply either with the requirements of this standard or with the conditions of the relevant IEC component standards.

A component which is to be connected to an SELV circuit and also to an ELV circuit or to a part at hazardous voltage shall comply with the requirements for SELV circuits. An example of such a component is a relay with different supplies connected to different elements (coils and contacts).

a) Evaluation and testing of components

- a component that has been demonstrated to comply with a standard harmonized with the relevant IEC component standard shall be checked for correct application and use in accordance with its rating. It shall be subjected to the applicable tests of this standard, as part of the equipment, with the exception of those tests which are part of the relevant IEC component standard;
- a component that has not been demonstrated to comply with a relevant standard as above shall be checked for correct application and use in accordance with its specified rating. It shall be subjected to the applicable tests of this standard, as part of the equipment, and to the applicable tests of the component standard, under the conditions occurring in the equipment;

NOTE The applicable test for compliance with a component standard is, in general, carried out separately.

- where no relevant IEC component standard exists, or where components are used in circuits not in accordance with their specified ratings, the components shall be tested under the conditions occurring in the equipment. The number of samples required for test is, in general, the same as required by an equivalent standard.

Thermal controls shall meet the requirements of 1.5.3 of IEC 60950-1.

Transformers shall comply with the requirements of 1.5.4 of IEC 60950-1.

Capacitors connected across line power shall comply with 1.5.5 of IEC 60950-1.

b) Components that bridge double or reinforced insulation

– Bridging capacitors

It is permitted to bridge double insulation or reinforced insulation by

- 1) a single capacitor complying with IEC 60384-14:1993, subclass Y1;
- 2) a single capacitor complying with IEC 60384-14:1993, subclass Y2, where the equipment rated voltage is less than 150 V with respect to neutral or earth; or two capacitors in series, each complying with IEC 60384-14:1993, subclass Y2 or Y4;
- 3) a Y1 capacitor, or a Y2 capacitor used in accordance with 2), is considered to have reinforced insulation. Where two capacitors are used in series, they shall each be rated for the total working voltage across the pair and shall have the same nominal capacitance value.

– Bridging resistors

It is permitted to bridge double insulation or reinforced insulation by two resistors in series. The resistors shall each comply with the requirements of 2.10.3 and 2.10.4 of IEC 60950-1 for basic insulation or supplementary insulation, as applicable, between their terminations for the total working voltage across the pair and shall have the same nominal resistance value.

– Accessible parts

Where accessible conductive parts or circuits are separated from other parts by double insulation or reinforced insulation that is bridged by components in accordance with 1.5.7.2 or 1.5.7.3 of IEC 60950-1, the accessible parts or circuits shall comply with the requirements for limited current circuits in 2.4 of IEC 60950-1. These requirements shall apply after electric strength testing of the insulation has been carried out.

– Components in equipment for unearthed power distribution systems

For equipment to be connected to unearthed power distribution systems, components connected between line and earth shall be capable of withstanding the stress due to the line-to-line voltage. However, capacitors rated for the applicable line-to-neutral voltage are permitted in such applications if they comply with IEC 60384-14:1993, subclass Y1, Y2 or Y4.

4.7.3 Input current

The steady-state input current of the equipment shall not exceed the rated current by more than 10 % under normal load.

NOTE See also 1.4.10 of IEC 60950-1.

Compliance is checked by measuring the input current of the equipment at normal load under the following conditions.

- Normal load for systems that utilize an external mains power source to idle, start, or maintain operation of the power system, is considered to be the maximum load that is connected to the mains;
- Where an equipment has more than one rated voltage, the input current is measured at each rated voltage;

- Where an equipment has one or more rated voltage ranges, the input current is measured at each end of each rated voltage range. Where a single value of rated current is marked (see 1.7.1 of IEC 60950-1), it is compared with the higher value of input current measured in the associated voltage range. Where two values of rated current are marked, separated by a hyphen, they are compared with the two values measured in the associated voltage range.

In each case, the readings are taken when the input current has stabilized. If the current varies during the normal operating cycle, the steady-state current is taken as the mean indication of the value, measured on a recording r.m.s. ammeter, during a representative period.

4.7.4 Insulation

IEC 60950-1, 2.2.3.1, 2.2.3.2 and 2.2.3.3 apply. IEC 62282-2 applies with respect to the fuel cell stack construction.

4.7.5 Limited current circuits and limited power circuits

IEC 60950-1, 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3 and 2.5 apply.

4.7.6 Provisions for protective earthing

IEC 60950-1, 2.6 apply, along with the following portions of this subclause.

4.7.6.1 Protective earthing

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 protective earthing terminal within the equipment.

This requirement does not apply to accessible conductive parts that are separated from parts at hazardous voltage by

- earthed metal parts;
- solid insulation or an air gap, or a combination of the two, meeting the requirements for double insulation or reinforced insulation. In this case the parts involved shall be so fixed and so rigid that the minimum distances are maintained during the application of force as required by the tests of IEC 60950-1, 2.10 and 4.2.3.

4.7.6.2 Bonding

For Class I pluggable equipment Type A, the fuel cell generator shall provide sufficient terminals, earthed socket-outlets or other means to permit, in the final installed system configuration, equipotential earth bonding to the fuel cell generator from other Class I equipment. This requirement includes external battery cabinets, irrespective of whether the primary protective conductor of the fuel cell generator is disconnected from its source. Any special bonding instructions shall be stated in the user's instructions.

4.7.7 AC and d.c. power isolation

IEC 60950-1, 2.6.2, 2.6.3, 2.6.4, and 2.6.5 are applicable, together with the following.

4.7.7.1 Disconnect devices

Disconnection devices shall be provided to disconnect the fuel cell generator from the a.c. supplies for servicing by qualified personnel. The means of isolation can be located either in the service access area or external to the equipment.

4.7.7.2 Three-phase equipment

For three-phase fuel cell generators, the disconnect device(s) shall disconnect simultaneously all phase conductors of the supply.

If a disconnect device interrupts the neutral conductor, it shall simultaneously interrupt all phase conductors (see IEC 60950-1, 1.7.2).

4.7.7.3 Switch as a disconnect

Where the disconnect device is a switch incorporated into the equipment, its “ON” and “OFF” positions shall be marked in accordance with IEC 60950-1, 1.7.8.

If the operating means of the disconnection device is operated vertically rather than rotationally or horizontally, the “UP” position of the operating means shall be in the “ON” position.

4.7.7.4 Multiple power sources

Where a permanently connected unit receives power from more than one external source, there shall be a prominent marking at each disconnect device giving adequate instructions for the removal of all power from the unit.

4.7.7.5 Ungrounded conductors

For both internal and external d.c. supplies, disconnect devices or means of isolation, shall open all ungrounded conductors of the d.c. supply.

4.7.8 Over-current and earth fault protection

IEC 60950-1, 2.7.3, 2.7.4, 2.7.5, and 2.7.6 apply along with the following.

4.7.8.1 General

Protection against excess currents, short circuits and earth faults in input and output circuits shall be provided, either as an integral part of the equipment or as part of the building installation.

4.7.8.2 Battery circuit protection

Where a d.c. supply is installed inside the fuel cell power system, the d.c. supply shall be provided with a protective device located between the d.c. connecting means before any component which may fail short-circuited, such as capacitors, semi-conductors, or similar components.

Where the d.c. supplies are external to the fuel cell power system, the rating of the over-current protective device shall be indicated in the instruction manual and shall take into account the current rating of the conductors to be connected between the fuel cell power system and the d.c. supply.

4.7.8.3 Rating of protective device

The rating of the over-current protective device located internally shall be such that it protects against the conditions given in IEC 60950-1, 5.3.1.

4.8 Electromagnetic compatibility (EMC)

The fuel cell power system shall not generate electromagnetic disturbances above the levels appropriate for its intended places of use. In addition, the equipment shall have an adequate level of immunity to electromagnetic disturbances so that it can operate correctly in its intended environment. As applicable, the fuel cell power system shall comply with the following standards: IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-4, IEC 61000-3-5, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, and IEC 61000-6-4.

4.9 Control systems and protective components

4.9.1 General requirements

4.9.1.1 The safety and reliability analysis as specified in 4.1.2 shall provide the basis to set the protection parameters of the safety circuit.

4.9.1.2 The fuel cell power system shall be designed in such a way that the single failure of a component does not cascade into a hazardous condition. Means to prevent cascade failures include, but are not limited to,

- protective devices in the fuel cell power system (for example, interlocking guards, trip devices);
- protective interlocking of the electrical circuit;
- use of proven techniques and components;
- provision of partial or complete redundancy or diversity; and
- provision for functional tests.

Guidance for the design of electrical, electronic and programmable controls can be found in IEC 61508 or IEC 61511-1.

4.9.2 Control systems

Automatic electrical and electronic controls of fuel cell power systems shall be designed and constructed so that they are safe and reliable. Residential, commercial and light industrial fuel cell power systems shall conform to IEC 60730-1.

Automatic electrical burner control systems shall comply with IEC 60730-2-5.

Automatic electrical control systems for catalytic oxidation reactors shall comply as applicable with IEC 60730-2-5. Specific requirements are provided in 4.6.3.

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

In particular, the following requirements apply.

4.9.2.1 Start

The start of an operation shall be possible only when all the safeguards are in place and are functional.

Suitable interlocks shall be provided to secure correct sequential starting.

It shall be possible for automated plant functioning in automatic mode to be restarted after a stoppage once the safety conditions have been fulfilled. It shall also be possible to restart the fuel cell power system by intentional actuation of a control provided for the purpose, provided such restarting is verifiably non-hazardous.

This requirement does not apply to the restarting of the fuel cell power system resulting from the normal sequence of an automatic cycle.

4.9.2.2 Shutdowns

As determined by the reliability assessment indicated in 4.1.2 and the functional requirements of the fuel cell power system shall be provided with the following shutdowns.

- Safety shutdowns

A safety shutdown is, for air-rich operation, the de-energization of the main fuel flow means, or for fuel-rich operation, the de-energization of both the process air flow and the main fuel flow means, as the result of the action of a limiter, a cut-out or the detection of an internal fault of the system.

- Controlled shutdown

A controlled shutdown is, for air-rich operation, the de-energization of the main fuel flow means, or for fuel-rich operation, the de-energization of both the process air flow and the main fuel flow means, as the result of the opening of a control loop by a control device such as a thermostat. The system returns to the start position.

4.9.2.2.1 Safety shutdowns

a) General

Safety shutdowns shall be incorporated as part of the fuel cell power system in order to avert actual or impending danger that cannot be corrected by controls. These functions shall

- stop the dangerous condition without creating additional hazards;
- trigger or permit the triggering of certain safeguard actions where necessary;
- override all other functions and operations in all modes;
- prevent reset from initiating a restart;
- be fitted with restart lock-outs in such a way that a new start command may take effect on normal operation only after the restart lock-outs have been intentionally reset.

b) Emergency stop

Manual safety shutdowns (i.e. emergency stops), if required by the safety and reliability analysis in 4.1.2, shall have clearly identifiable, clearly visible and quickly accessible controls such as buttons, in accordance with ISO 13850.

c) Control functions in the event of control systems failure

In case of fault in the control system logic or failure of, or damage to, the control system hardware,

- the fuel cell power system shall not be prevented from stopping once the stop command has been given;
- automatic or manual stopping of the moving parts shall be unimpeded;
- the protection devices shall remain fully effective;
- the fuel cell power system shall not restart unexpectedly.

When a protective device or interlock causes a safety shutdown of the fuel cell power system, that condition shall be signaled to the logic of the control system. The reset of the shutdown function shall not initiate any hazardous condition. Control/monitoring systems that can operate safely in the hazardous situation may be left energized to provide system information.

4.9.2.2.2 Controlled shutdown

Upset conditions that can be safely controlled or that do not pose immediate danger may be corrected with a controlled shutdown. A controlled shutdown may remove all power to the equipment, or may leave power available to the fuel cell power system actuators.

4.9.2.3 Permissives

Permissives shall be implemented consistent with requirements established from the safety and reliability analysis described in 4.1.2. A "permissive" is defined as a condition within a logic sequence that must be satisfied before the sequence is allowed to proceed to the next phase.

4.9.2.4 Complex installations

When the fuel cell power system is designed to work together with other equipment, the fuel cell power system stop controls, including the emergency stop, shall be provided with means, such as signal interfaces, to enable the coordinated shutdown with equipment upstream and/or downstream, as applicable, of the fuel cell power system if continued operation can be dangerous.

4.9.2.5 Operating modes

- a) There shall be two primary operating modes: ON and OFF.

During the ON-mode the fuel cell power system components shall be active and operating as necessary to supply power. The following conditions are also considered to be on-modes:

- standby state (zero net power output);
- automatic start enabled (power left available to the power system actuators).

In the OFF-mode, all power to the fuel cell power system shall be cut and the unit shall be inactive, or some power to prevent deterioration of the components shall be supplied only to the fuel cell power system and the unit shall be inactive.

- b) There shall be two primary transitions: start-up and shutdown

Start-up is the transition from OFF to ON and shall be initiated from an external signal. Shutdown is the automatic transition from ON to OFF. It may be initiated either via an external signal, or internal signal in response to out of limits conditions to the fuel cell power system controller.

- c) Secondary operating modes and transitions may be provided as necessary, such as to allow for different power output rates or for adjustment, maintenance, or inspection activities.

- d) Mode selection

If the fuel cell power system has been designed and built to allow for its use in several control or operating modes presenting different safety levels (for example, to allow for adjustment, maintenance, inspection, etc.), it shall be capable of mode selection that can be secured in each position. Each position of the selector shall correspond to a single operating or control mode and shall be fitted with restart lockouts. A new start command may take effect on normal operation only after the restart lockouts have been intentionally reset. Mode selection shall be allowed by any securable means, such as a positioning knob, key lock, or software command, to prevent unintentional change to a different mode that may lead to a hazardous condition. The selector may be designed to restrict user access to certain fuel cell power system operating modes (for example, access codes for certain numerically controlled functions, etc.).

The mode selected shall override all other control systems with the exception of the safety shutdowns.

4.9.2.6 Remote monitoring and control systems

Fuel cell power systems that can be operated remotely shall have a local, labelled switch or other means to disconnect the fuel cell power system from remote signals that may be used while a local operator performs inspection or maintenance. Remote monitoring and control systems shall

- a) be allowed on fuel cell power systems only where remote control will not lead to an unsafe condition;
- b) not override locally set protective safety controls.

4.9.3 Protective components

- a) Suitable protective devices and combinations thereof comprise
 - protective devices;
 - where appropriate, adequate monitoring devices such as indicators and/or alarms which enable adequate action to be taken either automatically or manually to keep the fuel cell power system within the allowable limits.
- b) Protective devices shall
 - be so designed and constructed as to be reliable and suitable for their intended duty and take into account the maintenance and testing requirements of the devices, where applicable;
 - have their protective functions independent of other possible functions;
 - comply with appropriate design principles in order to obtain suitable and reliable protection. These principles include, in particular, fail-safe modes, redundancy, diversity and self-diagnosis.
- c) Dangerous overloading of equipment shall be prevented at the design stage by means of integrated measurement, regulation and control devices, such as over-current cut-off switches, temperature limiters, differential pressure switches, flow-meters, time-lag relays, over-speed monitors and/or similar types of monitoring devices.
- d) Protective devices with a measuring function shall be designed and constructed so that they can cope with foreseeable operating requirements and special conditions of use. Where necessary, it shall be possible to check the reading accuracy and serviceability of devices. These devices shall incorporate a safety factor that ensures that the alarm threshold lies far enough outside the limits to be registered, taking into account, in particular, the operating conditions of the installation and possible aberrations in the measuring system.
- e) Pressure limiting devices, such as pressure switches, shall be provided according to IEC 60730-2-6.
- f) Temperature monitoring devices shall have an adequately safe response time, consistent with the measurement function, according to IEC 60730-2-9.
- g) Gas sensors relied upon for safety shall comply with IEC 61779-4 and be selected, installed, calibrated, used and maintained in accordance with IEC 61779-6.
- h) All parts of fuel cell power systems which are set or adjusted at the stage of manufacture, and which should not be manipulated by the user or the installer, shall be appropriately protected.
- i) Levers and other controlling and setting devices shall be clearly marked and given appropriate instructions so as to prevent any error in handling. Their design shall be such as to preclude accidental manipulation.

4.10 Pneumatic and hydraulic powered equipment

Pneumatic and hydraulic equipment of fuel cell power systems shall be designed according to ISO 4414 and ISO 4413.

4.11 Valves

4.11.1 Shut-off valves

- a) Shut-off valves shall be provided for all equipment and systems where containment or blockage of the process fluid flow is necessary during shutdown, testing, maintenance, upset, or emergency conditions.
- b) Shut-off valves shall be rated for the service pressure, temperature, and fluid characteristics.

- c) Actuators mounted on shut-off valves shall be temperature-rated to withstand heat conducted from the valve body.
- d) Electrically, hydraulically or pneumatically operated shut-off valves shall be of a type that will move to a failsafe position upon loss of actuation energy.

4.11.2 Supply fuel valves

Supply fuel valves shall meet the following requirements.

- a) All fuel supplied to the fuel cell power system shall pass through at least two automatic valves, in series, each of which serves as an operating valve and a safety shutoff valve.
- b) Any fuel supplied directly to fuel-fired equipment, such as a startup boiler or a reformer start burner, shall also pass through at least two automatic valves, in series, each of which serves as an operating valve and a safety shutoff valve. These valves may or may not be contained in a single control body.
- c) Electrically operated supply fuel valves shall meet the requirements of IEC 60730-2-17 or IEC 60730-2-19 as applicable.
- d) When fuel gases are recycled from appliances using the fuel cell power system output gas, the connection may be exempt from employing shutoff valves if demonstrated to be safe according to the safety and reliability analysis of 4.1.2.

4.12 Rotating equipment

4.12.1 General requirements

- a) Rotating equipment shall be designed for the pressures, temperatures and fluids to which they may be subjected under normal operating conditions.
- b) Fluid inlet and outlet lines shall be adequately protected from damage due to vibration.
- c) Shaft seals shall be compatible with the pumped fluids and the operating temperatures and pressures expected in normal and abnormal operation and during normal and emergency shutdowns.
- d) Shaft seals shall be designed such that hazardous fluid leakage is avoided. If shaft seals leak hazardous fluids, the manufacturer shall provide hazardous fluid containment or dilution means as necessary to avoid risks to health or safety.
- e) Motors, bearings, and seals shall be suitable for the expected duty cycles.

4.12.2 Compressors

4.12.2.1 Where appropriate, packaged compressors shall conform to one of the following standards: ISO 5388:1981; ISO 10439:2002; ISO 10442:2002; ISO 13707:2000; ISO 10440-1:2000; ISO 10440-2:2001, or ISO 13631:2002.

4.12.2.2 Unless considered unnecessary by the safety and reliability analysis, compressors, or compressor systems, shall be provided with the following.

- a) Pressure-relief devices that limit each stage pressure to the maximum operating pressure for the compression cylinder and piping associated with that stage of compression.
- b) An automatic shutdown control for high discharge and low suction pressure.
- c) Where required to re-start the compressor after shutdown, an unloading device that captures and recycles blow-down gas for re-use, and/or safe venting.

- d) Vibration isolation from the inlet pipe to the compressor suction line.
- e) A pressure-limiting device to avoid over pressurization at the inlet.

4.12.2.3 Compressors excluded from the scope of the standards referenced in 4.12.2.1 due to small capacity or low discharge pressure need only comply with the requirements specified in 4.12.2.2.

Packaged low-discharge pressure compressors (fans and blowers) shall be guarded according to ISO 12499 (see also 4.4.4).

4.12.3 Pumps

4.12.3.1 Packaged electric pumps for process liquids shall conform to ISO 13709 or ISO 14847 if applicable.

Packaged electric pumps for water shall conform to IEC 60335-2-51 if applicable.

4.12.3.2 Electric pumps, or electric pump systems, shall be provided with the following.

- a) Pressure-relief devices that limit both inlet and outlet pressure to less than the design pressure of the piping. If the shutoff head of the electric pump is less than the pressure rating of the piping, relief valves are not required.
- b) An automatic shutdown control for high discharge pressure.
- c) Suction and discharge lines shall be adequately protected from damage due to vibration.

4.12.3.3 Pumps excluded from the scope of the standards referenced in 4.12.3.1 due to small capacity or low discharge pressure need only comply with the requirements specified in 4.12.3.2.

4.13 Cabinets

4.13.1 Fuel cell power system cabinets shall have sufficient strength, rigidity, durability, resistance to corrosion and other physical properties to support and protect all fuel cell power system components and piping; and to meet the requirements of storage, transport, installation, and final location conditions.

4.13.2 Fuel cell power system cabinets intended for use indoors or under conditions of weather-protected outdoor locations shall be designed and tested as to meet a minimum IP22 rating according to IEC 60529.

4.13.3 The fuel cell power system for use under conditions of non-weather-protected outdoor locations shall start and operate normally, without damage or malfunctioning of any part that would create a hazardous condition when subjected to a simulated rain test according to IEC 60529, test condition 14.2.4a.

4.13.4 Ventilation openings shall be so designed that they will not become obstructed during normal operation either by dust, snow or vegetation in accordance with the expected application.

4.13.5 All materials used to construct cabinets, including joints, vents, and gaskets of doors shall be capable of withstanding the physical, chemical and thermal conditions that are reasonably foreseeable throughout the fuel cell power system life.

4.13.6 Access panels, covers or insulation that need to be removed for normal servicing and accessibility shall be designed such that repeated removal and replacement will not cause damage or impair insulating value.

4.13.7 Access panels, covers or insulation that need to be removed for normal servicing and accessibility shall not be interchangeable if that interchange may lead to an unsafe condition.

4.13.8 Any access panel, cover or door that is intended to protect equipment from entry by users or untrained personnel shall have means for retaining it in place and shall require the use of a tool, key or similar mechanical means to open. For residential units, this shall include all access panels, covers, or doors.

4.13.9 All parts of fuel cell power systems that are set or adjusted at the stage of manufacture and that should not be manipulated by the user or the installer shall be adequately protected.

4.13.10 Means shall be provided to drain collected liquids and to pipe them to the exterior for disposal or redirect them to processes associated with the fuel cell power system.

4.13.11 Where personnel can fully enter the cabinet, the cabinet shall be considered a confined space and adequate guidelines shall be provided in the product's technical documentation.

4.14 Thermal insulating materials

Insulation systems employed in the fuel cell power system shall be designed to attain

- chemical compatibility with the metals being insulated, the atmosphere and temperatures to which the systems will be exposed, and the various components of the insulation system itself;
- protection of insulation systems from expected thermal and mechanical abuse (including damage by atmospheric conditions);
- fire safety, by limiting surface temperatures of heat-producing objects to prevent the ignition of materials in proximity to them;
- future accessibility of piping, fittings, etc. for maintenance purposes.

In particular, thermal insulating materials and their internal bonding or adhesive attachment means mounted on components of the fuel cell power system shall

- be mechanically or adhesively retained in place and shall be protected against displacement or damage from anticipated loads and service operation,
- withstand all air velocities, temperatures and fluids to which they may be subjected in normal operation.

If necessary to avoid hazards to health and safety, the manufacturer shall specify in the maintenance manual the thermal insulation system inspection and safety requirements.

4.15 Utilities

a) The fuel cell power system shall be designed and constructed such that in the case of the loss of the utility supply, i.e., the interruption of electrical supply, feed water, cooling water, instrument air, etc., the system shuts down safely without

- 1) the creation of any health or safety hazards;
- 2) permanent distortion or damage to the system

- b) Where the fuel cell power system requires water to operate, it shall be provided through a connection to an on-site water supply in accordance with the applicable regional and national plumbing codes and standards, or through a self-contained water source; or shown to produce water in sufficient quantities during operation.
- c) If applicable, means shall be provided to prevent backflow of steam into the water treatment system of the fuel cell power system. A suitable check valve or equivalent device meets the intent of this provision.

4.16 Installation and maintenance

4.16.1 Installation

The manufacturer shall provide instructions for the proper installation, adjustment, operation, and maintenance of the fuel cell power systems.

Errors likely to be made when fitting or refitting certain parts which could be a source of risk shall be minimized by the design of such parts or, failing this, by information given on the parts themselves and/or the housings. The same information shall be given on moving parts and/or their housings where the direction of movement shall be known to avoid a risk. Any further information that may be necessary shall be given in the instructions.

Where a faulty connection can be the source of risk, incorrect connections shall be minimized by design or, failing this, by information given on the pipes, cables, etc. and/or connector blocks.

Where the fuel cell power system requires water to operate it shall be provided: through a connection to an on-site water supply in accordance with the applicable plumbing code; through self-contained water source; or shown to produce water in sufficient quantities during operation.

4.16.2 Maintenance

- a) Adjustment, lubrication and maintenance points shall be located outside zones in which a person is exposed to risk of injury or damage to health; or maintenance instructions shall be provided in the product's maintenance manual specified in 7.4.5 as necessary to avoid risks to health or safety.
- b) It shall be possible to carry out adjustment, maintenance, repair, cleaning and servicing operations while the fuel cell power system is at a standstill. When adjustment, maintenance, repair, cleaning and servicing is to be conducted while the fuel cell power system is operating, the fuel cell power system shall be designed so that those functions can be performed without the risk of injury.
- c) Automated fuel cell power system components that have to be changed frequently shall be capable of being removed and replaced in without the risk of injury. Access to the components shall enable these tasks to be carried out with the necessary technical means (tools, measuring instruments, etc.) in accordance with the product's technical documentation.
- d) Where for protection of health, safety instructions or diagrams are to be adhered to the fuel cell power system, they shall be displayed using a permanent method, resistant to, or protected from, the environmental conditions of use.

5 Type tests

5.1 General requirements

A design examined for compliance with this standard shall be a representative production sample of the fuel cell power system.

Each new design shall be subjected to the type tests. Components, making up the system, that have been pre-certified do not need to be re-tested when applied within their rating and listing requirements. For example, a fuel cell stack that has been certified to IEC 62282-2 need not be subjected to the over-potential or over-pressure tests in this subclause.

The type tests shall prepare the data basis for a type approval of a stationary fuel cell power plant type according to applicable national and international regulations.

Type tests shall be performed in a test environment simulating the fuel cell application, which the fuel cell system is designed for, in order to obtain the required operating conditions. In particular, the test environment for the type tests shall provide interfaces at boundary limits according to the designed application of the fuel cell power system (see Figure 1). It is recommended that the type tests be performed in the order described below. The type test under abnormal conditions may be destructive.

5.1.1 Operating parameters for tests

5.1.1.1 Except where specific test conditions are stated elsewhere in the standard and where it is clear that there is a significant impact on the results of the test, the tests shall be carried out under the most unfavorable combination within the manufacturer's operating specifications of the following parameters:

- supply voltage;
- supply frequency;
- operating temperature;
- physical location of equipment and position of movable parts;
- operating mode;
- adjustment of thermostats, regulating devices or similar controls in operator access areas, which are:
 - a) adjustable without the use of a tool; or
 - b) adjustable using a means, such as a key or a tool, deliberately provided for the operator.

5.1.1.2 Except where otherwise stated in the particular clauses, measurements shall be carried out with the maximum uncertainties indicated below:

- | | | |
|----|---|--|
| a) | Atmospheric pressure (bar or Pa) | $\pm 0,005$ bar; |
| b) | Combustion chamber and test flue pressure | ± 5 % full scale or 0,5 mbar
(mbar or hPa); |
| c) | Gas pressure (bar, Pa) | ± 2 % full scale; |
| d) | Water-side pressure loss (bar, mbar, Pa) | ± 5 %; |
| e) | Water rate (l/h, m ³ /h) | ± 2 %; |
| f) | Gas rate (m ³ /h (n)) | ± 2 %; |
| g) | Air rate (m ³ /h (n)) | ± 2 %; |
| h) | Time (h) | |
| | – for ignition timings | $\pm 0,2$ s; |
| | – for all other timings | $\pm 0,1$ %; |
| i) | Auxiliary electrical energy/performance kWh or kW | ± 2 %; |
| j) | Temperatures: °C or K | |
| | – Ambient | ± 1 K; |
| | – Water | ± 2 K; |

– Combustion products	$\pm 5 \text{ K}$;
– Fuel gas	$\pm 1 \text{ K}$ at $T < 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 1 \text{ \%}$ of reading in $^{\circ}\text{C}$: $100 \leq T < 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 5 \text{ \%}$ of reading in $^{\circ}\text{C}$: $T \geq 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
– Surface	$\pm 5 \text{ K}$;
k) CO, CO ₂ and O ₂ for the calculation of flue losses	$\pm 6 \text{ \%}$ of reading;
l) Gas calorific value in kWh/m ³ (n)	$\pm 1 \text{ \%}$;
m) Gas density in kg/m ³ (n)	$\pm 0,5 \text{ \%}$;
n) Mass in kg	$\pm 0,05 \text{ \%}$;
o) Torque in Nm	$\pm 10 \text{ \%}$;
p) Force in N	$\pm 10 \text{ \%}$;
q) Current in A	$\pm 1 \text{ \%}$;
r) Voltage in V	$\pm 1 \text{ \%}$;
s) Electrical power in W, kW	$\pm 2 \text{ \%}$

The full range of the measuring apparatus is chosen to be suitable for maximum anticipated value.

For the determination of the leakage rate, a method is used which gives such accuracy that the error in its determination does not exceed 2 % of related volume per hour.

The measurement uncertainties indicated concern individual measurements. For measurements requiring a combination of individual measurements (for example, efficiency measurements), the lower uncertainties associated with individual measurements may be necessary to limit the total uncertainty.

5.1.1.3 Normal operating voltages

For the purpose of determining operating voltages see IEC 60950-1, 1.4.80.

5.2 Test fuels

5.2.1 A fuel cell power system intended for use with natural gas shall have the tests specified herein conducted with a gas whose composition and supply pressures reflects that of commercially available natural gas at the maximum and minimum expected gas pressure. If required by the country of destination, the tests shall also be conducted with limit gases.

5.2.2 A fuel cell power system intended for use with liquefied petroleum gases shall have the tests specified herein conducted with a gas whose composition and supply pressures reflects that of commercially available liquefied petroleum gas at the maximum and minimum expected gas pressure. If required by the country of destination, the tests shall also be conducted with limit gases.

5.2.3 A fuel cell power system intended for use with other type of fuel(s) (see Clause 1) shall be tested with a test fuel(s) of composition and supply characteristics representative of the fuel(s).

5.3 Basic test arrangements

When the tests are conducted, the entire fuel cell power system, including any air filters, start-up devices, venting or exhaust systems and all field furnished equipment shall be installed and operated in accordance with the manufacturer's instructions.

Unless otherwise stated, the fuel cell power system shall be operated

- a) with the inlet supply pressure as defined in 5.2;
- b) within $\pm 5\%$ of the rated voltage and frequency, and within $\pm 10\%$ of the rated power output as specified by the manufacturer;
- c) within $\pm 5\%$ of the rated fuel consumption when operated at rated conditions, and $\pm 10\%$ as specified by the manufacturer;
- d) at ambient temperature and pressure which do not degrade the results of the tests.

Testing shall commence when the fuel cell power system components are at equilibrium temperature, unless otherwise specified.

5.4 Leakage tests

The procedures of this section shall be performed twice, prior to and following the conduction of, all non-destructive tests specified in 5.6 through 5.16.

5.4.1 Gas leakage tests

All portions of the fuel cell power system that contain flammable gas mixtures shall not leak externally in excess of the limit specified below when tested with appropriate gases or vapours (for example, the nominal operating gases, clean dry air or inert gas as specified by the manufacturer) that correlate with the expected constituents during operation and shutdown.

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

Fuel cell modules shall be tested as described in IEC 62282-2. Fuel cell modules designed without anode/cathode seals and operated above their fuel auto-ignition temperature are not addressed in the IEC 62282-2 leakage tests; therefore, their containment vessel shall be tested as described below.

A suitable pressurizing system, capable of supplying the gaseous medium at the required test pressure, and a suitable flow-measuring device, capable of measuring the leakage rate with an accuracy of 2 %, shall be connected to the inlet of a test section. The flow-measuring device shall be located between the pressuring system and the test section to be pressurized. The outlet of the test section shall be sealed by any convenient means. All functional parts shall be caused to assume their open position so that the required test pressure is exerted on all parts of the test section.

The gaseous medium shall be gradually admitted to the test section so that a uniform gauge pressure of not less than 1,1 times the maximum operating pressure of that test section is attained gradually in approximately 1 min. This pressure shall be maintained for at least 30 min, or appropriate, depending on the volume, at which time any leakage, as indicated by the flow-measuring device, shall be noted.

An acceptable leakage rate is a total measured rate, from all test areas, that cannot result in an area concentration greater than 25 % of the fuel's lower flammability limit (LFL).

If mechanical ventilation is used to compensate for fuel leakage, the allowable leakage rate is determined by the formula:

$$L = 0,01 \times (V/R)$$

where

L is the allowable leakage rate, in cubic meters per hour, for each part or all parts respectively;

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2} \quad \text{where} \quad TGSG \text{ is the test gas specific gravity;}$$

$FGSG$ is the fuel gas specific gravity;

or

$$R = (\mu_{\text{test}}/\mu_{\text{fuel}}) \quad \text{where} \quad \mu_{\text{test}} \text{ is the test gas absolute viscosity;}$$

μ_{fuel} is the fuel gas absolute viscosity;

NOTE The R value that results in the lower allowable leakage rate should be reported.

V is the minimum ventilation rate, in cubic meters per hour of air.

A correction factor may be used when fuel gas of less than 100 % flammables is used.

$$L = 0,01 \times (V/R) \times (1/C)$$

where C is the concentration of combustibles.

5.4.2 Liquid leakage tests

This test method is used for evaluating test sections that contain combustible and/or hazardous liquids, for example, liquid fuels, toxic coolants.

The test fluid shall be the design liquid. If the manufacturer considers that testing with the design liquid is impractical, then the test liquid shall be water. If there is the possibility of damage due to freezing or to adverse effects of water on the piping system, another suitable non-toxic liquid may be used. If the liquid is flammable, its flash point shall be at least 50 °C and consideration shall be given to the test environment.

Metallic sections: The hydrostatic test pressure at any point on a test section made of metallic components shall be as follows.

- Not less than 1,1 times the maximum operating pressure.
- For design temperature above the test temperature, the minimum test pressure shall be calculated by the following equation, except that the value S_T/S shall not exceed 6,5

$$P_T = 1,1 (PS_T)/S$$

where

P_T is the minimum test gauge pressure;

P is the internal maximum operating gauge pressure;

S_T is the stress value at test temperature according to ISO 15649 which refers to Table A-1 of ANSI/ASME B31.3;

S is the stress value at design temperature according to ISO 15649 which refers to Table A-1 of ANSI/ASME B31.3.

Non-metallic sections: The hydrostatic test pressure at any point in a test section made of non-metallic components shall be as follows.

- a) Not less than 1,1 times the maximum operating pressure, but shall not exceed 1,1 times the maximum rated pressure of the lowest rated component in the system.
- b) For design temperature above the test temperature, the minimum test pressure shall be calculated by the equation given above.

where

S_T is the stress value at test temperature according to ISO 15649 which refers to Table B-1 of ANSI/ASME B31.3;

S is the stress value at design temperature according to ISO 15649 which refers to Table B-1 of ANSI/ASME B31.3 (see ANSI B31.3, 345.4 and A345.4 for details).

NOTE 1 If the test pressure would produce a nominal pressure stress or longitudinal stress in excess of yield strength at test temperature, the test pressure may be reduced to the maximum pressure that will not exceed the yield strength at high temperature.

NOTE 2 A preliminary test using a suitable test fluid at more than 170 kPa gauge pressure may be made prior to hydrostatic testing to locate major leaks.

NOTE 3 Where the test pressure of piping attached to a vessel is the same as, or less than, the test pressure for the vessel, the piping may be tested with the vessel at the piping test pressure.

NOTE 4 Where the test pressure of the piping exceeds the vessel test pressure and it is not considered practicable to isolate the piping from the vessel, the piping and the vessel may be tested together at the vessel test pressure provided the manufacturer agrees and the vessel test pressure is not less than 77 % of the piping test pressure calculated in accordance with the formula above.

All external surfaces of the parts that convey liquids shall be made visible to check for leakage. If certain parts cannot be made visible, provisions shall be made to capture and route leakage to a point of visibility. If leak routing cannot be achieved then an alternate leak check will need to be devised by the manufacturer.

Prior to test performance, it shall be determined which liquid-conveying parts are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. 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.

The test apparatus 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 vent air from the test section during liquid fill.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure is attained. This pressure shall be maintained for at least 30 min, or longer as necessary, to complete the leak checks, while inspecting all external surfaces of the system for any sign of leakage. If a leak routing system is employed, the test pressure shall be held for a minimum of 3 h.

No liquid leakage is allowed. Any visible evidence of leakage is a cause for failing the test.

5.5 Strength tests

All portions of the fuel cell power system that convey potentially flammable mixtures of gases, and all portions of the fuel cell power system that convey liquids shall perform strength tests according to the following.

- a) The portion that falls within the scope of national pressure standards shall be tested according to those standards.
- b) The fuel cell modules shall be tested or have already been tested as specified in IEC 62282-2.

c) All other portions shall be tested as follows.

5.5.1 Gas sections

Parts, including joints and connections, that convey a flammable gas shall withstand, without rupture, fracture, deformation or other physical damage the following pressures.

- a) For test sections subject to a maximum working pressure of 3,4 kPa, an internal static pressure of 5 times their maximum allowable working pressure.
- b) For test sections subject to a maximum working pressure between 3,4 kPa and 11 kPa, an internal static pressure of 17 kPa.
- c) For test sections subject to a maximum working pressure of over 11 kPa, but not exceeding the minimum pressure of the scope of the national pressure standard, the test pressure to be used shall be no less than 1,5 times the maximum allowable working pressure.

Prior to conducting this test, it shall be established which gas-conveying parts are subjected to the same internal pressure during normal operation of the 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 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 air from the test section.

When liquid cannot be tolerated as a test medium, clean dry air or any inert gas, such as nitrogen or helium, may be used in lieu of the liquid medium. A suitable pressurization 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, when a liquid medium is used, shall be gradually increased or the gaseous medium, when used, shall be gradually admitted to the test section so that a uniform gauge pressure as specified above is attained in approximately 1 min. The pressure shall be maintained for at least 1 min during which time no rupture, fracture, deformation or other physical damage shall occur.

5.5.2 Liquid sections

Parts that convey a liquid shall withstand, without rupture, fracture, deformation or other physical damage, an internal static pressure as noted below.

Metallic sections: The hydrostatic test pressure at any point on a test section made of metallic components shall be as follows.

- a) Not less than 1,5 times the maximum allowable working pressure.
- b) For design temperature above the test temperature, the minimum test pressure shall be calculated by the following equation, except that the value S_T/S shall not exceed 6,5.

$$P_T = 1,5 (PS_T)/S$$

where

P_T is the minimum test gauge pressure;

P is the internal maximum operating gauge pressure;

S_T is the stress value at test temperature according to ISO 15649 which refers to Table A-1 of ANSI/ASME B31.3;

S is the stress value at design temperature according to ISO 15649 which refers to Table A-1 of ANSI/ASME B31.3.

Non-metallic sections: The hydrostatic test pressure at any point in a test section made of non-metallic components shall be as follows.

- a) Not less than 1,5 times the maximum allowable working pressure, but shall not exceed 1,5 times the maximum rated pressure of the lowest rated component in the system.
- b) For design temperature above the test temperature, the minimum test pressure shall be calculated by the equation above

where

S_T is the stress value at test temperature according to ISO 15649 which refers to Table B-1 of ANSI/ASME B31.3;

S is the stress value at design temperature according to ISO 15649 which refers to Table B-1 of ANSI/ASME B31.3 (see ANSI B31.3, 345.4 and A345.4 for details).

NOTE 1 If the test pressure would produce a nominal pressure stress or longitudinal stress in excess of yield strength at test temperature, the test pressure may be reduced to the maximum pressure that will not exceed the yield strength at high temperature.

NOTE 2 A preliminary test using a suitable test fluid at more than 170 kPa gauge pressure may be made prior to hydrostatic testing to locate major leaks.

NOTE 3 Where the test pressure of piping attached to a vessel is the same as, or less than, the test pressure for the vessel, the piping may be tested with the vessel at the piping test pressure.

NOTE 4 Where the test pressure of the piping exceeds the vessel test pressure and it is not considered practicable to isolate the piping from the vessel, the piping and the vessel may be tested together at the vessel test pressure provided the manufacturer agrees and the vessel test pressure is not less than 77 % of the piping test pressure calculated in accordance with the formula above.

Prior to conducting this test, it shall be established which liquid-conveying parts are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section, which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the 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. This pressure then shall be maintained for at least one minute during which time no rupture, fracture, deformation or other physical damage shall occur.

5.6 Normal operation type test

Verify nameplate values using IEC 62282-3-2 procedures.

5.7 Electrical overload test

The fuel cell system shall be capable of withstanding an electrical overload. Where a manufacturer permits an output current higher than the rated nominal current for a certain period, the fuel cell system shall be thermally stabilized at rated current, then the output current shall be increased to the defined value and held constant for the defined time, both specified by the manufacturer.

There shall be no flame, risk of shock, rupture, fracture, permanent deformation or other physical damage to the system.

If no higher current is allowed by the manufacturer, the test cannot be performed.

5.8 Dielectric requirements and simulated abnormal conditions

5.8.1 Earth leakage

Leakage currents from the a.c. portions of a fuel cell power system shall meet the requirements of IEC 60950-1, 5.1.

5.8.2 Dielectric strength

Solid dielectrics shall meet the requirements of IEC 60950-1, 5.2. The solid insulation shall be pre-heated to a temperature representative of normal operation, unless such a temperature rise does not substantively affect the breakdown voltage.

NOTE Liquid dielectrics, such as those used for coolants, are not intended to be included in this test.

The fuel cell stack may be isolated for this test.

5.8.3 Abnormal conditions

The following subclauses from IEC 60950-1 are applicable.

Protection against overload and abnormal operation:	5.3.1
Motors:	5.3.2
Transformers:	5.3.3
Functional insulation:	5.3.4
Electromechanical components:	5.3.5
Simulation of faults:	5.3.6
Unattended equipment:	5.3.7
Compliance criteria:	5.3.8

5.9 Shutdown parameters

Compliance with this subclause shall be established for each anomaly using a simulated test procedure or 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 fuel cell power system for any of the critical anomalies resulting from the reliability analysis described in 4.9.1.

5.10 Burner operating characteristics tests

The procedures of this subclause are applicable to fuel cell power systems equipped with any fuel-fired boiler or heating device, for example, the start burner of the reformer section, and shall be performed with the burner both hot and cold for the following conditions.

- At the test pressures and using test gases as defined in 5.2.
- At the maximum and minimum fuel supply pressures specified by the manufacturer, if different from those pressures defined in 5.10a).

- c) When operating at 85 % and 110 % of the rated igniter input voltage. When provided with voltage variation protection within this range, the system shall be tested at the specified limits. In addition, the voltage variation protection shall be verified according to 5.9.

5.10.1 General testing

The automatic ignition system shall effect ignition of burner fuel immediately after the fuel reaches the burner port(s). A continuous pilot, when provided, shall not extinguish when the burner fuel gas is turned "ON" or "OFF". This provision does not apply to an intermittent or interrupted type pilot when the burner fuel is turned "OFF".

During the test it shall be verified that

- a) the burner fuel ignites effectively without delayed ignition, flashback, undue noise or equipment damage;
- b) the burner flames extinguish without flashback and undue noise;
- c) the burner flames do not flash outside the combustion chamber;
- d) the burner does not deposit carbon;
- e) there is no gas escaping or backflow at the burner's primary air openings.

5.10.2 Limit testing

The test is carried out without altering the adjustment of the burner and ignition burner. The pressure at the fuel inlet is reduced to 70 % of the normal pressure. Under these supply conditions, it is checked that the burner is safely operating, and that the CO emissions remain below the level required in 4.4.11. This test is repeated at the minimum heat input permitted by the controls, if ignition is possible under these conditions.

5.11 Automatic control of burners and catalytic oxidation reactors

The procedures of this subclause are associated with the start of all components intended to conduct a controlled oxidation reaction, for example, combustion (start burner of a reformer section), catalytic partial oxidation and catalytic combustion.

The manufacturer may opt to conduct ignition tests (5.11.1.3 through 5.11.1.7) on a fuel cell power system subassembly, rather than on a completely built unit, provided the subassembly contains all the parts (for example, the igniter and main burner, the manufacturer's specified igniter location, combustion chamber and, if applicable, the combustion/exhaust fan dedicated to the combustion chamber) that may have an effect on the test results.

5.11.1 Automatic ignition control burners

The automatic ignition control of fuel cell power system burners shall be tested according to the following tests.

5.11.1.1 Effective ignition

The igniter shall light the main burner fuel immediately after fuel reaches the main burner ports. With the fuel cell power system maintained at rated voltage, the igniter shall be activated and ignition observed. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur immediately after fuel reaches the main burner ports.

5.11.1.2 Ignition – voltage variation

a) Undervoltage

The voltage to the fuel cell power system shall be adjusted to 85 % of the rating plate voltage or the specified voltage when provided with voltage variation protection within 85 % of the rating plate voltage. Under this condition, the igniter shall light the main burner fuel within the main flame establishing period. The CO emissions shall be measured to verify compliance with the requirement of 4.4.11. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur within the designated time.

b) Overvoltage

The voltage to the fuel cell power system shall be adjusted to 110 % of the rating plate voltage or the specified voltage when provided with voltage variation protection within 110 % of the rating plate voltage. Under this condition, the igniter shall light the main burner fuel within the main flame establishing period. The CO emissions shall be measured to verify compliance with the requirement of 4.4.11. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur within the designated time.

5.11.1.3 Flame-establishing period

The flame-establishing period shall be checked when the fuel cell power system is being operated as specified in 5.3. The time from energizing the main fuel flow to the time of proof of the ignition device or burner flame, as applicable, shall not exceed the appropriate flame-establishing period as specified in 4.6.2.

5.11.1.4 Flame failure lock-out time

The fuel cell power system shall operate at its rated fuel consumption rate until thermal equilibrium is achieved. The flame failure lock-out time is measured between the moment when the pilot (if equipped) and main burner are intentionally extinguished by shutting off the fuel and the moment when, after admission of the fuel is restored, it ceases by the action of the safety device. The safety device shall de-energize all fuel safety shutoff valves within the flame failure lock-out time specified in 4.6.2. With the burner alight, flame failure is simulated by disconnection of the flame detector, and the time that elapses between this moment and that when the flame supervision device effectively shuts off the fuel supply is measured. For the purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time shall be used.

5.11.1.5 Recycling/spark restoration

With a recycling ignition system, the recycle time shall be checked with the fuel cell power system being adjusted to its rated fuel consumption rate. The recycle time is the period of time between shut-off of the fuel supply following loss of flame and reactivation of the igniter. When spark restoration occurs, it shall be verified that after flame failure the igniter effectively re-lit the fuel within the flame establishing period.

Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. With the burner alight, flame failure is simulated by disconnection of the flame detector.

The time that elapses between flame outage to when the flame detector acts to shutdown fuel flow shall be observed, as well as the time that elapses between the moment when the fuel flow stops to when the igniter re-energizes. For the purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time and minimum recycle time shall be used.

5.11.1.6 Pilot flame reduction

A pilot, when provided, shall effect safe ignition of fuel at the burner when the pilot fuel supply is reduced to an amount just sufficient to keep the safety shutoff valve open or just above the point of flame extinction, whichever represents the higher pilot fuel rate. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system.

For purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time shall be used.

This test shall be initiated from both a cold start and immediately after the fuel cell power system has been shutoff after equilibrium condition.

5.11.1.7 Delayed ignition

For a fuel cell power system that is arranged for ignition of the main burner directly by an electric igniter, delay of ignition of the fuel shall not result in flashback of flame to the outside of the fuel cell power system or any damage to the fuel cell power system and the connected vent system. For purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum trial for ignition period for the automatic fuel ignition system shall be used. For systems that deactivate the igniter prior to the end of the trial for ignition period, the test shall be conducted using the control manufacturer's specified maximum ignition activation period timing.

With the fuel cell power system at room temperature, the fuel cell power system shall be placed into operation at normal heat input rate with the ignition means temporarily circumvented for varying intervals of time up to the control manufacturer's maximum specified trial for ignition period or maximum specified ignition activation period, whichever is shorter. For multi-try systems, attempts to ignite shall be made for varying intervals of time for each trial for ignition period and any time the ignition means is activated throughout the total operating sequence up to lockout. The ignition of the main burner shall be observed for each of the trials. There shall be no flame flashout or damage to the fuel cell power system. Delayed ignition testing is also used to confirm the flame-establishing period provided by the manufacturer.

5.11.1.8 Ignition system components temperature test

Thermocouples or equivalent temperature measuring devices shall be suitably attached to applicable points of each ignition system component. The fuel cell power system shall be operated at rated fuel consumption rate until equilibrium condition is obtained. Temperatures of the components shall then be obtained. The temperatures obtained shall not exceed those for which the components are listed.

5.11.1.9 Pre-purge

This test is applicable to systems that require purge according to 4.6.2q).

According to the option chosen by the manufacturer, the pre-purge volume or the pre-purge time are determined as follows.

a) Pre-purge volume

- 1) The rate is measured at the outlet of the combustion products evacuation duct, at ambient temperature (measured as nominal flow).

- 2) The fuel cell power system is at ambient temperature and not operating. The fan is supplied with electricity under actual pre-purge conditions.
 - 3) The rate, measured with a limit of error of $\pm 5\%$, is corrected to reference conditions.
 - 4) The manufacturer states the volume of the combustion circuit.
- b) Pre-purge time
- 1) The fuel cell power system is at ambient temperature and not operating.
 - 2) The time between the fan starting and the ignition device being energized is determined.

It is checked that the requirements of 4.6.3 are satisfied.

5.11.2 Automated control of catalytic oxidation reactors

- a) The time of initiation of the fuel flow to proof of the reaction initiation shall not exceed the reaction initiation time specified in 4.6.3.

Method of test: The fuel cell power system shall be operated as specified by the manufacturer until conditions for reaction initiation are attained. Then, the fuel supply for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the supply of air, shall be opened. The system response time shall begin at that point of time and shall end when the reactor monitoring devices signal as specified by the manufacturer that the reaction has been successfully initiated. The reaction initiation time shall not exceed the value specified in 4.6.3.

- b) In the event of reaction extinction or reaction rate decrease or increase to unsafe levels, the primary safety control shall de-energize the fuel safety shutoff valve for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the air safety shutoff valve followed suit by the de-energizing of the fuel safety shutoff valve, within the reaction failure lock-out time specified in 4.6.3.

Method of test: The fuel cell power system shall be operated as specified in 5.3 until equilibrium conditions are attained. Then, the fuel supply for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the supply of air, shall be shut off. With the catalytic reactor alight, reaction failure is simulated by disconnection of the device monitoring the reaction temperature. The time measured between this moment and the time when the system control shuts off the fuel supply for air rich operation, or the supply of all reactants for fuel-rich operation, shall not exceed the reaction failure lock-out time specified in 4.6.3.

5.12 Exhaust gas temperature test

When the fuel cell power system is provided with a venting system (see 4.12), the maximum temperature of the exhaust gases conveyed by that venting system shall not exceed temperatures acceptable for the materials used to construct the venting system.

Method of test: The exhaust gas temperature shall be measured by a thermocouple or similar devices. A sufficient number should be used to establish the maximum temperature within the exhaust streams while considering size and symmetry of the venting systems.

The fuel cell power system shall be installed and operated as specified in the applicable provisions of 5.3. When equilibrium conditions are attained, the maximum temperature of the exhaust gases shall be determined as specified above. The temperature obtained shall not exceed the temperature for which the venting system material has been determined to be acceptable.

5.13 Surface and component temperatures

- a) The fuel cell power system shall be installed and operated as specified in 5.3. When thermal equilibrium conditions are attained, temperatures shall be determined using any suitable temperature instrumentation means.

The maximum temperature of any surface that may be contacted by personnel performing regular and routine service while the fuel cell power system is in operation shall not exceed the limits specified in 4.4.9.

The maximum temperature of any remaining surface that may be unintentionally exposed to flammable gas or vapor shall meet the requirements as specified in 4.6.1e).

The maximum temperature of system components shall not exceed the temperature to which the components are rated.

- b) Wall, floor and ceiling temperatures

This test is only for stationary power systems intended for installation on or near combustible surfaces.

The fuel cell system is placed on the test panels made of wood.

The manufacturer shall specify the distance between the fuel cell system and the back and sidewalls, ceiling (and closet door, if applicable) of the test panels.

The fuel cell system is placed on the test panels having the following specifications.

Dull black-painted plywood approximately 20 mm thick is used for the test panels.

Temperature rises are determined by means of thermocouples.

Thermocouples used for determining the temperature rise of the surface of walls, ceiling and floor of the test corner are attached to the back of small blackened disks of copper or brass. The front of the disk is flush with the surface of the boards.

As far as possible, the fuel cell system is positioned so that the thermocouples detect the highest temperatures.

The fuel cell 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 whether the requirements of 4.4.9b) are met.

5.14 Wind tests

Wind tests are only applicable for fuel cell systems intended for installation outdoor or indoor units having horizontal air inlets and exhaust to the outdoors.

5.14.1 Wind source calibration procedure for winds directed perpendicular to the wall

The wind source calibration configuration shall consist of the centre of the wind source being directed perpendicular to the centre of a test wall equipped with four ports located around a vent terminal which is installed in the centre of the test wall, in accordance with the manufacturer's installation instructions (see Figure C.1). The ports shall be manifolded to obtain a single average static pressure reading. With the wind source directed against the wall, the average static pressure reading as measured by a manometer referenced at the fuel cell power system combustion air opening shall form the basis for calibrating the wind source using the following relationships.

Table 2 – Wind calibration

Nominal km/h	Average static pressure Pa
16	10
54	116

Additionally, the wind source calibrated at 54 km/h shall not generate a velocity pressure exceeding 12 Pa (16 km/h) at a distance of 305 mm perpendicular to the test wall and in line with the ports.

5.14.2 Verification of operation of outdoor fuel cell power systems under wind conditions

The procedures of this subclause apply only to fuel cell power systems intended for outdoor installation or components of fuel cell power systems intended for outdoor installation.

Cabinets of fuel cell power systems intended for outdoor installation or enclosures of components of fuel cell power systems intended for outdoor installation shall be subject to, and pass, a wind test according to the following method.

Method of test: The fuel cell power system shall start and operate normally, without damage or malfunctioning of any part and without creating a hazardous or unsafe condition, when exposed to winds having nominal velocities up to and including 54 km/h.

A wind, produced by a fan/blower of sufficient capacity to develop a draft having a velocity up to and including 54 km/h, shall be directed against an outer surface of the fuel cell power system at the point(s) deemed most critical by the testing agency. The fan/blower shall be located so a uniform wind, covering the entire projected area of the outer surface, is directed horizontally toward the fuel cell power system at the specified velocity measured in a vertical plane 50 cm from the windward surface of the fuel cell power system.

With the fuel cell power system subjected to a wind having a nominal velocity of 16 km/h, the pilot, when provided, shall be capable of being ignited.

With the fuel cell power system subjected to a wind having a nominal velocity of 54 km/h, the burner gas shall ignite from the ignition device without excessive delay and the burner and pilot flames shall not extinguish. The pilot, when provided, shall be operated alone, as well as simultaneously with the burner.

At the discretion of the conformity assessment organization, additional tests may be conducted with winds of specified and unspecified velocities directed from other direction(s).

5.14.3 Verification of operation of indoor fuel cell power systems vented horizontally through an outside wall

Method of test: These tests shall be conducted at normal inlet test pressure.

- a) The fuel cell power system shall meet the requirement of 4.5.3j) when testing with a wind direction other than perpendicular to the wall, except that the wind produced by the wind source shall have a nominal velocity of 54 km/h (134,5 Pa free-stream velocity pressure) measured with the wind parallel to the wall with a Pitot tube at three locations positioned on a plane perpendicular to the wall and also bisecting the vent system. The three locations shall be at distances of 305 mm horizontally and vertically from the extremities of the vent system. See Annex D.

After the calibration of the wind source parallel to the wall, the wind source or test wall shall be rotated to direct the wind from other angles at the discretion of the test agency.

b) For wind directed perpendicularly to the wall, either of the following test methods shall apply.

- 1) The following test method shall be applied at the maximum vent length specified. Remove only the vent terminal from the horizontal vent, when a vent terminal is used. Equip the vent pipe with a piezo ring 305 mm from the outlet of the horizontal vent (see Figure E.1) Connect the piezo ring to a differential pressure gage that can be read directly to within 1,24 Pa pressure. The manometer reference pressure connection shall be extended to a point adjacent to the fuel cell combustion air supply opening.

Start fuel cell power system operation. Restrict the end of the vent until the pressure at the piezo ring reaches 116 Pa. Stop fuel cell power system operations. Turn on the gas supply to the fuel cell power system. With the restriction still in place, start the fuel cell power system operation from a cold start. While under the above condition, the fuel cell power system shall not shut down. After steady-state conditions are attained readjust the restriction to maintain 116 Pa. While operating under the above condition, the fuel cell power system shall not shut down for a period of 10 min. While maintaining the vent pressure of 116 Pa, the fuel cell power system shall be turned on and off by the automatic controls, and the fuel cell power system shall start up without excessive delay.

- 2) The following test method shall be applied at the maximum vent length specified. The wind produced by the wind source shall have a nominal velocity of 54 km/h calibrated as specified in 5.14.1.

The fuel cell power system shall start when exposed to a 54 km/h wind and continue to operate.

5.14.4 CO emissions under wind – indoor units

For fuel cell power systems installed indoors and utilizing an exterior wall vent air inlet, the CO emissions shall be checked when a wind ranging from zero to 54 km/h is exerted against the vent-air intake terminal(s). The wind is applied from any horizontal direction with respect to the vent-air terminals. The vent-air intake system is exposed to a 54 km/h wind velocity (free-stream velocity pressure of 134,5 Pa measured with a Pitot tube at three locations on a plane perpendicular to the wall and also bisecting the vent-air intake system. The three locations shall be at distances of 305 mm horizontally and vertically from the extremities of the vent-air intake system). The fuel cell power system shall operate at nominal input rate until a constant exhaust gas temperature is achieved. During the application of this range of wind velocities, the CO emissions are measured to verify compliance with the requirement of 4.4.11.

After the calibration of the wind source parallel to the wall, the wind source or test wall shall be rotated to direct the wind from other angles at the discretion of the conformity assessment organization.

For wind directed perpendicular to the wall, the fuel cell power system shall be operated until a constant exhaust gas temperature has been attained. Either of the tests specified in 5.14.3b) shall be applied.

When using test method 5.14.3b)1), the vent pressure shall be varied from zero to 116 Pa. During the application of this range of vent pressure, sufficient effluent samples shall be secured and analysed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.4.11.

When using test method 5.14.3b)2), the wind produced by the wind source shall be varied to have nominal velocities from zero to 54 km/h calibrated as specified in 5.14.1. During the application of this range of wind velocities, sufficient effluent samples shall be secured and analysed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.4.11.

5.14.5 CO emissions under wind - outdoor units

For fuel cell power system installed outdoors, the CO emissions shall be checked when the unit is exposed to a wind ranging from zero to 54 km/h. A wind, produced by a blower of sufficient capacity to develop a draft having a velocity up to and including 54 km/h, shall be directed against an outer surface of the fuel cell power system at the points deemed most critical by the conformity assessment organization. The blower shall be located so a uniform wind, covering the entire projected area of the outer surface, is directed horizontally toward the fuel cell power system at the specified velocity measured in a vertical plane 0.5 m from the windward surface of the fuel cell power system. The fuel cell power system shall operate at nominal input rate until a constant exhaust gas temperature is achieved. During the application of this range of velocities, the CO emissions are measured.

5.15 Rain test

The rain test is applicable for outdoors units only. The rain test shall be performed as defined in IEC 60529 for the manufacturer's declared IP rating.

5.16 CO emissions

Carbon monoxide emissions to the room or exhausted outside shall not be in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents according to the tests of 5.16.1, 5.16.2 and 5.16.3.

5.16.1 Blocked exhaust outlet

The CO emissions shall be checked with the fuel cell power system exhaust outlet blocked to any degree up to and including complete closure. The fuel cell power system shall be operated at nominal fuel input rate for at least 15 min. When the fuel cell power system incorporates a control to automatically shut off the main fuel supply under blocked outlet conditions, the area of the exhaust outlet shall be gradually decreased to the lowest point at which the control will remain in its open position.

5.16.2 Blocked air supply

- a) With the fuel cell power system at ambient temperature and the air supply duct completely blocked, the air supply duct is opened gradually. The blockage at which the burner is able to ignite is determined. At this blockage and once thermal equilibrium has been achieved, the CO emissions are measured.
- b) The fuel cell power system shall be operated at nominal heat input rate for at least 15 min. The air intake duct is progressively blocked. The CO emissions shall then be measured.

5.16.3 Voltage variation

This test is performed on fuel cell power systems that rely on mechanical fan for process air. The fuel cell power system shall be operated at steady state. Then the following test shall be conducted.

The fan speed shall be progressively reduced to 85 % either by reducing fan motor voltage or by adjustment of fan motor VFD settings, if so equipped. The measured CO concentration of the combustion products shall not exceed the requirement of 5.16.

5.17 Leakage tests (repeat)

The fuel cell system shall be re-tested for leakage at the same testing conditions as specified in 5.4.

6 Routine tests

Routine tests shall be performed on all production units. They shall be performed in a test environment simulating the application of the fuel cell system, which the fuel cell system is designed for, in order to obtain the required operating conditions. In particular, the test environment for the routine tests shall provide interfaces at boundary limits according to the designed application of the fuel cell plant. It is recommended that the routine tests be formed in the following order.

If the routine tests are performed in direct conjunction with the initial start-up and conditioning procedure of the fuel cell system, it is connected to the conditioning facility and is under operational conditions as specified by the manufacturer.

The following routine tests shall be performed on all fuel cell power systems:

Gas leakage test: The gas leakage test shall be performed as described in 5.4 or, as an alternative, the pressure drop test described below may be performed.

For those fuel cell systems, which contain combustible gas, or for those parts of the system, in which combustible gas flows, they shall be pressurized with an appropriate dry gas (for example, air or nitrogen) over the specified pressure, then sealed and left remained for longer than 10 min. The leakage calculated from the pressure difference between before and after the elapse of time using the following formula shall be not more than the specified value.

$$L_1 = V \times t_0/p_0 \times \{ (p_1 + pa_1) / (t_0+t_1-15) + (p_2+pa_2) / (t_0+t_2-15) \} \times 60/T$$

where

L_1 is the gas leakage from the FC system in m³/h;

V is the internal space volume within the pressurized range in m³ (gas volume excepting the internal structure volume);

t_0 is the reference temperature 288,15 K (15 °C);

t_1 is the internal space temperature (°C) at the beginning of measurement;

t_2 is the internal space temperature (°C) at the end of measurement;

p_0 is the reference pressure 101,325 kPa (1 atm);

p_1 is the pressure kPa at the beginning of the measurement;

p_2 is the pressure kPa at the end of the measurement;

pa_1 is the atmospheric pressure kPa at the beginning of the measurement;

pa_2 is the atmospheric pressure kPa at the end of the measurement;

T is the measuring time in min.

Normal operation test: As described in 5.6.

Dielectric strength test: As described in 5.8.

Coolant leakage test (liquid coolant only): As described in 5.4.2

The following tests shall be performed on the basis of a sampling plan:

- burner operation test;
- CO emissions test.

7 Marking, labelling and packaging

7.1 General requirements

The fuel cell power system shall be marked in compliance with the applicable clauses of ISO 3864-2:2004.

7.2 Fuel cell power system marking

Each fuel cell power system shall bear a data plate or combination of adjacent labels located so as to be easily read when the fuel cell power system is in a normally installed position.

The marking shall clearly state any restrictions on use, in particular the restriction whereby the fuel cell power system shall be installed only in areas where there is sufficient ventilation.

The data plate/label(s) shall include the following information:

- a) manufacturer's name (with trademark), and location;
- b) manufacturer's model number or trade name;
- c) serial number of the fuel cell power system and year of manufacture;
- d) fuel cell type;
- e) electrical input, as applicable (voltage/type of current/frequency/phase /power consumption;
- f) electrical output (voltage/type of current/frequency/phase /rated power/power factor; kVA;
- g) fuel type to be used by the fuel cell power system;
- h) range of fuel supply pressure;
- i) fuel consumption at rated power (kW);
- j) range of ambient temperatures (minimum and maximum) within which the fuel cell power system is intended to operate in degrees Celsius;
- k) outdoor or indoor use;
- l) heating circuit (if applicable): rated heat output (kW), maximum flow, pressure, temperature;
- m) grid interactivity: stand alone/grid parallel bi-directional/grid parallel uni-directional, as applicable (output or input only);
- n) warnings for alerting personnel to the potential for personal injury or equipment damage and requirements to follow installation and operation instruction;
- o) number that refers to this international standard;
- p) symbol of the organization making examination for compliance to this standard.

If the fuel cell power system is rated under hazardous area classification according to IEC 60079-10, it shall be marked accordingly.

7.3 Marking of components

All user serviceable parts shall be identified to match the fuel cell power system drawings in the user's manual.

Warning signs shall be appropriately placed to identify electrical hazards, contents from drain valves, hot components and mechanical hazards. Preference should be given to the use of standard symbols given in ISO 3864-2:2004.

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 should be given to the use of standard symbols given in IEC 60417 and ISO 7000.

7.4 Technical documentation

7.4.1 General

The manufacturer shall provide with each fuel cell power system the information necessary for safe installation, operation, and servicing of the fuel cell power system and shall in particular draw attention to any restrictions on use. The information shall be provided in form of technical documents such as drawings, diagrams, charts, tables and instructions, and these shall be on suitable data medium and language.

Part of the technical information might be provided only to qualified personnel, in which case the manufacturer shall specify criteria for qualification of personnel.

The information provided with the fuel cell power system shall include

- a clear, comprehensive description of the equipment, installation and mounting, and the connection to electrical supply(ies);
- electrical supply(ies) requirements;
- physical environment and operating conditions (fuel and water supply characteristics, etc.) according to 4.2;
- electric circuit diagrams;
- information (where appropriate) on
 - a) handling, transportation and storage;
 - b) software programming;
 - c) sequence of operations;
 - d) frequency of inspection;
 - e) frequency and method of functional testing;
 - f) guidance on the adjustment, maintenance, and repair, particularly of the protective devices and circuits;
 - g) parts list and recommended spare parts list;
- a description (including interconnection diagrams) of the safeguards, interlocking functions, and interlocking of guards for potentially hazardous situations;
- a description of the safeguarding and of the means provided where it is necessary to suspend the safeguarding (for example, for manual programming, programme verification).

7.4.2 Installation manual

The installation manual shall provide the installer with all the information necessary for the preliminary work of setting-up the fuel cell power system.

In particular, an interconnection diagram or table shall be provided. That diagram or table shall give full information about all external connections (for example, electrical supply, fuel supply, water supply, control signals, exhaust venting, ventilation connections, etc.).

These installation instructions shall provide guidelines on location and design of the fuel cell power system foundation; ventilation requirements; protection from weather hazards; recommended height in relation to the base flood elevation; security enclosure; acceptable distances from combustible materials, vegetation, sidewalks, public ways, roads, and railroad tracks; and protection from vehicular impact.

In addition to the above, the installation manual shall specify

- the manufacturer's or distributor's name and location, and the model number of the fuel cell power system;
- the minimum and maximum fuel supply pressures and the method of determining these pressures;
- adequate clearances around air supply, ventilation and exhaust openings;
- adequate clearances for maintenance, servicing and proper operation;
- adequate clearances to combustible materials;
- a sediment trap or filter must be provided upstream of the fuel controls, when applicable;
- if appropriate, special instructions for extended dormant periods.

7.4.3 User's information manual

For fuel cell power systems to be installed for residential use, the system supplier shall provide to the residence owner a user's information manual, together with any appropriate additional information to facilitate maintenance (for example, addresses of the importer, repairer, etc.).

The user's information manuals shall be typed or typeset and formatted to provide easy-to-follow procedures. Illustrations should be used to identify fuel cell components, dimensions and clearances, assembled components, and connection points as needed to make the instructions clear. Illustrations should also be used to identify the location of 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.

The user's information manual shall be affixed to the fuel cell in a pocket or attached by a clip which is part of the fuel cell or shall be supplied in an envelope(s) marked with instructions

- a) to the installer to affix them on, or adjacent to, the fuel cell, and/or
- b) to the consumer to retain them for future reference. 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 following safety information, as applicable.

a) 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 following safety precautions boxed as prescribed in Figures 2 through 4:



WARNING:
FIRE OR EXPLOSION HAZARD
Failure to follow safety warnings exactly could result in serious injury, death or property damage.

- Do not store or use gasoline or other flammable vapours and liquids in the vicinity of this or any other appliance.
- WHAT TO DO IF YOU SMELL GAS
 - Do not try to light any appliance.
 - Do not touch any electrical switch; do not use any phone in the area.
 - Leave the area immediately.
 - Immediately call your gas supplier. Follow the gas supplier's instructions.
 - If you cannot reach your gas supplier, call the fire department.
- Installation and service must be performed by a qualified installer, service agency or the gas supplier.

IEC 434/07

Figure 2 – Safety precautions for odorized gas-fuelled systems



WARNING:
FIRE OR EXPLOSION HAZARD
 Failure to follow safety warnings exactly could result in serious injury, death or property damage.

- Do not store or use gasoline or other flammable vapors and liquids in the vicinity of this or any other appliance.
- Installation and service must be performed by a qualified installer, service agency or the gas supplier.

IEC 435/07

Figure 3 – Safety precautions for odorant-free gas fuelled systems



WARNING:
FIRE OR EXPLOSION HAZARD
 Failure to follow safety warnings exactly could result in serious injury, death or property damage.

- Do not store or use gasoline or other flammable vapors and liquids (except for the relevant liquid fuel for the fuel cell power system) in the vicinity of this or any other appliance.
- **WHAT TO DO IF YOU SEE LIQUID LEAKAGE**
 - Do not try to light any appliance.
 - Do not touch any electrical switch; do not use any phone in the area.
 - Leave the area immediately.
 - Immediately call your fuel supplier. Follow the fuel supplier's instructions.
 - If you cannot reach your fuel supplier, call the fire department.
- Installation and service must be performed by a qualified installer, service agency or the fuel supplier.

IEC 436/07

Figure 4 – Safety precautions for liquid fuelled systems

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

b) Safety section

A safety section shall be included near the front of the manual to present fuel cell users with a listing of potential hazards and safety-related instructions for a particular fuel cell. Statement of at least the following shall be included in the safety section with references to specific section or page of the manual.

- 1) Directions that the area surrounding the fuel cell must be kept clear and free of combustible materials, gasoline and other flammable vapours and liquids.
- 2) Where requiring air for combustion or ventilation, instructions not to block or obstruct air openings on the fuel cell, air openings communicating with the area in which the fuel cell is installed, and the required spacings around the fuel cell that provide clearances to secure and discharge required air.
- 3) Instructions for starting and shutting down the fuel cell. These instructions shall pictorially illustrate and locate all user interface components.
- 4) The following statement: "Do not use this fuel cell if any part has been under water. A flood-damaged fuel cell is potentially dangerous. Attempts to use the fuel cell can result in fire or explosion." A qualified service agency should be contacted to inspect the fuel cell and to replace all gas controls, control system parts, electrical parts that have been wet.
- 5) 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.
- 6) Recommended methods for periodic cleaning of necessary parts.
- 7) Instructions for examining the fuel cell installation to determine that
 - a) any intake or exhaust openings associated with those items covered in 4.5.2 and 4.5.3 are clear and free of obstructions;
 - b) the physical support of the fuel cell is sound without sagging cracks, gaps, etc, around the base so as to provide a seal between the support and the base;
 - c) there are no obvious signs of deterioration of the fuel cell.
- 8) The manual shall indicate the necessity and minimum frequency for the examination in 7.4.3b)7) by the user and shall also specify the periodic inspection of the fuel cell by a qualified service agent.

c) In-text safety information

In-text safety instructions should refer to or incorporate safety precautions from the front cover and from the safety section of the manual. Potentially hazardous situations described in the manual require that additional safety precautionary statements be created.

7.4.4 Operating manual

The operating manual shall detail proper procedures for the set-up and use of the fuel cell power system. Particular attention should be given to the safety measures provided and to the improper methods of operation that are anticipated.

The operation manual shall include a section on the hazards related to the use of the fuel cell power system.

Where the operation of equipment can be programmed, detailed information on methods of programming, equipment required, programme verification and additional safety procedures (where required) shall be provided.

The instructions shall give information concerning airborne noise emissions by the fuel cell power system, either the actual value or a value established on the basis of measurements made on identical fuel cell power system.

In the case of the fuel cell power system which may also be intended for use by non-professional operators, the wording and layout of the instructions for use, whilst respecting the other essential requirements mentioned above, shall take into account the level of general education and acumen that can reasonably be expected from such operators.

7.4.5 Maintenance manual

The maintenance manual shall detail proper procedures for adjustment, servicing, and preventive inspection, and repair. Recommendations on maintenance/servicing records should be part of the maintenance manual. Where methods for the verification of proper operation are provided (for example, software testing programmes), the use of such methods shall be detailed.

This manual shall contain clearly defined, legible and complete instructions for at least the following.

- Instructions for starting and shutting down the fuel cell power system. These instructions shall pictorially illustrate and locate all relevant components.
- 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.
- Instructions to caution users to any electrical components that may retain residual voltage/energy after shutdown, and how to properly dissipate the voltage/energy to a safe level.
- Recommended methods for periodic cleaning of necessary parts.
- Instructions for lubrication of moving parts, including type, grade and amount of lubricant.
- Instructions for examining the fuel cell power system installation to determine that
 - a) any intake or exhaust openings are clear and free of obstructions;
 - b) there are no obvious signs of physical deterioration of the fuel cell power system or its support (i.e. base, frame, cabinet, etc.).
- Periodic examination of the venting system, gas detection, and related functional parts.
- A replacement parts list, including information necessary for ordering spare or replacement parts.
- Directions that the area surrounding the fuel cell power system must be kept clean and free of combustible materials, gasoline and other flammable vapors and liquids.

- The following statement: Do not use this fuel cell power system if any part has been under water. Immediately call qualified service personnel to inspect the fuel cell power system and to replace any function part which has been under water.
- Instructions and a schedule for neutralizing condensate, if appropriate.

The maintenance manual shall also provide an enumeration of all regular and routine maintenance activities to be performed on the fuel cell power system components and indicate the necessity and minimum frequency for these examinations. The maintenance manual shall specify the periodic inspection of the fuel cell power system that shall be performed by qualified service personnel.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62282-3-1:2007

Withdrawn

Annex A (informative)

Significant hazards, hazardous situations and events dealt with in this standard

Table A.1 gives the significant hazards, hazardous situations and events dealt with in this standard, together with the relevant subclause(s).

Table A.1 – Hazardous situations and events

Significant hazards, hazardous situations and events	Subclause
☐ Mechanical hazards due to:	
☐ Shape (sharp surfaces)	4.4
☐ Relative location (trip/crash hazard)	4.4
☐ Mass and stability (potential energy of elements which may move under the effect of gravity)	4.4
☐ Mass and velocity (kinetic energy of elements in controlled or uncontrolled motion)	4.4, 4.12
☐ Inadequacy of mechanical strength (inadequate specification of material or geometry)	4.4, 4.5, 4.13
☐ Fluids under pressure (over-pressurization, ejection of fluids under pressure, vacuum)	4.4, 4.5
☐ Electrical hazards due to:	
☐ Contact of persons with live parts (direct contact)	4.7
☐ Contact of persons with parts that have become live under faulty conditions (indirect contact)	4.7
☐ Approach to live parts under high voltage	4.7
☐ Electrostatic phenomena	4.6, 4.7
☐ Electromagnetic phenomena	4.8
☐ Heat/chemical effects from short circuits, overloads	4.7
☐ Projection of molten particles	4.7
☐ Thermal hazards due to:	
☐ Contact of persons with surfaces at extreme high temperatures	4.4
☐ Release of high temperature fluids	4.5
☐ Thermal fatigue	4.3, 4.5
☐ Equipment over temperature causing unsafe operation	4.9
☐ Hazards generated by materials and substances:	
☐ Hazards from contact with, or inhalation of, harmful fluids, gases, mists, fumes and dusts	4.4
☐ Fire or explosion hazard due to leak of flammable fluids	4.6
☐ Fire or explosion hazard due to internal build-up of flammable mixture	4.6
☐ Hazardous situations caused by material deterioration (for example, corrosion) or accumulation (for example, fouling)	4.3
☐ Asphyxiation	4.4
☐ Reactive materials (pyrophoric)	4.4
☐ Hazards generated by malfunctions:	
☐ Unsafe operation due to failures or inadequacy of software or control logic	4.9
☐ Unsafe operation due to failures of control circuit or protective/safety components	4.9
☐ Unsafe operation due to power outage	4.9
☐ Hazards generated by neglecting ergonomic principles:	
☐ Hazards due to inadequate design, location or identification of manual controls	4.9

Significant hazards, hazardous situations and events	Subclause
☐ Hazards due to inadequate design or location of visual display units and warning signs	4.9
☐ Noise	4.4
☐ Hazards generated by erroneous human intervention:	
☐ Hazards due to deviation from correct operating	4.9, 7.4
☐ Hazards due to errors of manufacturing/fitting/installation	4.4, 7.4
☐ Hazards due to errors of maintenance	7.4
☐ Vandalism	
☐ Environmental hazards:	
☐ Unsafe operation in extreme hot/cold environments	4.13
☐ Rain, flooding	4.13
☐ Wind	4.13
☐ Earthquake	4.4
☐ External fire	
☐ Smoke	
☐ Snow, ice load	4.13
☐ Attack by vermin	
☐ Pollution:	
☐ Air pollution	4.4
☐ Water pollution	4.4, 4.5
☐ Soil pollution	4.4

Annex B (informative)

Carburization and material compatibility for hydrogen service

B.1 Carburization

Conventional carburization is a familiar problem with high-temperature alloys in steam reforming furnaces. It is caused by the inward migration of carbon, the source of which is hydrocarbon cracking, resulting in the formation of carbides within the metal matrix. The process is promoted by high temperature, typically $>800\text{ }^{\circ}\text{C}$, and leads ultimately to loss of ductility.

In general, carburization of an alloy results in low ductility at ambient temperatures. Carbon pickup will increase the volume of the metal and coefficient of expansion, resulting in strong internal stresses that give rise to premature failure of equipment. Failure is usually by creep rupture and low-cycle fatigue. If carburization is sufficiently severe, it can also affect the elevated temperature creep and rupture characteristics. There seems to be differences in tolerance between the various alloys regarding this issue.

Generally the carburization rate varies with

- a) Temperature – the rate roughly doubles for every $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ increase.
- b) Reaction kinetics is controlled by the ratio of CO/CO_2 in the gas and by the temperature.
- c) Strongly carburizing conditions are $\text{CO}/\text{CH}_4/\text{H}_2$ -flows with a low steam/carbon ratio at intermediate temperatures (usually $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $850\text{ }^{\circ}\text{C}$), and an oxide layer with flaws.
- d) Nickel and silicon content – high values are beneficial.
- e) Protective and regenerative oxide films – Cr, Si and Al in the alloy are beneficial.

These rules are general and may not be true for all material/environment combinations due to the anomalous character of metal reactions.

B.2 Material compatibility for hydrogen service

Components in which gaseous hydrogen or hydrogen-containing fluids are processed, as well as all parts used to seal or interconnect the same, should be sufficiently resistant to the chemical and physical action of hydrogen at the operating conditions.

B.2.1 Metals and metallic materials

Users of this standard should be aware that engineering materials exposed to hydrogen in their service environment may exhibit an increased susceptibility to hydrogen-assisted corrosion via different mechanisms such as hydrogen embrittlement and hydrogen attack.

Hydrogen embrittlement is defined as a process resulting in a decrease of the toughness or ductility of a metal due to the permeation of atomic hydrogen.

Hydrogen embrittlement has been recognized classically as being of two types. The first, known as internal hydrogen embrittlement, occurs when the hydrogen enters the metal matrix through material processing techniques and supersaturates the metal with hydrogen. The second type, environmental hydrogen embrittlement, results from hydrogen being absorbed by solid metals from the service environment.

Atomic hydrogen dissolved within a metal interacts with the intrinsic defects of the metal, typically increasing crack propagation susceptibility and thus degrading such basic properties as ductility and fracture toughness. There are both important material and environmental variables that contribute to hydrogen-assisted fracture in metals. The material microstructure is an important consideration as second phases, which may or may not be present due to compositional and processing variations, may affect the resistance of the metal to fracture. Second phases, such as ferrite stringers in austenitic stainless steels, may also have a specific orientation leading to profound anisotropic response in the materials. In general, metals can also be processed to have a wide range of strengths, and the resistance to hydrogen-assisted fracture is known to decrease as the strength of the alloy is increased.

The environmental variables affecting hydrogen-assisted fracture include pressure of hydrogen, temperature, chemical environment and strain rate. In general, the susceptibility to hydrogen-assisted fracture increases as hydrogen pressure increases. The effect of temperature, however, is not as systematic. Some metals such as austenitic stainless steels exhibit a local maximum in hydrogen-assisted fracture susceptibility as a function of temperature. Although not well understood, trace gases mixed with the hydrogen gas can also affect hydrogen-assisted fracture. Moisture, for example, may be detrimental to aluminum alloys since wet oxidation produces high-fugacity hydrogen, while in some steels moisture is believed to improve resistance to hydrogen-assisted fracture by producing surface films that serve as kinetic barriers to hydrogen uptake. A so-called inverse strain rate effect is generally observed in the presence of hydrogen, in other words, metals are less susceptible to hydrogen-assisted fracture at high strain rates.

At temperatures close to ambient, this phenomenon can affect metals with body-centred cubic crystal lattice structure, for example, ferritic steels. In the absence of residual stress or external loading, environmental hydrogen embrittlement is manifested in various forms, such as blistering, internal cracking, hydride formation, and reduced ductility. With a tensile stress or stress-intensity factor exceeding a specific threshold, the atomic hydrogen interacts with the metal to induce sub-critical crack growth leading to fracture.

Hydrogen embrittlement can occur during elevated-temperature thermal treatments and in service during electroplating, contact with maintenance chemicals, corrosion reactions, cathodic protection, and operating in high-pressure, high-temperature hydrogen.

At temperatures above 473 °C, many low-alloyed structural steels may suffer from hydrogen attack. This is a non-reversible degradation of the steel microstructure caused by a chemical reaction between diffusing hydrogen and the carbide particles in the steels that results in the nucleation, growth and merging of methane bubbles along grain boundaries to form fissures.

Hydride embrittlement occurs in metals such as titanium and zirconium and is the process of forming thermodynamically stable and relatively brittle hydride phases within the structure.

Clad welding and welds between dissimilar materials often involve high alloy materials. During operation at temperatures over 250 °C, hydrogen diffuses in the fusion line between the high alloy weld and the unalloyed/ low alloy base material. During shutdown, the material temperature drops. The reduced solubility and diffusibility of hydrogen breaks the weld by disbonding.

The following are some general recommendations for managing the risk of hydrogen embrittlement.

- Select raw materials with a low susceptibility to hydrogen embrittlement by controlling chemistry (for example, use of carbide stabilizers), microstructure (for example, use of austenitic stainless steels), and mechanical properties (for example, restriction of hardness, preferably below 225 HV, and minimization of residual stresses through heat treatment). Use test methods specified in ISO 11114-4 to select metallic materials resistant to hydrogen embrittlement. The API Publication 941 shows the limitations of various types of steel as a function of hydrogen pressure and temperature. The susceptibility to hydrogen embrittlement of some commonly used metals is summarized in ISO/TR 15916.
- Clad welds and welds between dissimilar materials used in hydrogen service should be ultrasonically tested at regular intervals and after uncontrolled shutdowns in which the equipment may have cooled rapidly.
- Minimize the level of applied stress and exposure to fatigue situations.
- When plating parts, manage anode/cathode surface area and efficiency, resulting in proper control of applied current densities. High-current densities increase hydrogen charging.
- Clean the metals in non-cathodic alkaline solutions and in inhibited acid solutions.
- Use abrasive cleaners for materials having a hardness of 40 HRC or above.
- Use process control checks, when necessary, to mitigate risk of hydrogen embrittlement during manufacturing.

B.2.2 Polymers, elastomers, and other non-metallic materials

Most polymers can be considered suitable for gaseous hydrogen service. Due account should be given to the fact that hydrogen diffuses through these materials much easier than through metals. Polytetrafluoroethylene (PTFE or Teflon®) and Polychlorotrifluoroethylene (PCTFE or Kel-F®) are generally suitable for hydrogen service. Suitability of other materials should be verified. Guidance can be found in ISO/TR 15916 and the NASA document NSS 1740.16. See also ANSI/AGA 3.1-1995 for guidance with regard to gaskets, diaphragms, and other non-metallic parts.

Further guidance on hydrogen-assisted corrosion and control techniques may be found through the following standards and organizations.

American Society for Testing and Materials

ASTM B577-93 01-Apr-1993

Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper

ASTM B839-94 01-Nov-1994

Standard Test Method for Residual Embrittlement in Metallic Coated, Externally Threaded Articles, Fasteners, and Rod-Inclined Wedge Method

ASTM B849-94 01-Nov-1994

Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement

ASTM B850-98 01-Nov-1998

Standard Guide for Post-Coating Treatments Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement

ASTM E1681-99 10-Apr-1999

Standard Test Method for Determining Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials

ASTM F1459-93 01-Nov-1993

Standard Test Method for Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Gaseous Hydrogen Embrittlement

ASTM F1624-00 01-Aug-2000

Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique

ASTM F1940-01 01-Nov-2001

Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated or Coated Fasteners

ASTM F2078-01 01-Nov-2001

Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing

ASTM F326-96 01-Nov-1996

Standard Test Method for Electronic Measurement for Hydrogen Embrittlement from Cadmium-Electroplating Processes

ASTM F519-97 01-Nov-1997

Standard Test Method for Mechanical Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating Processes and Service Environments

ASTM G129-00 01-Aug-2000

Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking

ASTM G142-98 01-Nov-1998

Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both

ASTM G146-01 01-Feb-2001

Standard Practice for Evaluation of Disbonding of Bimetallic Stainless Alloy/Steel Plate for Use in High-Pressure, High-Temperature Refinery Hydrogen Service

ASTM G148-97 01-Nov-1997

Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

The National Association of Corrosion Engineers**NACE TM0177-96** 23-Dec-1996

Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking in Hydrogen Sulfide (H₂S) Environments

NACE TM0284-96 30-Mar-1996

Standard Test Method - Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking

The American Petroleum Institute**API RP 941** 01-Jan-1997

Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants.

API 934 01-Dec-2000

Materials and Fabrication Requirements for 2-1/4Cr-1Mo & 3Cr-1Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High Temperature, High Pressure Hydrogen Service

American Welding Society

ANSI/AWS A4.3-93 01-Jan-1993

Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding

ANSI/AGA NGV3.1-1995

Fuel system components for natural gas powered vehicles

The American Society of Mechanical Engineers

ASME Boiler and Pressure Vessel Code

ASME/ANSI B31.3 Chemical plant and petroleum refinery piping

ASME/ANSI B31.1 Power piping.

Society of Automotive Engineers

SAE/AMS 2451/4 01-Jul-1998

Plating, Brush, Cadmium - Corrosion Protective, Low Hydrogen Embrittlement

SAE/AMS 2759/9 01-Nov-1996

Hydrogen Embrittlement Relief (Baking) of Steel Parts

SAE/USCAR 5 01-Nov-1998

Avoidance of Hydrogen Embrittlement of Steel

International Standards Organization

ISO 2626:1973

Copper – Hydrogen embrittlement test

ISO 3690:2000

Welding and allied processes – Determination of hydrogen content in ferritic steel arc weld metal

ISO 7539-6:1989

Corrosion of metals and alloys – Stress corrosion testing – Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under constant load or constant displacement

ISO 9587:1999

Metallic and other inorganic coatings – Pretreatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

ISO 9588:1999

Metallic and other inorganic coatings – Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

ISO 11114-4:2004

Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinders and valve materials with gas contents – Part 4: Test methods for selecting metallic materials resistant to hydrogen embrittlement

ISO 15330:1999

Fasteners – Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement – Parallel bearing surface method

ISO 15724:2001

Metallic and other inorganic coatings – Electrochemical measurement of diffusible hydrogen in steels – Barnacle electrode method

European standards

BS 7886 01-Jan-1997

Method of Measurement of Hydrogen Permeation and the Determination of Hydrogen Uptake and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

DIN 8572-1 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal - Manual Arc Welding

DIN 8572-2 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal - Submerged Arc Welding

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62282-3-1:2007

Withdrawing

Annex C (normative)

Test wall

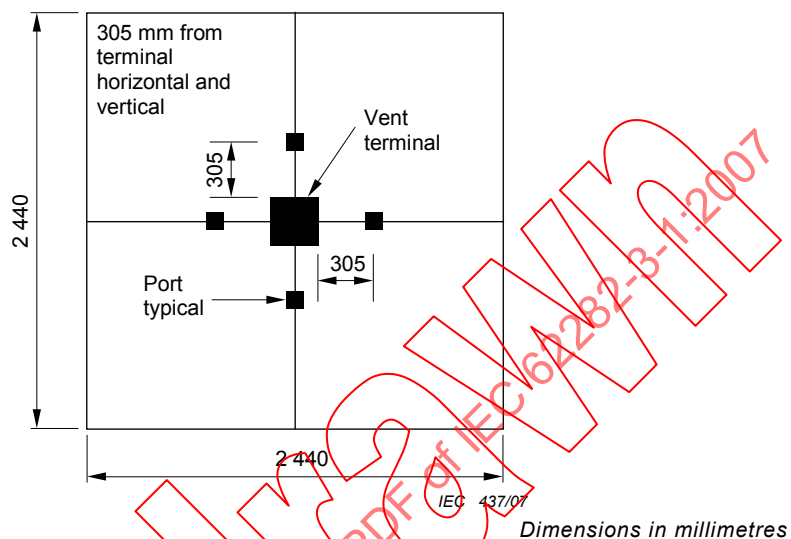


Figure C.1 – Test wall with static pressure ports and vent terminal locations

Figure C.1 shows the points designating static pressure ports located 1 foot (305 mm) horizontally and vertically from the extremities of the vent terminal.

The vent terminal is located in the centre of the test wall and in accordance with the manufacturer's installation instructions.

Annex D (normative)

Vent test wall

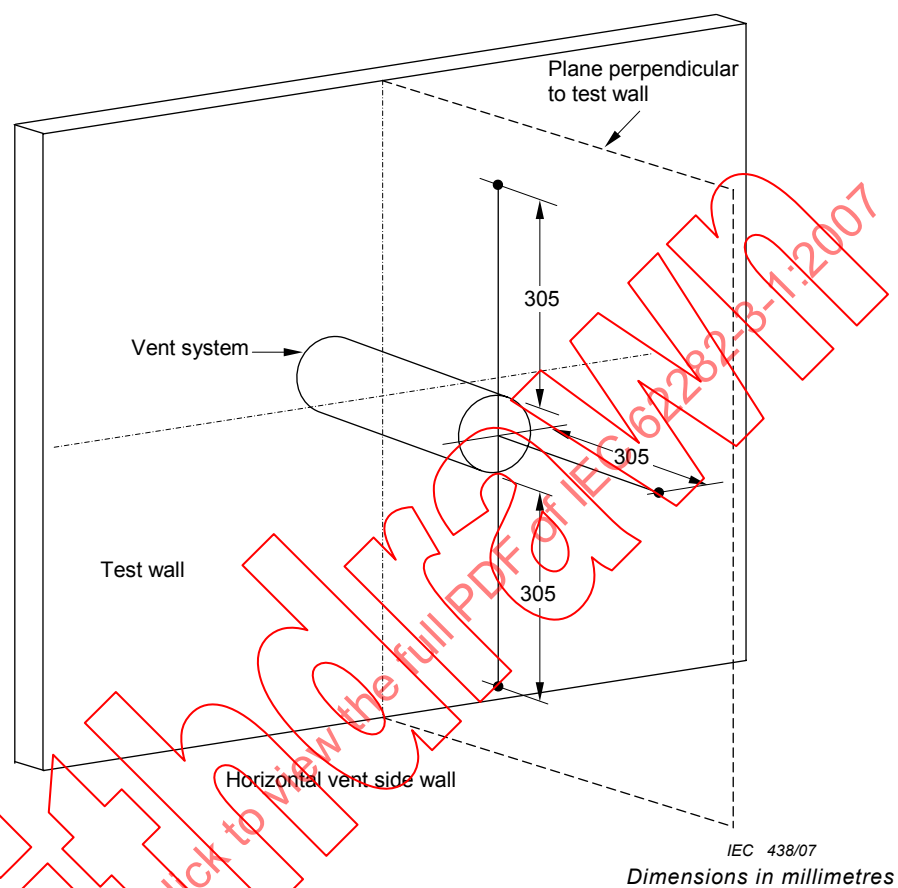
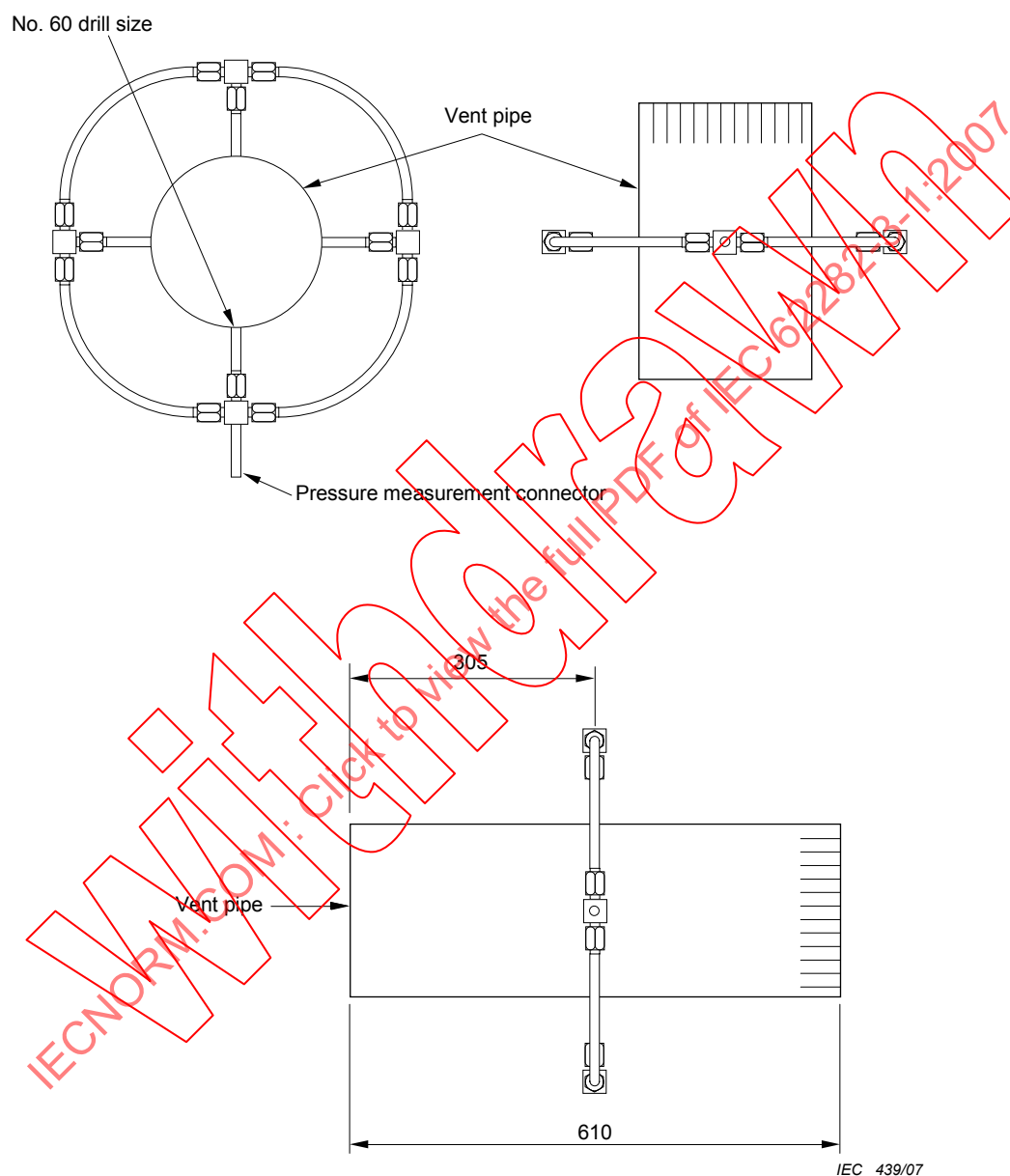


Figure D.1 – Vent test wall

Figure D.1 shows the vent test wall.

Annex E (normative)

Piezo ring and details of typical construction



Dimensions in millimetres

Figure E.1 – Piezo ring and details of typical construction

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62282-3-1:2007

Withdrawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	82
1 Domaine d'application	84
2 Références normatives	86
3 Termes et définitions	89
4 Exigences de sécurité et mesures de protection	96
4.1 Stratégie de sécurité générale	96
4.2 Environnement physique et conditions de fonctionnement	97
4.3 Sélection des matériaux	99
4.4 Exigences générales	100
4.5 Equipement sous pression et canalisations	101
4.6 Protection contre les dangers d'incendie ou d'explosion	103
4.7 Sécurité électrique	108
4.8 Compatibilité électromagnétique (CEM)	112
4.9 Systèmes de commandes et composants de protection	112
4.10 Equipement à énergie pneumatique et hydraulique	116
4.11 Vannes	116
4.12 Equipement rotatif	117
4.13 Enveloppes	118
4.14 Matériaux d'isolation thermique	119
4.15 Installations et équipements techniques	119
4.16 Installation et maintenance	120
5 Essais de type	120
5.1 Exigences générales	120
5.2 Combustibles d'essai	122
5.3 Aménagements des essais de base	122
5.4 Essais de fuite	123
5.5 Essais de résistance	125
5.6 Essais de type en fonctionnement normal	127
5.7 Essai de surcharge électrique	128
5.8 Exigences diélectriques et simulation de conditions anormales	128
5.9 Paramètres d'arrêt	128
5.10 Essais de caractéristiques de fonctionnement du brûleur	128
5.11 Commande automatique des brûleurs et réacteurs d'oxydation catalytique	129
5.12 Essai de température de gaz d'échappement	132
5.13 Températures de la surface et des composants	133
5.14 Essais en soufflerie	133
5.15 Essai de pluie	136
5.16 Emissions de CO	136
5.17 Essais de fuite (répété)	137
6 Essais individuels de série	137
7 Marquage, étiquetage et emballage	138
7.1 Exigences générales	138
7.2 Marquage des systèmes à piles à combustible	138
7.3 Marquage des composants	138
7.4 Documentation technique	139

Annexe A (informative) Dangers importants, situations et événements dangereux traités dans cette norme	146
Annexe B (informative) Carburation et compatibilité du matériau pour l'utilisation de l'hydrogène	148
Annexe C (normative) Paroi d'essai	154
Annexe D (normative) Paroi d'essai de ventilation	155
Annexe E (normative) Anneau piézo et détails relatifs à la construction type	156
Figure 1 – Systèmes à piles à combustible stationnaires	85
Figure 2 – Précautions de sécurité pour les systèmes à combustible avec gaz odorisé	141
Figure 3 – Précautions de sécurité pour les systèmes à combustible avec gaz non odorisé	142
Figure 4 – Précautions de sécurité pour les systèmes à combustible liquide	142
Figure C.1 – Paroi d'essai avec orifices de pression statique et emplacement de la borne de ventilation	154
Figure D.1 – Paroi d'essai de ventilation	155
Figure E.1 – Anneau piézo et détails relatifs à la construction type	156
Tableau 1 – Températures de surface admissibles	100
Tableau 2 – Etalonnage du vent	134
Tableau A.1 – Situations et événements dangereux	146

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 3-1: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Sécurité

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62282-3-1 a été établie par le comité d'études 105 de la CEI: Technologies des piles à combustible.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
105/138/FDIS	105/143/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62282, présentées sous le titre général *Technologies des piles à combustible*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62282-3-1:2007

Withdrawn

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 3-1: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Sécurité

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 62282 est une norme de sécurité produit convenant pour l'évaluation de la conformité telle que définie dans les Guides CEI 104:1997, ISO/CEI 51:1999 et ISO/CEI 7:1994.

Cette norme s'applique aux systèmes à piles à combustible autonomes, assemblés pour être stationnaires ou aux systèmes à piles à combustible d'un ensemble assemblé en usine de systèmes intégrés qui génèrent de l'électricité par réactions électrochimiques.

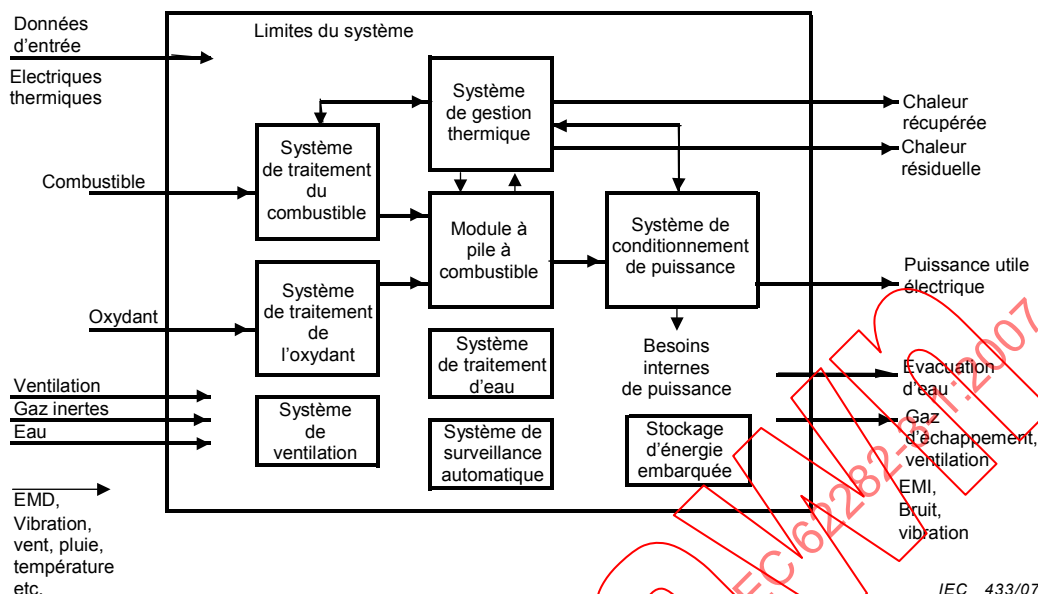
Cette norme s'applique aux:

- Systèmes destinés à être connectés au réseau électrique directement ou via un interrupteur de transfert, ou destinés à être un système de distribution d'énergie autonome.
- Systèmes destinés à fournir de l'énergie à courant alternatif ou à courant continu.
- Systèmes avec ou sans la capacité de récupérer la chaleur utile.
- Systèmes destinés à fonctionner avec les combustibles suivants en entrée:
 - a) Gaz naturel et autres gaz riches en méthane dérivés de sources à combustible renouvelable (biomasse) ou fossile, par exemple le gaz des décharges, le gaz de digestion, le gaz des mines de charbon.
 - b) Combustibles dérivant du raffinage de l'huile, par exemple le diesel, l'essence, le kérosène, les gaz de pétrole liquéfiés tels que le propane et le butane.
 - c) Alcools, esters, éthers, aldéhydes, cétones, liquides de Fischer-Tropsch et autres composants organiques riches en hydrogène appropriés dérivés de sources à combustible renouvelable (biomasse) ou fossile, par exemple le méthanol, l'éthanol, l'éther diméthylque, le biodiesel.
 - d) Hydrogène, mélanges gazeux contenant du gaz hydrogène, par exemple le gaz de synthèse, le gaz de ville.

Cette norme ne couvre pas:

- Les systèmes à piles à combustible portables.
- Les systèmes à piles à combustible pour la propulsion.

Un système à pile à combustible stationnaire typique est représenté en Figure 1.



IEC 433/07

Figure 1 – Systèmes à piles à combustible stationnaires

La conception globale du système qui est présenté dans cette norme doit constituer un assemblage de systèmes intégrés, pour assurer les fonctions désignées, à savoir:

- Système de traitement du combustible – Équipement de traitement catalytique ou chimique plus les échanges de chaleur et commandes associés exigés pour préparer le combustible à une utilisation avec une pile à combustible.
- Système de traitement de l'oxydant – Le système qui mesure, conditionne, traite, et peut pressuriser l'alimentation entrante destinée à être utilisée à l'intérieur du système à pile à combustible.
- Système de gestion thermique – Assure le refroidissement et le rejet de la chaleur pour maintenir l'équilibre thermique à l'intérieur du système à pile à combustible, et peut récupérer la chaleur produite pour chauffer le système en période de démarrage.
- Système de traitement d'eau – Fournit le traitement et la purification de l'eau récupérée ou ajoutée pour qu'elle puisse être utilisée dans les systèmes à pile à combustible.
- Système de conditionnement de puissance – Equipement qui est utilisé pour adapter l'énergie électrique produite aux exigences définies par le fabricant.
- Système de surveillance automatique – L'ensemble de capteurs, servomoteurs, vannes, commutateurs et composants logiques qui maintiennent, dans les limites définies par le fabricant et sans intervention manuelle, les paramètres de fonctionnement du système à pile à combustible.
- Système de ventilation – Fournit, par des moyens mécaniques, de l'air à l'enceinte du système à pile à combustible.
- Module à pile à combustible – L'assemblage d'une ou plusieurs piles à combustible, les connexions électriques pour l'énergie délivrée par les piles à combustible, ainsi que les moyens de contrôle et/ou de commande.
- Pile à combustible – Un assemblage de cellules, de séparateurs, de plaques de refroidissement, de tubulures et d'une structure de support qui convertit typiquement, par un procédé électrochimique, un gaz riche en hydrogène et des réactifs de l'air en courant continu, en chaleur, en eau et en d'autres sous-produits.

- Stockage d'énergie embarqué - Source interne d'énergie dont le but est d'aider le module à pile à combustible à fournir la puissance aux charges internes ou externes.

Cette norme s'applique aux systèmes à piles à combustibles stationnaires destinés à un usage à l'intérieur et à l'extérieur, commercial, industriel ou d'habitation, dans des zones non dangereuses (non classées).

Cette norme traite de tous les dangers importants, situations et événements dangereux, à l'exception de ceux associés à la compatibilité environnementale (conditions d'installation), relatifs aux systèmes à piles à combustible, lorsqu'ils sont utilisés comme prévus et selon les conditions prévues par le fabricant.

Cette norme couvre uniquement les conditions qui peuvent générer d'une part des dangers pour les personnes et d'autre part des dommages à l'extérieur du système à piles à combustible. La protection contre les dommages affectant l'intérieur des systèmes à piles à combustible n'est pas traitée dans cette norme, pour autant que ceux-ci ne suscitent pas de dangers à l'extérieur du système à piles à combustible.

Les exigences de cette norme ne sont pas destinées à limiter l'innovation. Lorsqu'on considère que les combustibles, les matériaux, les conceptions ou les constructions ne sont pas spécifiquement traités par cette norme, leurs caractéristiques doivent être évaluées selon leur aptitude à fournir des niveaux de sécurité et de performance équivalents à ceux définis dans cette norme.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60079-0, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 0: Règles générales*

CEI 60079-2, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 2: Enveloppes à surpression interne "p"*

CEI 60079-10, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 10: Classement des emplacements dangereux*

CEI 60079-16, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 16: Ventilation artificielle pour la protection des bâtiments pour analyseur(s)*

CEI 60079-20, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses – Partie 20: Données pour gaz et vapeurs inflammables, en relation avec l'utilisation des matériels électriques*

CEI 60204-1, *Équipement électrique des machines – Partie 1: Règles générales*

CEI 60300-3-9, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application - Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques*

CEI 60335-1, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 60335-2-51, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-51: Règles particulières pour les pompes de circulation fixes pour installations de chauffage et de distribution d'eau*

CEI 60384-14, *Condensateurs fixes pour une utilisation dans les matériels électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire: Condensateurs fixes d'antiparasitage et raccordement à l'alimentation*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes*

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

CEI 60730-2-5, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-5: Règles particulières pour les systèmes de commande électrique automatiques des brûleurs*

CEI 60730-2-6, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-6: Règles particulières pour les dispositifs de commande électrique automatiques sensibles à la pression y compris les prescriptions mécaniques*

CEI 60730-2-9, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-9: Règles particulières pour les dispositifs de commande thermosensibles*

CEI 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 mécaniques*

CEI 60730-2-19, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 2-19: Règles particulières pour les électrovannes électriques, y compris les prescriptions mécaniques*

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

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

CEI 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)*

CEI 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 ≤ 16*

CEI 61000-3-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-4: Limites – Limitation des émissions de courants harmoniques dans les réseaux basse tension pour les matériels ayant un courant assigné supérieur à 16 A*

CEI 61000-3-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-5: Limites – Limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux basse tension pour les équipements ayant un courant appelé supérieur à 16 A*

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

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Norme générique – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 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*

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

CEI 61025, *Analyse par arbre de pannes (AAP)*

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

CEI 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 le logiciel*

CEI 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*

CEI 61779-4, *Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles – Partie 4: Règles de performances des appareils du groupe II pouvant indiquer une fraction volumique jusqu'à 100% de la limite inférieure d'explosivité*

CEI 61779-6, *Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles – Partie 6: Directives pour le choix, l'installation, l'utilisation et l'entretien des appareils électriques de détection et de mesure de gaz inflammables*

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

CEI 62086-1, *Matériels électriques pour atmosphères explosives gazeuses – Chauffage par traçage à résistance électrique – Partie 1: Exigences générales et essais*

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

CEI 62282-3-2, *Technologies des piles à combustible – Partie 3-2: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essais de performance*

Guide CEI 104:1997, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

ISO 3864-2:2004, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 2: Principes de conception pour l'étiquetage de sécurité des produits*

ISO 4413, *Transmissions hydrauliques – Règles générales relatives aux systèmes*

ISO 4414, *Transmissions pneumatiques – Règles générales relatives aux systèmes*

ISO 5388, *Compresseurs d'air fixes*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique*

ISO 10439, *Industries du pétrole, de la chimie et du gaz – Compresseurs centrifuges*

ISO 10440-1, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Compresseurs volumétriques de type rotatif – Partie 1: Compresseurs de procédé (sans huile)*

ISO 10440-2, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Compresseurs volumétriques de type rotatif – Partie 2: Compresseurs à air assemblé (sans huile)*

ISO 10442, *Industries du pétrole, de la chimie et du gaz – Compresseurs d'air centrifuges assemblés à multiplicateur intégré*

ISO 13631, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Unités de compresseurs alternatifs à gaz*

ISO 13707, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Compresseurs alternatifs*

ISO 13709, *Pompes centrifuges pour les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel*

ISO 13850, *Sécurité des machines – Arrêt d'urgence - Principes de conception*

ISO 14121, *Sécurité des machines – Principes pour l'appréciation du risque*

ISO 14847, *Pompes volumétriques à mouvement rotatif – Prescriptions techniques*

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

ISO/TR 15916, *Considérations fondamentales pour la sécurité des systèmes à l'hydrogène*

ISO/TS 16528, *Chaudières et récipients sous pression – Enregistrement des codes et normes afin de faciliter la reconnaissance internationale*

Guide 7 ISO/CEI:1994, *Lignes directrices pour la rédaction de normes destinées à l'évaluation de la conformité*

Guide 51 ISO/CEI:1999, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

3 Termes et définitions

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

3.1

accessible

zone à laquelle, dans les conditions normales de fonctionnement, une des conditions suivantes s'applique:

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

NOTE Les termes «accès» et «accessible» sans qualificatif s'appliquent à la zone d'accès de l'opérateur telle qu'elle est définie ci-dessus.

3.2

circuit, très basse tension (TBT)

un circuit secondaire avec des tensions entre deux conducteurs quelconques du circuit, et entre un tel conducteur et la terre ne dépassant pas 42,4 V en valeur de crête ou 60 V en tension continue, dans les conditions normales de fonctionnement, qui est séparé des tensions dangereuses par au moins une isolation principale, et qui n'est ni conforme à toutes les prescriptions pour un circuit TBTS ni conforme à toutes les prescriptions pour les circuits à limitation de courant

[CEI 60950]

3.3

circuit, à courant limité

un circuit qui est conçu et protégé de telle manière que, dans des conditions de fonctionnement normal et de premier défaut, le courant qui peut circuler n'est pas dangereux

[CEI 60950]

3.4

circuit, primaire

un circuit qui est directement connecté au réseau d'alimentation en courant alternatif. Il comprend, par exemple, les moyens de connexion au réseau d'alimentation en courant alternatif, les enroulements primaires des transformateurs, les moteurs et autres dispositifs de charge

[CEI 60950]

3.5

circuit, de contrôle de sécurité

un circuit ou une portion de celui-ci impliquant un ou plusieurs contrôles de sécurité et dans lequel une défaillance de mise à la terre, ouvrant ou court-circuitant n'importe quelle partie du circuit, peut provoquer un fonctionnement non sûr de l'équipement contrôlé

3.6

circuit, très basse tension de sécurité (TBTS)

un circuit secondaire qui est conçu et protégé de telle manière que, dans des conditions de fonctionnement normal et de premier défaut, ses tensions ne dépassent pas une valeur ne présentant pas de danger

[CEI 60950]

3.7

circuit, secondaire

un circuit qui n'est pas directement relié à un circuit primaire et qui reçoit son alimentation d'un transformateur, d'un convertisseur ou d'un dispositif d'isolation équivalent, ou d'une batterie

[CEI 60950]

3.8

circuit, tension de réseau de télécommunication (TNV en anglais)

un circuit qui est dans le matériel et dont la surface de contact accessible est limitée et qui est conçu et protégé de telle manière que, dans les conditions normales de fonctionnement et dans les conditions de premier défaut, les tensions ne dépassent pas les valeurs limites spécifiées

[CEI 60950, Paragraphe 1.2.8.8 pour les limites spécifiques]

3.9

équipement de classe I

équipement où la protection contre les chocs électriques est assurée:

- a) en utilisant une isolation principale, et aussi
- b) en fournissant un moyen de raccorder au conducteur de protection de l'installation du bâtiment les parties conductrices qui sont autrement capables d'être portées à des tensions dangereuses en cas de défaillance de l'isolation principale

NOTE L'équipement de classe I peut avoir des parties avec double isolation ou isolation renforcée.

3.10

pression de conception

pression utilisée dans la conception d'un composant avec la température d'un matériel de conception identique, dans l'objectif de déterminer l'épaisseur minimale tolérée ou les caractéristiques physiques

3.11

effluent

produits de combustion plus l'excès d'air provenant de l'utilisation de l'équipement (voir également les fumées)

3.12

équipement électrique

voir 3.14

3.13

circuit TBT

voir 3.2

3.14

équipement, électrique

terme général comprenant le matériel, les accessoires, dispositifs, appareils, fixations, instruments et autres utilisés comme une partie d'une installation électrique ou connectés à une installation électrique

3.15

temps de verrouillage d'échec de la flamme

voir 3.31

3.16**pile à combustible**

dispositif électrochimique qui convertit l'énergie chimique d'un combustible, tel qu'hydrogène ou gaz riches en hydrogène, alcools, hydrocarbures et oxydants, en courant continu, en chaleur et en d'autres produits de réaction

3.17**évacuation des gaz**

passage, constitué de composants montés en usine et référencés, assemblés selon les termes de référence, pour transporter les fumées provenant de l'utilisation de l'équipement ou ses connecteurs de ventilation vers l'atmosphère extérieure (voir également 3.56)

3.18**échangeur de chaleur**

cuve dans laquelle la chaleur est transférée d'un milieu à un autre

3.19**allumeur**

dispositif qui utilise l'énergie électrique pour enflammer un gaz sur un brûleur pilote ou principal

3.20**allumage, automatique**

allumage d'un gaz sur le brûleur lorsque le dispositif de commande de gaz est activé, incluant le réallumage si les flammes sur le brûleur ont été éteintes par des moyens autres que par la fermeture du dispositif de commande de gaz

3.21**dispositif d'allumage**

- a) dispositif pour l'inflammation du gaz sur un brûleur. Il peut être un pilote ou un allumeur
- b) **allumage direct**
allumeur utilisé pour enflammer un gaz sur un brûleur principal

3.22**système d'allumage, automatique**

système conçu pour enflammer et réenflammer un brûleur principal. De tels systèmes:

- a) décèlent la présence soit d'une source d'allumage soit d'une flamme du brûleur principal ou des deux,
- b) allument automatiquement le gaz sur le brûleur principal ou sur le brûleur pilote et ainsi le pilote peut allumer le brûleur principal, et
- c) réalisent automatiquement la coupure de l'alimentation de gaz sur le brûleur principal ou le brûleur pilote et le brûleur principal quand la flamme surveillée ou la source d'allumage n'est pas décelée

3.23**chronologies du système d'allumage****a) période d'établissement de la flamme**

période de temps entre l'amorce du débit de gaz et la présence de la flamme surveillée ou entre la présence de la flamme surveillée et l'amorce de débit de gaz. Ceci peut s'appliquer pour attester la présence de la source d'allumage ou de la flamme du brûleur principal, ou les deux

b) période d'activation d'allumage

période de temps entre l'alimentation du robinet principal de gaz et la désactivation du moyen d'allumage avant le temps de verrouillage

c) temps de verrouillage

période de temps entre l'amorce du débit de gaz et l'action pour fermer le débit de gaz en cas de défaillance pour attester de la présence de source d'allumage surveillée ou de la flamme surveillée du brûleur principal. La réinitialisation de la séquence d'allumage demande une opération manuelle

- d) **temps maximal**
temps maximal autorisé pour la fonction spécifiée de n'importe quel dispositif
- e) **temps de purge**
période de temps destinée à permettre la dissipation de tout gaz non brûlé ou des produits de combustion résiduels
 - 1) **temps de pré-purge**
temps de pré-purge qui s'écoule au début d'un cycle de fonctionnement d'un brûleur avant d'initier l'allumage
 - 2) **temps de post-purge**
temps de purge qui s'écoule à la fin d'un cycle de fonctionnement d'un brûleur
- f) **temps de recyclage**
période de temps entre la fermeture de l'alimentation en gaz suivant la perte de la source d'allumage surveillée ou de la flamme surveillée du brûleur principal et la réactivation de la source d'allumage

3.24

isolation

- a) **de base**
isolation fournissant une protection de base contre les chocs électriques
- b) **double**
isolation comprenant à la fois une isolation de base et une isolation supplémentaire
- c) **fonctionnelle**
isolation qui est seulement nécessaire pour le fonctionnement correct de l'appareil
- d) **renforcée**
système d'isolation unique qui procure, dans les conditions spécifiées dans cette norme, un degré de protection contre les chocs électriques équivalant à une double isolation

NOTE 1 L'isolation fonctionnelle, par définition, ne protège pas contre les chocs électriques. Elle peut, toutefois, réduire la probabilité d'allumage et de feu.

NOTE 2 L'expression « système d'isolation » n'implique pas que l'isolation doit être homogène. Elle peut comprendre plusieurs couches qui peuvent ne pas être testées comme une isolation supplémentaire ou une installation de base.

3.25

verrouillage

commande pour attester de l'état physique d'une condition exigée et de la présence du circuit de dispositifs d'arrêt de sécurité

3.26

joints

points de connexion: entre les surfaces de transfert de chaleur; entre les zones de pression positive et négative des composants du système à piles à combustible; et entre les composants du système à piles à combustible

3.27

labélisé

équipement ou matériaux auxquels ont été attachés une étiquette, un symbole ou un autre marquage d'identification d'une organisation ayant l'autorité de juridiction et concernée par l'évaluation du produit, en maintenant l'inspection périodique de la production de l'équipement ou matériaux labélisés, et sur lesquels l'étiquetage du fabricant indique la satisfaction aux normes appropriées ou à la performance d'une manière spécifique

3.28

circuit à courant limité

voir 3.3

3.29**référéncé**

équipement ou matériaux inclus dans une liste publiée par un laboratoire d'essais reconnu nationalement, un bureau d'inspection, ou d'autres organisations concernées par l'évaluation de produit, qui maintiennent une inspection périodique de la production de l'équipement ou des matériaux référencés, qui statue soit que l'équipement ou le matériau satisfait aux normes reconnues nationalement, soit qu'il a été testé et jugé adapté pour l'utilisation d'une manière spécifique

3.30**charge, normale**

charge maximale qui est connectée au réseau, pour les systèmes utilisant une source d'alimentation principale extérieure pour le ralenti, la mise en marche ou pour maintenir le système en fonctionnement

3.31**temps de verrouillage, d'échec de la flamme**

durée entre l'instant d'apparition du signal qui indique l'absence de la flamme et l'instant où le verrouillage prend place

3.32**brûleur principal**

un dispositif ou un groupe de dispositifs formant essentiellement une unité intégrante du transport final du gaz ou d'un mélange de gaz et d'air vers la zone de combustion, et sur lequel la combustion prend place pour accomplir la fonction pour laquelle le matériel est conçu

3.33**tubulure**

conduit qui alimente en gaz ou qui recueille le gaz de la cellule élémentaire à combustible ou de la pile à combustible

3.34**matériaux****a) combustibles**

élément des matériaux adjacents ou en contact avec les appareils produisant de la chaleur, connecteurs de ventilation, évacuations des gaz, canalisations de vapeur et d'eau chaude, et conduites d'air chaud, devant désigner les matériaux faits ou plaqués de bois, papier compressé, fibres de plante, ou autres matériaux qui sont capables d'être allumés et brûlés. De tels matériaux doivent être considérés combustibles même s'ils sont résistants aux flammes, traités ignifuge, ou recouverts

b) non combustibles

pour les besoins de cette norme, matériaux qui ne sont pas capables d'être allumés ou brûlés, tels que les matériaux composés de, ou d'une combinaison de, acier, fer, brique, céramique, béton, ardoise, amiante, verre et plâtre

3.35**pression de service admissible maximale**

voir 3.63

3.36**pression de service maximale**

voir 3.39 (MOP en anglais)

3.37**charge normale**

voir 3.30

3.38**conditions normales de fonctionnement**

Les conditions normales de fonctionnement correspondent au fonctionnement du système à piles à combustible dans des conditions normales, en particulier:

- puissance électrique nominale (assignée) par rapport à la tension et à l'intensité,
- puissance thermique nominale par rapport à la température et au flux d'agents de refroidissement (si applicable),
- plage nominale de température de tous les sous-systèmes du système à piles à combustible,
- composition nominale du combustible,
- flux nominaux des agents d'anode et de cathode,
- plages nominales de pression de tous les fluides au sein du système, et
- rythme de variation de la puissance de sortie (électrique et thermique) dans les plages nominales définies dans la spécification du fabricant;

sauf indication contraire, l'ensemble du système à piles à combustible est mis en fonctionnement avec plus ou moins 2 % de la tension et fréquence d'entrée assignées; et avec plus ou moins 5 % de la consommation de combustible calculé lorsqu'il fonctionne aux conditions de sortie calculées, telles que spécifiées par le fabricant. Les tolérances pour les autres valeurs sont à spécifier par le fabricant

NOTE Les déviations de ces conditions nominales de fonctionnement sont définies comme des conditions anormales de fonctionnement.

3.39

pression de fonctionnement, maximale (MOP en anglais)

la plus haute pression manométrique d'un composant ou système qui est attendue durant le fonctionnement normal incluant les démarrages, les arrêts et les transitoires

3.40

état passif

état des composants internes d'un système à piles à combustible normalement constaté lorsque le système à piles à combustible est purgé avec de la vapeur, air ou azote, ou par les instructions du fabricant lorsque le système à piles à combustible est arrêté ou avant que le système à piles à combustible ne soit mis en fonctionnement (initialisation)

3.41

pilote

petite flamme de gaz utilisée pour allumer le gaz sur le brûleur principal

- a) **continu**
pilote qui brûle sans faiblir pendant tout le temps que le brûleur est en service, que le brûleur principal soit allumé ou non
- b) **extensible**
pilote continu qui s'accroît automatiquement de façon à allumer sans danger le brûleur principal. Ce pilote peut être ralenti à la fin de la période d'établissement de la flamme du pilote principal
- c) **intermittent**
pilote qui est automatiquement allumé à chaque fois qu'il y a un signal d'initialisation. Il brûle durant toute la période pendant laquelle le brûleur principal est allumé
- d) **interrompu**
pilote qui est automatiquement allumé à chaque fois qu'il y a un signal d'initialisation. Le combustible du pilote est automatiquement coupé à la fin de la période d'établissement de la flamme du pilote principal
- e) **contrôlé**
flamme de pilote supervisée par une commande de sécurité primaire

3.42

système de tuyauterie

tous les tuyaux, robinets et accessoires utilisés pour connecter les matériels utilisant du gaz au point de fourniture

3.43**équipement enfichable de type A**

matériel destiné à être relié à l'installation électrique des bâtiments par une prise de courant non industrielle, un connecteur non industriel, ou les deux,

3.44**orifice**

toute ouverture sur une tête de brûleur par laquelle le gaz ou le mélange gaz-air est déchargé pour l'allumage

3.45**système**

assemblage conditionné, autonome, se mettant en fonctionnement automatiquement, de systèmes intégrés générant de l'énergie électrique utile et de l'énergie thermique récupérable

3.46**circuit primaire**

voir 3.4

3.47**purge**

pour libérer par un conduit de gaz de l'air, du gaz ou un mélange d'air et de gaz

3.48**réformeur**

cuve dans laquelle les gaz combustibles et autres flux gazeux de recyclage (si présents) réagissent avec la vapeur d'eau et la chaleur, généralement en présence d'un catalyseur, pour produire un gaz riche en hydrogène pour l'utilisation dans un système à piles à combustible

3.49**régulateur, de flux**

dispositif dont les fonctions sont de maintenir un flux désiré dans le matériel en réduisant automatiquement le flux à la valeur désirée

3.50**circuit secondaire**

voir 3.7

3.51**circuit TBTS**

voir 3.6

3.52**gravité spécifique**

ratio du poids ou de la masse d'un volume donné d'une substance et d'un volume égal d'une autre substance (l'air pour les gaz, l'eau pour les liquides et solides) utilisée comme une référence, les deux mesurés dans les mêmes conditions

3.53**arrêt**

point fixe d'une commande, telle qu'une commande de limite de température, qui interdit le réglage de la commande au-delà du point d'arrêt

3.54**conditions d'équilibre thermique**

conditions de température stable, caractérisées par des variations de température inférieures à 3 K (5° F) ou à 1 % de la température de fonctionnement absolue, selon les variations les plus significatives entre deux lectures espacées de 15 min

3.55**circuit TNV**

voir 3.8 (TNV en anglais)

3.56

ventilation

passage ou conduit pour transporter les produits de combustion, du matériel utilisant du gaz, ou ses connecteurs de ventilation, vers l'atmosphère extérieure

3.57

connecteur de ventilation

portion du système de ventilation qui relie la sortie des produits de combustion des matériels utilisant du gaz à l'évacuation des gaz ou à la tuyauterie métallique à paroi simple

3.58

gaz d'évacuation

produits de combustion issus des matériels utilisant du gaz plus l'air en excès, plus la dilution de l'air dans le système de ventilation au-dessus du régulateur de flux ou du dispositif similaire

3.59

borne de ventilation (clapet de ventilation)

accessoire placé à la fin de la conduite de ventilation qui dirige les produits de combustion dans l'atmosphère extérieure

3.60

ventilation

processus naturel ou mécanique de fourniture d'air conditionné ou non conditionné, ou de déplacement de cet air de tout espace

3.61

système de ventilation

l'évacuation des gaz ou la tuyauterie métallique à paroi simple, et le connecteur de ventilation si utilisé, assemblés pour former un passage ouvert continu depuis le collier de sortie du matériel utilisant du gaz jusqu'à l'atmosphère extérieure dans l'objectif de déplacer les gaz d'évacuation

3.62

tension, dangereuse

tension excédant 42,4 V en valeur de crête, ou 60 V à courant continu, existant dans un circuit qui ne satisfait pas aux exigences soit d'un circuit à courant milité, soit d'un circuit TNV

[CEI 60950]

3.63

pression de service, maximale admissible (MAWP en anglais)

la plus haute pression manométrique d'un fluide de service (gaz ou liquide) à laquelle le matériel ou le système d'exploitation est réglé en prenant en compte la gestion des défauts pouvant apparaître lors d'un fonctionnement normal

NOTE Une marge est généralement fournie entre la MOP et les points de réglage des limiteurs de pression qui sont réglés à ou en-dessous de la MAWP.

4 Exigences de sécurité et mesures de protection

4.1 Stratégie de sécurité générale

Le fabricant doit s'assurer que:

- tous les dangers prévisibles, toutes les situations et événements dangereux liés aux systèmes à piles à combustible durant leur durée de vie prévue ont été identifiés;
- le risque pour chacun de ces dangers a été estimé en fonction de la probabilité d'apparition du danger et de sa gravité prévisible conformément aux ISO 14121, CEI 61882, CEI 60300-3-9, ou CEI 61511-3, ou à leurs équivalents;

- les deux facteurs qui déterminent chacun des risques estimés (probabilité et gravité) ont été éliminés ou réduits autant que possible au cours de la conception incluant un mauvais emploi prévisible et raisonnable (conception et construction fondamentalement sûres);
- les mesures de protection nécessaires concernant les risques ne pouvant être éliminés ont été prises (mise en place de dispositifs d'alarme et d'avertissement);
- les utilisateurs sont informés de la nécessité de mettre en place toute mesure de sécurité supplémentaire.

Etant donné la quantité de combustible et de toute autre énergie stockée (par ex. matériaux inflammables, matériel sous pression, énergie électrique, énergie mécanique, etc.) dans les systèmes à piles à combustibles, il est nécessaire d'éliminer les dangers potentiels. La stratégie de sécurité générale pour les systèmes à piles à combustible doit être établie selon la séquence suivante:

- éliminer les dangers à l'extérieur du système à piles à combustible, lorsqu'une telle énergie est libérée presque instantanément, ou
- contrôler de manière passive (par ex. disques de rupture, détendeurs de pression, dispositifs de blocage thermique) de telles formes d'énergie afin de s'assurer d'une libération sans danger pour l'air ambiant, ou
- contrôler activement de telles formes d'énergie (par ex. équipement de commande électronique compris dans le système à piles à combustible renforçant des contre-mesures adéquates en fonction de l'évolution des signaux du capteur). Dans ce cas, le risque provoqué par les défaillances d'un tel équipement de commande doit être étudié en détail. Des recommandations concernant les composants principaux relatifs à la sécurité peuvent être consultées dans la CEI 61508, ou
- fournir des marques de sécurité appropriées, concernant les risques de dangers n'ayant pas été éliminés.

A l'aide des techniques décrites ci-dessus, une attention spéciale doit être accordée au traitement des dangers répertoriés dans l'Annexe A.

4.1.2 Le fabricant doit démontrer que les mesures de protection nécessaires ont été prises concernant les risques qui ne sont pas éliminés, en réalisant une analyse de sécurité et de fiabilité pour déterminer les défaillances qui ont des conséquences importantes sur la sécurité du système.

L'analyse de sécurité et de fiabilité doit être réalisée selon la CEI 60812, la CEI 61025 ou équivalent.

4.1.3 Comportement lors de conditions de fonctionnement normales et anormales

Le système à pile à combustible doit être construit de manière à supporter toutes les conditions de fonctionnement normales, définies par les spécifications du fabricant, sans subir aucune détérioration. En cas de conditions de fonctionnement anormales prévisibles, le système à pile à combustible doit être construit et conçu en prenant en compte 4.1.

4.2 Environnement physique et conditions de fonctionnement

4.2.1 Généralités

Le système à piles à combustible et les systèmes de protection doivent être conçus et construits de manière à remplir leur fonction dans l'environnement physique et les conditions de fonctionnement spécifiés de 4.2.2 à 4.2.8.

4.2.2 Énergie électrique à l'arrivée

Le système à piles à combustible doit être conçu pour fonctionner correctement dans les conditions d'énergie électrique à l'arrivée définies dans la CEI 60204-1, ou telles que spécifiées par le fabriquant.

4.2.3 Environnement physique

Le fabricant doit spécifier les conditions d'environnement physique auxquelles le système à piles à combustible est adapté. Il convient de prendre en considération:

- l'utilisation intérieure / extérieure;
- l'altitude au dessus du niveau de la mer à laquelle le système à piles à combustible doit pouvoir fonctionner correctement;
- la plage de température et d'humidité de l'air au sein de laquelle le système à piles à combustible doit pouvoir fonctionner correctement;
- la zone sismique dans laquelle il peut être installé.

4.2.4 Arrivée de combustible

Il convient que le système à piles à combustible soit conçu pour fonctionner correctement dans les limites de composition et les caractéristiques d'alimentation des combustibles pour lesquels il est prévu (par ex. gaz naturel de pipeline). Le fabricant doit spécifier dans le guide d'utilisateur les limites de composition et les caractéristiques d'alimentation des combustibles devant être utilisés dans le système à piles à combustible.

4.2.5 Arrivée d'eau

Les caractéristiques de qualité et d'alimentation de l'eau devant être utilisée dans les systèmes à piles à combustible doivent être spécifiées par le fabricant.

4.2.6 Vibrations, chocs et secousses

Les effets négatifs des vibrations, chocs et secousses (y compris ceux générés par la machine et ses équipements et ceux créés par l'environnement physique) doivent être évités par la sélection d'un équipement approprié, en l'installant à l'écart du système à piles à combustible, ou à l'aide d'installations anti-vibrations. Cela ne comprend pas les effets des chocs sismiques qui doivent être traités séparément si le fabricant juge approprié de le faire pour son produit (voir 4.2.3).

4.2.7 Manutention, transport et stockage

Le système à piles à combustible 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, comprises entre -25 °C et $+55\text{ °C}$, et pour de courtes périodes n'excédant pas 24 h, jusqu'à $+70\text{ °C}$. D'autres plages de températures peuvent être spécifiées par le fabricant.

Le système à piles à combustible ou chaque composant doit:

- pouvoir être manipulé et transporté sans risque, lorsque nécessaire, être muni de moyens de manipulation par grue ou équipement similaire,
- être enveloppé ou conçu de telle sorte qu'il peut être stocké sans risque et sans subir de détérioration (par ex. stabilité adéquate, supports spéciaux, etc.).

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

4.2.8 Système de purge

Des moyens de purge doivent être fournis lorsque, pour des raisons de sécurité, un état passif est nécessaire après l'arrêt ou avant la mise en marche, comme spécifié par le fabricant. On peut utiliser un système de purge adéquat, faisant intervenir un agent spécifié par le fabricant, tel que l'azote, l'air ou la vapeur, sans que cela ne soit limitatif, dans une situation sans danger et dans le cadre de l'utilisation prévue.

4.3 Sélection des matériaux

Tous les matériaux doivent être appropriés pour l'utilisation prévue.

4.3.1 Lorsque des matériaux utilisés pour construire le système à piles à combustible sont considérés comme dangereux dans certaines conditions, le fabricant doit mettre en place des mesures et fournir les informations nécessaires pour limiter suffisamment les risques de nuire à la santé ou à la sécurité d'autrui.

4.3.2 L'amiante, ou les matériaux contenant de l'amiante ne doivent pas être utilisés pour la construction d'un système à piles à combustible.

4.3.3 Les matériaux métalliques et non métalliques utilisés pour construire des pièces extérieures ou intérieures du système à piles à combustible, en particulier ceux étant exposés directement ou indirectement à l'humidité ou contenant du gaz de transformation ou des courants liquides, ainsi que les pièces et matériaux utilisés pour les souder ou les raccorder, par ex. les consommables pour le soudage, doivent être adaptés à toutes les conditions physiques, chimiques et thermiques raisonnablement prévisibles au cours du cycle de vie de l'équipement, et à toutes les conditions d'essais. En particulier:

- ils doivent conserver leur stabilité mécanique relative à la force (propriétés de fatigue, limite d'endurance, force de fluage) lorsqu'ils sont exposés à la plage complète des conditions de fonctionnement et de cycle de vie spécifiées par le fabricant;
- ils doivent être suffisamment résistants à l'action chimique et physique des fluides qu'ils contiennent et à la dégradation environnementale. Les propriétés physiques et chimiques nécessaires à un fonctionnement sans risque ne doivent pas être considérablement affectées au cours du cycle de vie de l'équipement, à moins qu'un remplacement ne soit prévu. En particulier, lors du choix des matériaux et des méthodes de fabrication, la résistance à l'usure et à la corrosion, la conductivité électrique, la force d'impact, la résistance au vieillissement, les effets des variations de température, les effets de l'assemblage de certains matériaux (par ex. la corrosion électrochimique), les effets du rayonnement ultraviolet, et les effets de la dégradation de l'hydrogène sur les performances mécaniques doivent être pris en considération. Des recommandations concernant les effets de dégradation de l'hydrogène sur les performances mécaniques d'un matériau peuvent être consultées dans l'ISO 15916 et dans l'Annexe B.

4.3.4 Lorsque des conditions d'érosion, d'abrasion, de corrosion ou d'autres attaques chimiques sont possibles, des mesures appropriées doivent être prises pour:

- minimiser cet effet à l'aide d'une conception appropriée, par ex. l'épaisseur, ou par une protection adaptée, par ex. l'utilisation de coussinets, de matériaux de parement ou de revêtements de surface, en prenant en compte l'utilisation raisonnablement prévisible,
- permettre le remplacement des pièces les plus affectées,
- attirer l'attention, dans les instructions se reportant au 7.4.5, sur le type et la fréquence des mesures d'inspection et de maintenance nécessaires pour une utilisation sûre et continue; les pièces sujettes à l'usure et les critères pour un remplacement doivent être spécifiés lorsque nécessaire.

4.4 Exigences générales

4.4.1 Dans la mesure où leur fonction le permet, les pièces accessibles du système à piles à combustible ne doivent pas présenter de bords coupants, d'angles coupants et de surfaces rugueuses pouvant occasionner des blessures.

4.4.2 Les systèmes à piles à combustible, ou les pièces autour desquelles les personnes sont susceptibles d'évoluer, doivent être conçus et fabriqués de manière à éviter toute chute, dérapage ou trébuchement sur, ou à partir de ces pièces.

4.4.3 Le système à piles à combustible, ses composants et fixations doivent par conséquent être conçus et construits de manière stable, dans le cadre de l'utilisation prévue (en prenant en considération, si nécessaire, les conditions climatiques) et ne doivent pas se retourner, tomber ou produire un mouvement inattendu. Dans le cas contraire, des moyens appropriés d'ancrage doivent être incorporés et indiqués dans les instructions.

4.4.4 Les pièces mobiles du système à piles à combustible doivent être conçues, construites et mises en place de manière à éviter les dangers ou, lorsque les dangers ne sont pas éliminés, les pièces doivent être fixées avec des protections, afin d'éviter tout contact pouvant provoquer des accidents.

4.4.5 Les différentes pièces du système à piles à combustible et leurs raccords doivent être conçus de manière à éviter, dans le cadre d'une utilisation normale, toute instabilité, distorsion, casse ou usure, susceptible de diminuer la sécurité.

4.4.6 Le système à piles à combustible doit être conçu, construit et/ou équipé de manière à éviter les risques provoqués par le gaz, les liquides, la poussière ou les vapeurs libérés au cours du fonctionnement ou de la maintenance, ou utilisés lors de la construction.

4.4.7 Toutes les pièces doivent être posées ou fixées de manière sûre et doivent être rigoureusement soutenues. L'utilisation de montures anti-vibrations est autorisée lorsque cela est approprié pour l'application.

4.4.8 Tous les composants du système d'arrêt de sécurité dont la défaillance peut provoquer un événement dangereux, tel qu'identifié par l'analyse de fiabilité/sécurité de 4.9.1, doivent être identifiés, certifiés ou soumis à essai séparément pour leur utilisation respective.

4.4.9 Risque de blessures provoquées par le contact ou la proximité avec les surfaces externes de l'enveloppe de l'appareil, les poignées ou les boutons à hautes températures.

a) Le fabricant doit prendre des mesures pour éliminer le risque de blessures provoquées par le contact ou la proximité avec les surfaces externes de l'enveloppe du système à piles à combustible, les poignées ou les boutons à hautes températures.

Si les surfaces externes de l'enveloppe du système à piles à combustible, les poignées, les boutons ou des pièces similaires sont accessibles sans équipement de protection personnel alors que le système est en fonctionnement, le fabricant doit limiter la température de ces surfaces comme spécifié au Tableau 1, ou placer des protections afin d'éviter les risques d'accident liés au contact.

Tableau 1 – Températures de surface admissibles

Partie	Elévation de température (°C)
Enveloppes externes, à l'exception des poignées maintenues en fonctionnement normal	60
Surfaces des poignées, boutons et pièces similaires maintenues pendant de courtes périodes en fonctionnement normal	
- en métal	35
- en porcelaine	45
- en matière moulée (plastique), caoutchouc ou bois	60

Elévations maximales de température au-dessus de la température ambiante des surfaces externes pouvant être touchées par des personnes sans équipement de protection personnel, au cours du fonctionnement. Les valeurs ci-dessus sont répertoriées dans le Tableau 3 de la CEI 60335-1.

- b) Les températures des murs, du sol et du plafond attenants au système à piles à combustible ne doivent pas excéder 50 °C au-dessus de la température ambiante, dans les conditions d'essais mentionnées en 5.13b).

4.4.10 Le système à piles à combustible doit être conçu et construit de manière à réduire l'émission de bruits aériens à un niveau approprié pour l'utilisation ou le lieu prévu, en application des codes et normes locales ou nationales relatives au bruit aérien.

4.4.11 L'évacuation du système à piles à combustible dans l'atmosphère, dans des conditions d'utilisation normale, ne doit pas contenir une concentration en monoxyde de carbone supérieure à 300 ppm dans un échantillon exempt d'air des effluents, qui est un échantillon dont la concentration CO des effluents est mathématiquement corrigée comme s'il y avait zéro % d'excès d'air.

4.4.12 Lorsque des liquides explosifs, inflammables ou toxiques sont contenus dans les canalisations, des précautions appropriées doivent être prises dans la conception et le marquage de l'échantillon et des prises.

4.4.13 Les températures maximales des composants et matériaux, tels qu'installés dans le système à piles à combustible, ne doivent pas excéder leurs valeurs de température.

4.4.14 Le fabricant doit prendre en considération le fonctionnement du système à piles à combustible lorsque des contaminants (par ex. la poussière, le sel, la fumée et les gaz corrosifs) sont présents dans l'environnement physique.

4.4.15 L'enveloppe du système à piles à combustible doit être conçue pour contenir sans risque toute fuite de liquide dangereux anticipée (voir 4.5.2f) pour le combustible liquide). Les moyens de rétention doivent posséder une capacité de 110 % du volume maximum de liquide susceptible de fuir.

4.5 Équipement sous pression et canalisations

4.5.1 Équipement sous pression

Les cuves sous pression telles que les réacteurs, les échangeurs de chaleur, les chauffages et chaudières à gaz, les chaudières électriques, les refroidisseurs, les accumulateurs et les conteneurs similaires, ainsi que les mécanismes de décompression associés, tels que les clapets de décharge et les dispositifs similaires, doivent être construits et marqués en application des codes et normes locaux ou nationaux. L'ISO 16528 fournit des informations concernant les normes relatives aux équipements sous pression.

Les cuves n'étant pas qualifiées comme étant des « cuves sous pression », conformément aux codes et aux normes locaux ou nationaux applicables, relatifs aux équipements sous pression tels que les réservoirs et les conteneurs similaires, doivent être construites dans des matériaux appropriés, conformément à 4.3, et doivent répondre aux exigences de 4.4. De telles cuves, ainsi que les joints et fixations associés, doivent être conçus et construits avec une rigidité pour le fonctionnement et une résistance aux fuites appropriées pour éviter les dégagements involontaires.

4.5.2 Systèmes de canalisations

Les canalisations ainsi que les joints et fixations associés doivent être conformes aux articles applicables de l'ISO 15649.

Les systèmes de canalisation conçus pour une pression manométrique interne supérieure ou égale à zéro, mais inférieure à 105 kPa, transportant des liquides non inflammables, non toxiques et non dangereux pour les tissus humains et ayant une température de -29°C à 186°C , ne sont pas inclus dans le champ d'application de l'ISO 15649. Les systèmes de canalisation présentant ces caractéristiques doivent être construits avec des matériaux appropriés conformément à 4.3, et doivent répondre aux exigences de 4.4. De telles canalisations, ainsi que les joints et fixations associés, doivent être conçues et construites avec une rigidité pour le fonctionnement et une résistance aux fuites appropriées pour éviter les dégagements involontaires.

Les éléments suivants doivent être pris en compte pour la conception et la construction des canalisations et fixations rigides et flexibles:

- a) Les matériaux doivent être conformes aux exigences spécifiées en 4.3.
- b) Les surfaces internes des canalisations doivent être nettoyées minutieusement pour ôter toute particule, et les extrémités des canalisations doivent être fraisées soigneusement pour enlever les obstructions et ébarbures.
- c) Si une accumulation de condensat ou de dépôt de liquide à l'intérieur des canalisations de liquides gazeux est susceptible de provoquer une détérioration suite au coup de bélier, à la perte du vide, à la corrosion et aux réactions chimiques incontrôlées au cours de la mise en marche, de l'arrêt et/ou de l'utilisation, le fabricant doit fournir des moyens de drainage et d'élimination des dépôts des pièces basses et d'accès au cours du nettoyage, de l'inspection et de la maintenance. En particulier, le fabricant doit prendre des mesures pour prévenir l'accumulation de dépôts ou de condensats dans les commandes de gaz combustible. Des bassins de décantation ou des filtres doivent être installés ou des recommandations adéquates doivent figurer dans la documentation technique du produit.
- d) Le fabricant doit prendre des mesures contre l'accumulation de dépôts dans les commandes de gaz combustibles. Des bassins de décantation ou des filtres doivent être installés ou des recommandations adéquates doivent figurer dans la documentation technique du produit.
- e) Les canalisations non métalliques, utilisées pour acheminer les gaz combustibles, doivent être protégées contre une éventuelle surchauffe. Des mesures conformes à l'analyse de sécurité et de fiabilité de 4.1.2 doivent être fournies pour éviter que la température des composants acheminant des gaz combustibles ne dépasse leurs températures de conception.
- f) Les systèmes à piles à combustible liquide doivent inclure des moyens de capturer, recycler ou de déliminer sans risque des combustibles liquides libérés. Des bacs d'égouttement, des protections contre les déversements, ou des canalisations à parois doubles doivent être conçus pour éviter les déversements involontaires.

4.5.3 Systèmes d'évacuation des fumées

Le système à piles à combustible doit être muni d'un dispositif de ventilation pour acheminer les produits de la combustion, provenant de l'utilisation de l'équipement, vers l'atmosphère extérieure. Cette exigence peut être exemptée par les normes d'installation pour les petits (moins de 10 kW net en sortie électrique) systèmes à piles à combustible. Le fabricant doit concevoir et construire la ventilation d'évacuation, ou fournir des instructions dans la documentation technique du produit pour le concevoir et le construire, conformément aux exigences suivantes:

- a) Les matériaux doivent être conformes aux exigences spécifiées en 4.3. En particulier, le dispositif de ventilation doit être construit avec des matériaux résistant à la corrosion par condensation. Les matériaux non métalliques doivent être jugés en fonction de leurs limites de température, force et résistance à la condensation.
- b) Le dispositif de ventilation d'un système à piles à combustible doit être durable. Les pièces du dispositif d'évacuation, y compris les pièces du système à piles à combustible, ne doivent pas casser, se détacher ou se détériorer au point de provoquer un fonctionnement dangereux du système à piles à combustible.

- c) La conduite de ventilation doit être correctement soutenue et doit être munie d'une protection anti-pluie n'obstruant ou ne limitant pas la ventilation verticale ascendante de débit gazeux.
- d) Un moyen tel que le drainage, doit être fourni pour éviter que l'eau, la glace et les autres débris ne s'accumulent à l'intérieur de la conduite de ventilation ou ne l'obstruent.
- e) Les systèmes d'échappement de la conduite d'évacuation doivent se situer à l'extérieur, dans un endroit sûr, loin de la zone des utilisateurs, des sources d'allumage, des prises d'air, des ouvertures du bâtiment, et des avancées de toits.
- f) Un dispositif de ventilation pour système à piles à combustible doit être hermétique aux fuites.
- g) Le collet de sortie d'échappement doit être de taille suffisante pour inclure un connecteur de ventilation de diamètre standard, disponible dans le commerce, ou pour inclure un conduit tel que spécifié par les instructions d'installation du fabricant.
- h) Les pressostats utilisés pour l'échappement du débit gazeux, le cas échéant, doivent être réglés en usine, ou à la discrétion du fabricant, par le personnel autorisé, sur le site de construction. Les moyens de réglage doivent alors être verrouillés. Un pressostat doit comporter une marque indiquant clairement le code d'article du fabricant ou du distributeur, ou une documentation appropriée, correspondant aux réglages de pression verrouillés.
- i) Les pièces d'un pressostat en contact avec un condensat de gaz d'échappement doivent résister à la corrosion du condensat de gaz d'échappement dans des températures de fonctionnement normales.
- j) Le système à piles à combustible doit pouvoir être mis en marche et ne doit pas s'arrêter lorsque le système de ventilation est exposé à une pression statique de 116 Pa, ou à une pression de vitesse de 134,5 Pa (vitesse du vent de 54 km/h), conformément aux essais de 5.14.
- k) Lorsque le système à piles à combustible est fourni avec un dispositif de ventilation, la température moyenne des gaz d'échappement acheminés par ce dispositif de ventilation ne doit pas excéder les températures acceptables pour les matériaux utilisés pour sa construction.

4.5.4 Les parties servant à transporter le gaz doivent satisfaire à la condition suivante:

Le conduit d'entrée doit posséder une imperméabilité au gaz ne pouvant être amoindrie lors du transport habituel, de l'installation et de l'utilisation.

4.6 Protection contre les dangers d'incendie ou d'explosion

4.6.1 Prévention contre les dangers d'incendie et d'explosion dans les systèmes à piles à combustible munis de boîtiers

- a) Les systèmes intégrés du système à piles à combustible doivent être assemblés de manière à éviter les dangers associés aux accumulations d'atmosphère inflammable à l'intérieur du système à piles à combustible.
- b) Les limites pour la dilution des dégagements internes normaux en dessous de 25 % LEL (ou LEI) (LFL pour l'hydrogène) peuvent être déterminées à l'aide d'une analyse informatique de la dynamique des fluides, d'un gaz détecteur ou de méthodes similaires, telles que celles décrites dans la CEI 60079-10. Tous les appareils installés dans les limites de dilution doivent répondre aux exigences spécifiées au point e). Le volume dans les limites de dilution doit être classé en application de la CEI 60079-10. Les LFL des gaz typiques sont décrites dans la CEI 60079-20.
- c) Les compartiments de boîtier avec sources internes de dégagement de gaz/vapeur inflammables sont définis comme des compartiments à combustible. Les compartiments à combustible doivent être conçus:
 - pour contenir un mélange de gaz inférieur à 25 % des LEL (LFL pour l'hydrogène), sauf dans les limites de dilution,
 - et pour limiter l'étendue les limites de dilution à l'intérieur du compartiment à combustible.

- d) Les méthodes pour maintenir des dégagements internes normaux inférieurs à 25 % des LEL (LFL pour l'hydrogène), sauf dans les limites de dilution, incluent:

1) Oxydation contrôlée des dégagements internes normaux

Cela peut être réalisé par une alimentation en sources d'oxydant et d'allumage fiables et continues qui assurent la combustion des gaz dégagés ou grâce à l'utilisation d'unités d'oxydation catalytiques.

Le fabricant doit s'assurer que le dégagement crédible maximal, lorsque activé, produit des pressions et des températures pouvant être contenues à l'intérieur du compartiment à combustible, et tolérées par les composants exposés à de telles conditions.

2) Dilution de l'air des dégagements internes normaux

Cela peut être réalisé par la mise en place d'une ventilation mécanique diluant la concentration des dégagements normaux avec l'air, à moins de 25 % des LEL (LFL pour l'hydrogène), sauf dans les limites de dilution. Dans tous les cas, le taux minimum de ventilation doit être conforme à l'essai de taux de fuite acceptable de 5.4.

Les compartiments à combustible ventilés doivent être conçus pour fonctionner avec une pression négative par rapport aux autres compartiments du système à piles à combustible et à son environnement (ventilation d'évacuation ou induite), conformément à la CEI 60079-16. Le fonctionnement correct du système de ventilation doit être confirmé par la mesure du débit ou de la pression. La défaillance de la ventilation doit provoquer l'arrêt de l'équipement d'exploitation.

Les compartiments à combustible du système à piles à combustible ne nécessitent pas d'être ventilés avec des pressions négatives si des moyens adéquats sont fournis pour maintenir une concentration de gaz inflammable inférieure à 25 % des LFL, pour toutes les conditions d'utilisation, sauf dans les limites de dilution, ou comme décrit au point g) (dégagements anormaux).

Les compartiments à combustibles qui dépendent de la ventilation pour la protection contre l'accumulation d'atmosphères inflammables doivent être purgés de façon à ce que l'atmosphère soit amenée en dessous de 25 % des LFL.

NOTE Une méthode pour accomplir ceci est d'échanger au moins 4 volumes d'air dans un intervalle de temps approprié pour assurer ce résultat.

La purge devra être réalisée avant l'alimentation de tout appareil n'étant pas adapté au domaine de classement défini au point b) ci-dessus. La purge n'est pas nécessaire si l'atmosphère au sein du compartiment et des conduites associées peut être démontrée comme étant sans danger. Tous les dispositifs devant être alimentés avant la purge ou devant servir à la purge, doivent répondre aux exigences spécifiées au point e).

- e) Pour les emplacements définis comme dangereux au point b), à l'exception des unités utilisant la méthode de protection décrite au point d)1), le fabricant doit éliminer les sources d'allumage en s'assurant que:

- l'équipement électrique installé est adapté au classement de l'emplacement conformément à la CEI 60079-0 et aux autres parties applicables de la série CEI 60079;
- les résistances électriques chauffantes installées, si disponibles, sont conformes à la CEI 62086-1;
- les températures de la surface n'excèdent pas 80 % de la température d'allumage automatique, exprimée en degrés Celsius, du gaz ou de la vapeur inflammable. Voir la CEI 60079-20 pour les recommandations concernant les températures d'allumage automatique des différents liquides inflammables;
- l'éventualité de décharges statiques a été éliminée par des liaisons électriques et une mise à la terre correcte, conformément à la CEI 60204-1, et par un choix de matériaux appropriés;
- l'équipement contenant des matériaux capables d'activer la réaction des liquides inflammables avec l'air doit pouvoir supprimer la propagation de la réaction de l'équipement à l'atmosphère inflammable environnante.

- f) Les compartiments contenant des équipements électriques ou mécaniques doivent être maintenus à une pression positive par rapport aux compartiments adjacents avec des sources de gaz ou de vapeurs inflammables conformément à la CEI 60079-2, à moins que les équipements ne répondent aux exigences spécifiées au point e).
- g) Le système à piles à combustible doit être muni de moyens passifs et actifs, ou une combinaison des deux, pour maintenir les dégagements internes anormaux en dessous de 25 % des LEL (LFL pour l'hydrogène), à l'exception des limites de dilution.

Les défaillances soudaines et catastrophiques ne nécessitent pas d'être considérées comme un scénario de dégagement dans cette analyse lorsque la protection contre de telles défaillances a déjà été traitée dans la conception de la cuve et de la canalisation (voir également 4.5).

Les moyens passifs incluent, sans que cela ne soit limitatif, la limitation mécanique des dégagements de gaz ou de vapeurs inflammables à une valeur maximale, en utilisant des orifices de canalisation et des méthodes similaires de restriction de débit, ou des joints sécurisés en permanence, et construits de telle sorte qu'ils limitent le taux de dégagement à une valeur maximale prévisible.

Les moyens actifs peuvent inclure des mesures et des commandes de débit ou la fourniture de dispositifs de sécurité tels que des capteurs de gaz combustible. Ces moyens doivent répondre aux exigences spécifiées en 4.9 et doivent provoquer l'arrêt du système à pile à combustibles lors de conditions dans lesquelles la concentration de tout gaz inflammable dans l'évacuation de la ventilation excède 25 % des LEL de ce gaz (LFL pour l'hydrogène).

- h) Le système à piles à combustible doit être conçu pour permettre une dispersion sûre des courants d'évacuation à la source et de ventilation. En particulier, pour les installations intérieures, les courants de d'évacuation à la source et de ventilation doivent être conçus pour être raccordés à un système de ventilation ou d'aspiration.
- i) Les canalisations non métalliques transportant de l'hydrogène peuvent accumuler des charges électrostatiques le long de leur surface extérieure. Les décharges de la surface extérieure de cette canalisation peuvent suffire à faire allumer un mélange de gaz ou de vapeurs inflammables dans l'environnement proche. Lors d'une utilisation en emplacements de zone 1 ou 2 (selon la CEI 60079-10), des mesures pour éliminer les décharges électrostatiques doivent être prises. Cela peut être réalisé en spécifiant un matériau de canalisation ayant une conductivité suffisante, ou en limitant la vitesse de débit du gaz à des valeurs en dessous desquelles les charges électrostatiques ne s'accumulent pas. Les canalisations qui dépendent d'un système de protection pour l'élimination des décharges électrostatiques (c'est-à-dire un conducteur de terre ou une tresse) ne doivent pas être utilisées dans un emplacement de zone 0.

NOTE Les revêtements des tresses métalliques ou les fils conducteurs à l'intérieur d'une canalisation non métallique peuvent augmenter l'éventualité de décharges électrostatiques si ces conducteurs viennent à se déconnecter de leur conducteur de liaison. Dans les emplacements de zone 1 et 2, de tels conducteurs doivent être mécaniquement sécurisés par des moyens positifs.

4.6.2 Prévention des dangers d'incendie et d'explosion dans les brûleurs

- a) Les systèmes à piles à combustible doivent être conçus de manière à éviter une accumulation risquée de gaz inflammables ou explosifs dans les brûleurs (les brûleurs de démarrage, principaux et auxiliaires d'une section de reformeur, les brûleurs de gaz résiduaire).
- b) Le brûleur principal doit être installé avec un pilote ou un appareil pour l'allumage direct.
- c) L'appareil d'allumage direct doit être contrôlé automatiquement et ne doit pas détériorer le brûleur. Les appareils d'allumage direct doivent être positionnés par rapport aux orifices de brûleur principaux. Des moyens doivent être fournis pour éviter un assemblage incorrect ou un montage réversible de tout appareil d'allumage direct en relation avec le brûleur concerné.
- d) Les pilotes doivent être contrôlés automatiquement et l'allumage direct doit allumer tout combustible pilote. Les pilotes doivent être conçus et montés pour être positionnés correctement par rapport aux brûleurs qu'ils enflamment. Lorsqu'un pilote fait partie intégrante du brûleur de démarrage, il doit être évalué uniquement en fonction des spécifications de performance et de construction de cette norme.

- e) Le système de commande de brûleur électrique automatique doit répondre aux exigences spécifiées en 4.9.2.
- f) La flamme du brûleur ou du pilote principal, ou des deux, doit être surveillée par un détecteur de flamme. Si un brûleur principal est enflammé par un pilote, la présence de flammes dans le pilote doit être détectée avant le dégagement de gaz dans le brûleur principal. Un système possédant un pilote coupé doit fournir une supervision de la flamme du brûleur principal à la suite de la période d'établissement de la flamme du pilote principal.
- g) La flamme du pilote supervisée doit être capable d'enflammer efficacement le combustible dans le brûleur principal, même lorsque le combustible approvisionné au pilote est limité pour que la flamme soit juste suffisante pour activer la commande de sécurité primaire.
- h) Si l'entrée de chaleur d'un pilote n'excède pas 0,250 kW, la période d'établissement de la flamme n'est pas soumise à des conditions particulières.
- i) Si l'entrée de chaleur d'un pilote excède 0,250 kW, ou en cas d'allumage direct du brûleur principal, la période d'établissement de la flamme est déterminée par le fabricant, afin qu'aucun risque pour la santé ou la sécurité de l'utilisateur, ou qu'aucune détérioration du système à piles à combustible ne se produisent, conformément à l'essai d'allumage retardé (voir 5.11.1).
- j) Chaque tentative d'allumage du brûleur principal ou du pilote commence par l'ouverture des vannes de combustibles et se termine par la fermeture des vannes de combustibles. L'étincelle doit persister au moins jusqu'à l'allumage, ou jusqu'à la fin de la période d'établissement de la flamme.
- k) L'allumage direct du brûleur principal ou du pilote doit être tenté au maximum 3 fois, chaque tentative étant suivie d'une purge.
L'absence de flamme à la fin de la troisième tentative, doit au minimum provoquer un verrouillage.
- l) En cas de défaillance, le système doit au minimum provoquer un nouvel allumage, un recyclage ou un verrouillage.
- m) Le temps de verrouillage de défaillance de flamme du brûleur principal ou du pilote ne doit pas excéder 3 s.
- n) Si un rallumage a lieu, conformément aux conditions d'essai du 5.11.1, l'appareil d'allumage direct doit être réalimenté au maximum 1 s après la disparition du signal de flamme. Dans ce cas, la période d'établissement de flamme est similaire à celle utilisée pour l'allumage et commence lorsque l'appareil d'allumage est mis sous tension. L'absence de flamme à la fin de période d'établissement de la flamme doit au minimum provoquer un verrouillage.
- o) Si un recyclage a lieu, conformément aux conditions d'essai du 5.11.1, celui-ci doit être précédé d'une interruption de l'alimentation en gaz et d'une purge, la séquence d'allumage doit reprendre depuis le début. Dans ce cas, la période d'établissement de flamme est similaire à celle utilisée pour l'allumage et commence lorsque l'appareil d'allumage est mis sous tension. Le recyclage doit être tenté au maximum 3 fois, chaque tentative étant suivie d'une purge. L'absence de flamme à la fin de la troisième tentative, doit au minimum provoquer un verrouillage.
- p) Un circuit de brûleur doit être conçu pour éviter que la rétroaction d'un moteur, d'un condensateur ou d'un appareil similaire ne provoque l'alimentation d'une vanne de combustible, ou d'un appareil d'allumage, après la fermeture du brûleur principal par une commande.
- q) Lorsque, pour des raisons de sécurité, un état passif est requis avant la mise en marche ou après l'arrêt, des moyens doivent être fournis pour purger automatiquement le boîtier de brûleur ou son enveloppe, de tout mélange de gaz inflammables avant la tentative d'allumage lors de la mise en marche et entre les différentes tentatives de recyclage. Cette purge doit apporter un minimum de quatre changements d'air dans la chambre de combustion.
- r) Les composants du système d'allumage doivent être installés de manière à éviter que le fonctionnement de ces appareils et l'allumage du brûleur principal ne soient affectés par une chute de particules ou condensation au cours d'un fonctionnement normal.

- s) Lorsque l'air primaire sous pression est mélangé avec l'alimentation en combustible, des moyens doivent être fournis pour éviter que l'air ne retourne dans la canalisation de combustible, ou que le combustible ne passe dans l'alimentation d'air. Les alimentations en air et en combustibles doivent être contrôlés de manière adéquate pour aspirer l'air avant l'allumage et empêcher le combustible d'entrer dans chaque brûleur de reformeur tant que l'alimentation d'air est disponible et, en cas de défaillance de ventilateur d'air, pour fermer l'alimentation en combustible.
- t) Les raccords mécaniques utilisés pour le fonctionnement de la commande de l'air et des combustibles, le cas échéant, doivent être conçus pour maintenir de manière fiable le taux air/combustible correct, et pour résister aux détériorations accidentelles et aux déconnexions.
- u) Au cours de l'arrêt, les gaz dangereux dans le système doivent être contenus, purgés ou transformés de manière sûre.
- v) Le fabricant doit fournir des moyens adéquats avec le système à piles à combustible afin d'éviter le passage d'air dans les canalisations de combustible ou de gaz ou l'inverse.
- w) Le système à piles à combustible en condition de sortie bloquée, ne doit pas produire une concentration en monoxyde de carbone supérieure à 300 ppm dans un échantillon exempt d'air des effluents, conformément à l'essai de 5.16.1. De plus, le système à piles à combustible ne doit pas produire une concentration en monoxyde de carbone supérieure à 300 ppm dans l'échantillon exempt d'air des effluents, lorsque l'entrée d'alimentation d'air est bloquée, conformément à l'essai de 5.16.2.

4.6.3 Prévention des dangers d'incendie et d'explosion dans les systèmes d'oxydation catalytique de combustible (brûleurs catalytiques)

- a) A l'intérieur des composants d'un système à piles à combustible transportant des liquides, dans lesquels les volumes de gaz inflammables ou explosifs sont volontairement produits pour provoquer une réaction d'oxydation catalytique des combustibles (par ex. oxydation partielle catalytique, combustion catalytique), le fabricant doit éviter l'accumulation dangereuse de gaz inflammables ou explosifs.
- b) Lorsque pour des raisons de sécurité, un état passif est nécessaire avant la mise en marche ou après l'arrêt, des moyens doivent être fournis pour purger les composants du système d'oxydation catalytique des combustibles. Le système de purge peut utiliser un agent spécifié par le fabricant, tel que l'azote, l'air ou la vapeur, sans que cela ne soit limitatif. L'étendue de la purge est déterminée par l'évaluation des caractéristiques de débit, des dynamiques et de la géométrie du système.
- c) Lorsque l'air est mélangé au combustible, le fabricant doit fournir des moyens adéquats pour éviter que l'air ne retourne dans la canalisation de combustible, et inversement.
 - 1) Pour les systèmes riches en air
Les alimentations en combustible et en air doivent être commandées de manière adéquate pour fournir de l'air avant l'amorce de la réaction, et pour empêcher le combustible d'entrer dans le réacteur tant que l'alimentation d'air est disponible.
 - 2) Pour les systèmes riches en combustible
Les alimentations en combustible et en air doivent être contrôlés de manière adéquate pour fournir du combustible avant l'amorce de la réaction, et pour empêcher l'air d'entrer dans le réacteur avant que le combustible ne soit disponible.
- d) Les raccords mécaniques utilisés pour le fonctionnement de la commande de l'air et des combustibles, le cas échéant, doivent être conçus pour maintenir de manière fiable le taux air-combustible correct, et pour résister aux détériorations accidentelles et aux déconnexions.
- e) Le temps d'amorce de la réaction doit être déterminé en évaluant le temps de réponse des appareils de commande du système et le temps nécessaire pour accumuler la quantité maximale autorisée de mélange explosif ou inflammable pouvant être contenue sans risque dans le système, en fonction des débits, de l'inflammabilité du mélange combustible/air, de la dynamique et de la géométrie du système.

- f) Si la réaction catalytique ne se produit pas au cours du temps d'amorce de la réaction, le système doit automatiquement fermer l'alimentation en combustible, ou, pour les fonctionnements riches en combustibles, l'alimentation de tous les réactifs.
- g) La température du catalyseur doit être surveillée directement ou indirectement. La réaction échoue si la température ou le taux de modification de la température du catalyseur est en dehors de la plage acceptable comme spécifié par le fabricant. Le système doit alors automatiquement fermer l'alimentation en combustible, ou, pour les fonctionnements riches en combustibles, l'alimentation de tous les réactifs. Le temps de verrouillage suite à un échec de réaction ne doit pas excéder 3 s.
- h) Si un mélange d'air et de combustible est susceptible de s'accumuler dans le système à piles à combustible à la suite d'un échec de réaction au cours du temps d'amorce de réaction ou de l'extinction d'une réaction ou de la baisse ou l'augmentation du taux de réaction vers des niveaux dangereux, le fabricant doit s'assurer que la quantité maximale de mélange inflammable qui peut s'accumuler, si la combustion a lieu, produit des pressions et des températures pouvant être contenues dans les composants exposés à de telles conditions.
- i) Au cours de l'arrêt, les gaz dangereux présents dans le système doivent être contenus ou éliminés de manière sûre.
- j) Lorsque les courants d'air et de combustibles sont très rapprochés en tant que partie du système de gestion thermique, le fabricant doit équiper le système à piles à combustible de moyens adéquats, pour éviter les risques pour la santé ou la sécurité provenant du passage de l'air dans les canalisations de combustibles ou inversement.

4.7 Sécurité électrique

La tension de sortie d'un système à piles à combustible ne doit pas excéder 600 V en courant alternatif ou 600 V en courant continu. Les tensions de sortie au-dessus de ces niveaux sont admissibles lorsqu'elles sont appliquées conformément aux normes locales ou nationales applicables à ces caractéristiques de tension.

Les termes électriques et définitions utilisés dans cette norme sont les mêmes que ceux fournis dans la CEI 60950-1, Paragraphe 1.2.

4.7.1 Protection contre les chocs électriques et les dangers liés à l'énergie

Les Paragraphes 2.1.1.2, 2.1.1.4, 2.1.1.5, 2.1.1.6 et 2.1.1.7 de la CEI 60950-1 s'appliquent avec ce qui suit.

Tout dispositif de coupure électrique fourni dans le but de couper l'alimentation électrique, pour la sécurité du personnel d'entretien, doit être équipé d'un moyen de verrouiller physiquement le levier de coupure, afin d'éviter toute reconnexion involontaire avant que l'entretien ne soit terminé.

Les dispositions du Paragraphe 2.10 de la CEI 60950-1 s'appliquent aux distances d'isolement, aux lignes de fuite et aux distances à travers l'isolation.

L'Article 3 de la CEI 60950-1 s'applique aux câblages: connexions et alimentation.

4.7.1.1 Accès de l'opérateur

Cette norme spécifie deux catégories d'exigences de protections contre les chocs électriques provenant des pièces sous tension.

L'opérateur est autorisé à accéder:

- a) aux pièces nues dans les circuits SELV;
- b) aux pièces nues dans les circuits à courant limité;
- c) à l'isolation des fils des circuits TBT conformément aux conditions de la CEI 60950-1, Paragraphe 2.1.1.3.

L'opérateur ne doit pas avoir accès:

- a) aux pièces nues des circuits avec des tensions TBT ou dangereuses;

- b) à l'isolation fonctionnelle ou principale de ces pièces, à l'exception des conditions spécifiées dans les Paragraphes suivants;
- c) aux pièces non mises à la terre, séparées de pièces avec des tensions TBT ou dangereuses par une isolation fonctionnelle ou principale uniquement.

4.7.1.2 Accès au câblage très basse tension

La CEI 60950-1, Paragraphe 2.1.1.3 s'applique conjointement avec un examen des tensions maximales non synchronisées qui peuvent se produire le long de la ligne et des bornes d'inverseur.

4.7.1.3 Décharge des condensateurs dans le circuit primaire

La CEI 60950-1, Paragraphe 2.1.1.7 s'applique conjointement avec un examen de la capacité stockée dans la charge et dans la circuiterie interne.

4.7.1.4 Appareil de coupure d'urgence

Le générateur de la pile à combustible doit être équipé d'un appareil de coupure d'urgence unique intégral, ou de bornes pour la connexion d'un appareil d'interrupteur d'urgence à distance, qui évite une alimentation supplémentaire de la charge pour tous les modes de fonctionnement. Si une dépendance est placée sur une déconnexion supplémentaire des alimentations dans le câblage du bâtiment, les instructions d'installation doivent le mentionner.

Les générateurs de piles à combustible raccordés par des fiches ne nécessitent pas d'appareil de coupure d'urgence si la fiche peut remplir la même fonction.

4.7.2 Composants

Les conditions suivantes s'appliquent aux composants électriques de l'équipement.

Les composants doivent satisfaire soit aux exigences de cette norme, soit aux conditions des normes CEI de composants adéquates.

Un composant devant être connecté à un circuit SELV ainsi qu'à un circuit TBT, ou à une pièce avec une tension dangereuse, doit répondre aux exigences relatives aux circuits SELV. Un relais constitue un exemple de ces composants avec différentes alimentations connectées à différents éléments (bobines et contacts).

a) Evaluation et essai des composants:

- un composant démontré comme étant conforme à une norme harmonisée avec la norme CEI de composants adéquate doit être vérifié pour s'assurer qu'il est utilisé en accord avec ses caractéristiques assignées. Il doit faire l'objet des essais applicables de cette norme en tant que partie de l'équipement à l'exception des essais qui font partie de la norme CEI de composants adéquate;
- un composant non conforme à une norme adéquate telle que définie ci-dessus doit être vérifié pour s'assurer qu'il est utilisé en accord avec ses caractéristiques assignées. Il doit être soumis aux essais applicables de cette norme, en tant que partie du matériel, et aux essais applicables de la norme de composants, dans les conditions se produisant dans le matériel;

NOTE L'essai applicable pour la conformité avec une norme de composants est, en général, réalisé séparément.

- lorsqu'il n'existe aucune norme CEI de composants adéquate ou lorsque les composants sont utilisés dans des circuits n'étant pas conformes avec leurs caractéristiques assignées, les composants doivent être soumis à essai dans les conditions se produisant dans l'équipement. Le nombre d'échantillons nécessaires pour l'essai est, en général, similaire à celui requis par une norme équivalente.

Les commandes thermiques doivent répondre aux exigences du 1.5.3 de la CEI 60950-1.

Les transformateurs doivent répondre aux exigences du 1.5.4 de la CEI 60950-1.

Les condensateurs connectés sur la ligne d'alimentation doivent répondre aux exigences du 1.5.5 de la CEI 60950-1.

b) Composants en dérivation de double isolation ou d'isolation renforcée:

– Condensateurs en dérivation

Il est autorisé de monter la double isolation ou l'isolation renforcée en dérivation avec:

- 1) un condensateur unique conforme à la CEI 60384-14:1993, sous-classe Y1; ou
- 2) un condensateur unique conforme à la CEI 60384-14:1993, sous-classe Y2, lorsque la tension calculée de l'équipement est inférieure à 150 V par rapport au neutre et à la terre; ou deux condensateurs en série, tous deux conformes à la CEI 60384-14:1993, sous-classe Y2 ou Y4.
- 3) Un condensateur Y1 ou Y2 utilisé conformément au point 2) est considéré comme ayant une isolation renforcée. Lorsque deux condensateurs sont utilisés en série, ils doivent avoir tous deux des caractéristiques calculées pour la tension de fonctionnement totale entre la paire, et doivent avoir les mêmes valeurs de capacité nominale.

– Résistances en dérivation

Il est autorisé de monter la double isolation ou l'isolation renforcée en dérivation avec deux résistances en séries. Les résistances doivent chacune satisfaire aux exigences de 2.10.3 et 2.10.4 de la CEI 60950-1 pour l'isolation principale ou l'isolation supplémentaire, comme applicable, entre leurs extrémités pour la tension de fonctionnement totale entre la paire, et doivent avoir la même valeur de résistance nominale.

– Pièces accessibles

Lorsque des pièces conductrices ou des circuits accessibles sont séparés des autres pièces par une double isolation ou une isolation renforcée montée en dérivation avec des composants conformes à 1.5.7.2 ou 1.5.7.3 de la CEI 60950-1, les pièces ou circuits accessibles doivent être conformes aux exigences pour les circuits à courant limité du 2.4 de la CEI 60950-1. Ces exigences doivent s'appliquer après que l'essai de la force électrique de l'isolation a été réalisé.

– Composants de l'équipement pour les systèmes de distribution d'alimentation électrique non mis à la terre

Pour l'équipement devant être connecté à des systèmes de distribution d'alimentation non mis à la terre, les composants connectés entre la ligne et la terre doivent pouvoir supporter la contrainte provoquée par la tension phase-phase. Cependant, les condensateurs avec des caractéristiques calculées pour la tension phase-terre sont autorisés dans de telles applications s'ils sont conformes à la CEI 60384-14:1993, sous-classe Y1, Y2 ou Y4.

4.7.3 Courant d'entrée

Le courant d'entrée d'état stable de l'équipement ne doit pas excéder le courant calculé de plus de 10 % pour une charge normale.

NOTE Voir aussi 1.4.10 de la CEI 60950-1.

La conformité est vérifiée en mesurant le courant d'entrée de l'équipement en charge normale dans les conditions suivantes:

- la charge normale pour les systèmes utilisant une source d'alimentation principale extérieure pour le ralenti, la mise en marche ou pour maintenir le système en fonctionnement est considérée comme étant la charge maximale connectée au secteur;
- lorsqu'un équipement possède plus d'une tension calculée, le courant d'entrée est mesuré à chaque tension calculée;

- lorsqu'un équipement possède une ou plusieurs plages de tension calculée, le courant d'entrée est mesuré à chaque extrémité de chaque plage de tensions calculée. Lorsqu'une valeur unique de courant calculé est marquée (voir 1.7.1 de la CEI 60950-1), elle est comparée à la plus haute valeur de courant d'entrée mesurée dans la plage de tensions associée. Lorsque deux valeurs de courant calculé sont marquées, séparées par un trait d'union, elles sont comparées aux deux valeurs mesurées dans la plage de tension associée.

Dans chaque cas, les valeurs sont relevées lorsque le courant d'entrée est stabilisé. Si le courant varie au cours du cycle de fonctionnement normal, le courant d'état stable est relevé comme indication moyenne de la valeur, mesuré sur un ampèremètre enregistreur, au cours d'une période représentative.

4.7.4 Isolation

Les Paragraphes 2.2.3.1, 2.2.3.2 et 2.2.3.3 de la CEI 60950-1 s'appliquent. La norme 62282-2 s'applique pour la construction empilée de piles à combustible.

4.7.5 Circuits à courant limité et circuits de puissance à courant limité

Les Paragraphes 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3 et 2.5 de la CEI 60950-1 s'appliquent.

4.7.6 Dispositions pour la mise à la terre de protection

Le Paragraphe 2.6 de la CEI 60950-1 s'applique avec les alinéas suivants de ce Paragraphe.

4.7.6.1 Mise à la terre de protection

Les pièces conductrices accessibles de l'équipement de classe 1, susceptibles de provoquer une tension dangereuse dans le cas d'un simple défaut d'isolation doivent être connectées de manière sûre à une borne de mise à la terre de protection, au sein de l'équipement.

Cette exigence ne s'applique pas aux pièces conductrices accessibles séparées des pièces à tension dangereuses par:

- des pièces en métal mises à la terre; ou
- une isolation solide ou un entrefer, ou une combinaison des deux, répondant aux exigences relatives à la double isolation ou à l'isolation renforcée. Dans ce cas, les pièces impliquées doivent être fixes et rigides, afin que les distances minimales soient maintenues au cours de l'application de la force, comme requis par les essais 2.10 et 4.2.3 de la CEI 60950-1.

4.7.6.2 Liaison

Pour l'équipement enfichable de Type A, classe 1, le générateur de pile à combustible doit comporter des bornes, des prises de courant mises à la terre ou d'autres moyens en nombre suffisant pour permettre, lors de la configuration finale du système installé, la liaison à la terre équipotentielle du générateur de pile à combustible d'autres équipements de classe 1. Cette exigence comprend les boîtiers de batteries extérieurs, que le conducteur de protection primaire du générateur de pile à combustible soit connecté à sa source ou non. Toute instruction pour les liaisons spéciales doit être mentionnée dans les instructions de l'utilisateur.

4.7.7 Isolation de courant continu et alternatif

Les Paragraphes 2.6.2, 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5 de la CEI 60950-1 s'appliquent, avec ce qui suit.

4.7.7.1 Appareils de coupure

Des appareils de coupure doivent être fournis pour déconnecter le générateur de pile à combustible des alimentations en courant alternatif, lors de l'entretien par le personnel qualifié. Les moyens d'isolation peuvent se trouver soit dans la zone d'accès pour l'entretien, soit à l'extérieur.

4.7.7.2 Equipement triphasé

Pour les générateurs de pile à combustible triphasés, les appareils de coupure doivent déconnecter simultanément tous les conducteurs de phase de l'alimentation.

Si un dispositif de coupure bloque le conducteur neutre, il doit bloquer simultanément tous les conducteurs de phase (voir la CEI 60950-1, Paragraphe 1.7.2).

4.7.7.3 Interrupteur de coupure

Lorsque l'appareil de coupure est un interrupteur incorporé à l'équipement, ses positions « MARCHE » et « ARRET » doivent être marquées conformément au Paragraphe 1.7.8 de la CEI 60950-1.

Si les moyens de fonctionnement de l'appareil de coupure fonctionnent verticalement plutôt qu'horizontalement ou par rotation, la position « HAUT » des moyens de fonctionnement doit être en position « MARCHE ».

4.7.7.4 Sources multiples d'alimentation électrique

Lorsqu'une unité connectée en permanence reçoit une alimentation provenant de plusieurs sources différentes, chaque appareil doit comporter une marque bien visible donnant les instructions nécessaires pour l'élimination de toute alimentation de l'unité.

4.7.7.5 Conducteurs non mis à la terre

Pour les alimentations continues internes et externes, les appareils de coupure ou les moyens d'isolation doivent ouvrir tous les conducteurs non mis à la terre de l'alimentation continue.

4.7.8 Surintensité et protection de défaut de mise à la terre

Les Paragraphes 2.7.3, 2.7.4, 2.7.5, 2.7.6 de la CEI 60950-1 s'appliquent avec ce qui suit.

4.7.8.1 Généralités

La protection contre les courants excessifs, les courts-circuits, et les défauts à la terre des circuits d'entrée et de sortie doivent être fournis soit en tant que partie de l'équipement, soit en tant que partie de l'installation du bâtiment.

4.7.8.2 Protection du circuit de batterie

Lorsqu'une alimentation continue est installée à l'intérieur du système à pile à combustible, l'alimentation continue doit être munie d'un appareil de protection localisé entre les moyens de connexion du courant continu, placé avant tout composant susceptible de présenter un court-circuit, tel que des condensateurs, des semi-conducteurs, ou des composants similaires.

Lorsque les alimentations continues sont à l'extérieur du système à piles à combustible, les caractéristiques assignées de l'appareil de protection contre la surintensité doivent être indiquées dans le manuel d'instructions et tenir compte du courant nominal des conducteurs devant être connectés entre le système à piles à combustible et l'alimentation continue.

4.7.8.3 Caractéristiques assignées de l'appareil de protection

Les caractéristiques assignées de l'appareil interne de protection contre la surintensité doivent permettre de protéger contre les conditions décrites en 5.3.1 de la CEI 60950-1.

4.8 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le système à piles à combustible ne doit pas produire de perturbations électromagnétiques supérieures aux niveaux appropriés pour son lieu d'utilisation. De plus, l'équipement doit posséder un niveau adéquat d'immunité aux perturbations électromagnétiques, afin qu'il puisse fonctionner correctement dans son lieu d'utilisation. Le système à piles à combustible doit être conforme aux normes applicables suivantes: CEI 61000-3-2, CEI 61000-3-3, CEI 61000-3-4, CEI 61000-3-5, CEI 61000-6-1, CEI 61000-6-2, CEI 61000-6-3, et CEI 61000-6-4.

4.9 Systèmes de commandes et composants de protection

4.9.1 Exigences générales

4.9.1.1 L'analyse de sécurité et de fiabilité spécifiée en 4.1.2 doit fournir les bases pour l'installation des paramètres du circuit de sécurité.

4.9.1.2 Le système à piles à combustible doit être conçu pour éviter que toute défaillance d'un composant ne produise une condition dangereuse. Les moyens d'éviter les défaillances en chaîne incluent sans que cela ne soit limitatif:

- les dispositifs de protection dans le système à piles à combustible (par ex. des protecteurs, des dispositifs de déclenchement);
- le verrouillage de protection du circuit électrique;
- l'utilisation de techniques et de composants éprouvés;
- des dispositions pour une redondance partielle ou complète ou pour une diversité; et
- des dispositions pour des essais fonctionnels.

Des recommandations pour la conception de commandes programmables, électroniques et électriques peuvent être consultées dans la CEI 61508 ou IEC 61511-1.

4.9.2 Systèmes de commande

Les commandes automatiques électriques et électroniques des systèmes à piles à combustible doivent être conçues et construites de manière sûre et fiable. Les systèmes à piles à combustible pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère doivent être conformes à la CEI 60730-1.

Les systèmes de commandes électriques automatiques de brûleur doivent être conformes à la norme 60730-2-5.

Les systèmes de commandes électriques automatiques pour les réacteurs d'oxydation catalytique doivent répondre aux exigences de la CEI 60730-2-5. Des exigences spécifiques sont mentionnées dans le 4.6.3.

Les commandes manuelles doivent porter des marquages visibles et être conçues pour éviter un réglage ou une activation involontaire.

En particulier, les dispositions suivantes s'appliquent:

4.9.2.1 Mise en marche

La mise en marche de l'équipement ne doit être possible que lorsque toutes les protections sont en place et opérationnelles.

Des verrouillages adaptés doivent être fournis pour assurer un démarrage séquentiel correct.

Il doit être possible pour les équipements automatisés fonctionnant en mode automatique d'être redémarrés après un arrêt, une fois que les conditions de sécurité sont réunies. Il doit être également possible de remettre en marche le système à piles à combustible en actionnant volontairement une commande prévue à cet effet, à condition de démontrer qu'une telle remise en marche ne comporte aucun danger.

Cette exigence ne s'applique pas à la remise en marche du système à piles à combustible survenant au cours de la séquence normale d'un cycle automatique.

4.9.2.2 Arrêts

En fonction de l'appréciation de fiabilité mentionnée en 4.1.2 et des exigences fonctionnelles du système à piles à combustible, le système doit être équipé des arrêts suivants:

– Arrêts de sécurité

Un arrêt de sécurité correspond, pour le fonctionnement riche en air, à la coupure des moyens principaux de débit du combustible, ou, pour le fonctionnement riche en combustible, à la coupure des moyens principaux de débit du combustible et d'alimentation en air, en conséquence de l'action d'un limiteur, d'un disjoncteur ou de la détection d'une défaillance interne du système.

– Arrêt commandé

Un arrêt commandé correspond, pour le fonctionnement riche en air, à la coupure des moyens principaux de débit du combustible, ou, pour le fonctionnement riche en combustible, à la coupure des moyens principaux de débit du combustible et d'alimentation en air, en conséquence de l'ouverture d'une boucle d'asservissement par un dispositif de commande tel qu'un thermostat. Le système revient en position de départ.

4.9.2.2.1 Arrêts de sécurité

a) Généralités:

Le système à piles à combustible doit comporter des arrêts de sécurité afin d'éviter les dangers présents ou potentiels ne pouvant être corrigés par les commandes. Ces fonctions doivent:

- mettre fin à une condition dangereuse sans créer de danger supplémentaire;
- déclencher ou permettre le déclenchement de certains dispositifs de sécurité lorsque nécessaire;
- annuler toutes les autres fonctions et fonctionnements dans tous les modes;
- éviter que la réinitialisation ne déclenche une remise en marche; et
- être équipés de verrouillages de remise en marche afin qu'une nouvelle commande de mise en marche ne puisse être effectuée en fonctionnement normal qu'après la réinitialisation volontaire des verrouillages de remise en marche.

b) Arrêt d'urgence:

Les arrêts manuels de sécurité (c'est-à-dire les arrêts d'urgence), lorsque requis par l'analyse de sécurité et de fiabilité du 4.1.2, doivent posséder des commandes telles que des boutons, clairement identifiables, visibles et rapidement accessibles, conformément à l'ISO 13850.

c) Fonctions de commande dans l'éventualité d'une défaillance des systèmes de commande:

Dans le cas d'un défaut dans la logique du système de commande ou d'une défaillance ou d'une détérioration du matériel du système de commande:

- le système à piles à combustible doit pouvoir s'arrêter lorsque la commande d'arrêt a été déclenchée;
- l'arrêt manuel ou automatique des pièces mobiles ne doit pas être entravé;
- les dispositifs de protection doivent rester totalement efficaces, et
- le système à piles à combustible ne doit pas se remettre en marche de manière inattendue.

Lorsqu'un dispositif de protection ou un verrouillage provoque un arrêt de sécurité du système à piles à combustible, cette condition doit être signalée à la logique du système de commande. La réinitialisation de la fonction d'arrêt ne doit pas déclencher de condition dangereuse. Les systèmes de commande/surveillance pouvant fonctionner sans risque lors d'une situation dangereuse peuvent être maintenus sous tension pour fournir des informations sur le système.

4.9.2.2.2 Arrêt commandé

Les mauvaises conditions pouvant être contrôlées sans risque ou ne présentant pas de danger immédiat peuvent être corrigées à l'aide d'un arrêt commandé. Un arrêt commandé peut supprimer toute alimentation de l'équipement, ou peut conserver une alimentation disponible pour les actionneurs du système à piles à combustible.

4.9.2.3 Autorisations

Des autorisations doivent être mises en place en accord avec les exigences établies par l'analyse de sécurité et de fiabilité mentionnée en 4.1.2. Une « autorisation » est définie comme une condition au sein d'une séquence logique qui doit être satisfaite avant que la séquence puisse procéder à la phase suivante.

4.9.2.4 Installations complexes

Lorsque le système à piles à combustible est conçu pour fonctionner avec d'autres équipements, et lorsque le fonctionnement continu peut être dangereux, les commandes d'arrêt du système à piles à combustible, y compris l'arrêt d'urgence, doivent être équipées de moyens tels que des interfaces de signal permettant l'arrêt coordonné en amont et/ou en aval de l'équipement du système à piles à combustible.

4.9.2.5 Modes de fonctionnement

- a) Il doit y avoir deux modes de fonctionnement principaux: Marche et Arrêt.

Au cours du mode Marche, les composants du système à piles à combustible doivent être actifs et fonctionner, si besoin est, pour alimenter le système. Les conditions suivantes sont également considérées comme des modes de Marche:

- état de veille (sortie d'alimentation nette de zéro);
- mise en marche automatique activée (alimentation disponible pour les actionneurs du système électrique).

Au cours du mode Arrêt, toute alimentation du système à piles à combustible doit être coupée et l'unité doit être inactive, ou une alimentation pour éviter la détérioration des composants doit être fournie au système à piles à combustible uniquement et l'unité doit être inactive.

- b) Il doit y avoir deux transitions principales: mise en marche et arrêt

La mise en marche est la transition de l'Arrêt à la Marche et doit être déclenchée par un signal externe. La fermeture est la transition automatique de la Marche à l'Arrêt. Elle peut être déclenchée par un signal externe ou interne, en réponse à des conditions hors des limites dans le contrôleur de système à piles à combustible.

- c) Des modes de fonctionnement secondaires et des transitions peuvent être fournis si nécessaire, pour permettre des puissances nominales de sortie différentes ou pour le réglage, la maintenance ou l'inspection.

- d) Sélection du mode

Si le système à piles à combustible a été conçu et construit pour permettre un fonctionnement sous plusieurs modes de fonctionnement ou de commande, présentant des niveaux de sécurité différents (par ex. pour permettre le réglage, la maintenance ou l'inspection, etc.), il doit pouvoir sélectionner un mode adéquat pour chaque position. Chaque position du sélecteur doit correspondre à un mode de commande ou de fonctionnement unique, et doit être munie de verrouillages de remise en marche. Une commande de remise en marche ne peut avoir lieu, au cours du fonctionnement normal, que si les verrouillages de remise en marche sont intentionnellement réinitialisés. La sélection de mode doit être autorisée par tout moyen sûr, tel qu'un bouton de positionnement, un verrou ou une commande logicielle, pour éviter tout changement de mode involontaire pouvant conduire à une condition dangereuse. Le sélecteur peut être conçu pour restreindre l'accès des utilisateurs à certains modes de fonctionnement du système à piles à combustible (par ex. des codes d'accès pour certaines fonctions à commande numérique, etc.).

Le mode sélectionné doit annuler tous les autres systèmes de commande, à l'exception des arrêts de sécurité.

4.9.2.6 Surveillance à distance et systèmes de commande

Les systèmes à piles à combustible pouvant être commandés à distance doivent posséder un interrupteur local étiqueté, ou d'autres moyens pour déconnecter le système à piles à combustible des signaux à distance pouvant être utilisés lorsqu'un opérateur local effectue une inspection ou la maintenance. La surveillance à distance et les systèmes de commande doivent:

- a) être autorisés dans les systèmes à piles à combustible uniquement lorsqu'une commande à distance ne déclenche pas de condition risquée; et
- b) ne doivent pas annuler les commandes de sécurité de protection.

4.9.3 Composants de protection

- a) Les dispositifs de protection adaptés et leurs combinaisons comprennent:
 - dispositifs de protection, et
 - lorsque cela est approprié, des dispositifs de surveillance adéquats tels que des indicateurs et/ou des alarmes qui permettent qu'une mesure appropriée soit prise automatiquement, ou manuellement pour maintenir le système à piles à combustibles dans des limites acceptables.
- b) Les dispositifs de protection doivent:
 - être conçus et construits de manière fiable et adaptée à leur fonction prévue et, le cas échéant, prendre en considération les besoins d'essai et de maintenance des dispositifs, le cas échéant;
 - posséder des fonctions de protection indépendantes de leurs autres éventuelles fonctions;
 - être conformes aux principes de conception appropriés afin d'obtenir une protection fiable et adaptée. Ces principes incluent, en particulier, des modes à sécurité intégrée, la redondance, la diversité et l'autodiagnostic.
- c) Des surcharges dangereuses de l'équipement doivent être évitées au stade de la conception par des moyens de mesures intégrés, des dispositifs de régulation et de commande, tels que des interrupteurs de surintensité, des limiteurs de température, des pressostats différentiels, des débitmètres, des relais temporisés, des limiteurs d'emballement et/ou des dispositifs de surveillance similaires.
- d) Les dispositifs de protection ayant une fonction de mesure doivent être conçus et construits pour supporter les besoins de fonctionnement et les conditions d'utilisation spéciales prévisibles. Lorsque nécessaire, il doit être possible de vérifier la précision des relevés et la disponibilité technique des dispositifs. Ces dispositifs doivent comprendre un facteur de sécurité qui assure que le seuil d'alarme se trouve suffisamment en dehors des limites pour être enregistré, prenant en considération, en particulier, les conditions de l'installation et les aberrations possibles du système de mesure.
- e) Les dispositifs de limitation de pression tels que les pressostats, doivent être fournis selon la CEI 60730-2-6.
- f) Les dispositifs de surveillance de la température doivent posséder un temps de réponse sûr adéquat, en accord avec la fonction de mesure, comme spécifié dans la CEI 60730-2-9.
- g) Les capteurs de gaz desquels dépend la sécurité doivent être conformes à la CEI 61779-4 et être sélectionnés, installés, réglés, utilisés et entretenus selon la CEI 61779-6.
- h) Toutes les pièces des systèmes à piles à combustible réglées ou ajustées au moment de la fabrication qui ne devraient pas être manipulées par l'utilisateur ou l'installateur, doivent être protégées de manière adéquate.
- i) Les leviers et autres dispositifs de réglage et de commande doivent être marqués visiblement et comprendre des instructions appropriées afin d'éviter toute erreur de manipulation. Leur conception doit permettre d'éviter toute manipulation accidentelle.

4.10 Equipement à énergie pneumatique et hydraulique

Les équipements pneumatiques et hydrauliques des systèmes à piles à combustibles doivent être conçus conformément aux ISO 4414 et ISO 4413.

4.11 Vannes

4.11.1 Soupapes d'arrêt

- a) Les soupapes d'arrêt doivent être fournies pour tout équipement ou système pour lequel le blocage ou la rétention de débit du liquide est nécessaire au cours de la fermeture, de l'essai, de la maintenance, de conditions défavorables ou d'urgence.
- b) Les soupapes d'arrêt doivent être calculées pour la pression de service, la température et les caractéristiques des liquides du système.

- c) Les actionneurs montés sur les soupapes d'arrêt doivent avoir une température calculée leur permettant de supporter la chaleur du corps de la soupape.
- d) Les soupapes d'arrêt électriques, hydrauliques ou pneumatiques doivent se déplacer en position sûre en cas de perte d'énergie d'actionnement.

4.11.2 Vanne d'alimentation en combustible

Les vannes d'alimentation en combustible doivent répondre aux exigences suivantes:

- a) Tout combustible fourni au système à piles à combustible doit traverser au minimum deux vannes automatiques en série, chacune agissant comme une vanne de fonctionnement et une soupape d'arrêt.
- b) Tout combustible fourni directement à l'équipement à combustion, tel qu'une chaudière de démarrage ou un brûleur de reformeur de démarrage, doit également traverser au minimum deux vannes automatiques, en série, chacune agissant comme une vanne de fonctionnement et comme une soupape d'arrêt. Ces vannes peuvent être contenues ou non dans un corps de contrôle unique.
- c) Les vannes d'alimentation en combustible électriques doivent répondre aux exigences de la CEI 60730-2-17 ou CEI 60730-2-19.
- d) Lorsque les gaz combustibles sont recyclés à partir de dispositifs utilisant le gaz de sortie du système à piles à combustible, la connexion peut être dispensée de l'emploi de soupapes d'arrêt, s'il est prouvé qu'elle est sans danger, conformément à l'analyse de sécurité et de fiabilité du 4.1.2.

4.12 Equipement rotatif

4.12.1 Règles générales

- a) L'équipement rotatif doit être conçu pour les pressions, températures et liquides auxquels il peut être soumis dans des conditions de fonctionnement normal.
- b) Les canalisations d'entrée et de sortie de liquide doivent être protégées de manière adéquate contre les détériorations liées aux vibrations.
- c) Les joints d'arbres doivent être compatibles avec les liquides pompés, les températures et les pressions prévues au cours du fonctionnement normal et anormal, et au cours des arrêts normaux et d'urgence.
- d) Les joints d'arbre doivent être conçus de manière à éviter toute fuite dangereuse de liquide. Si des fuites de liquides dangereux sont susceptibles de se produire au niveau des joints d'arbre, le fabricant doit fournir un conteneur de liquides dangereux ou des moyens de dilution, selon le cas, pour éviter les risques pour la santé ou la sécurité.
- e) Les moteurs, les roulements et les joints doivent être adaptés aux cycles de fonctionnement prévus.

4.12.2 Compresseurs

4.12.2.1 Lorsque cela est approprié, les compresseurs assemblés doivent être conformes aux normes suivantes: ISO 5388:1981, ISO 10439:2002, ISO 10442:2002, ISO 13707:2000, ISO 10440-1:2000, ISO 10440-2:2001, ou ISO 13631:2002.

4.12.2.2 Excepté si l'analyse de sécurité et de fiabilité estime que cela n'est pas nécessaire, les compresseurs ou les systèmes de compresseurs doivent être fournis avec les éléments suivants:

- a) Des détendeurs de pression limitant chaque pression par étage à la pression maximale de fonctionnement pour le cylindre de compression et les canalisations associées à cet étage de compression.
- b) Une commande d'arrêt automatique pour le refoulement de haute pression et les basses pressions d'aspiration.
- c) Lorsqu'il est nécessaire de redémarrer le compresseur après un arrêt, un dispositif de décharge qui capture et recycle le gaz de chasse pour le réutiliser et/ou le ventiler sans risque.

- d) Une isolation des vibrations de la conduite d'admission à la conduite d'aspiration du compresseur.
- e) Un détendeur de pression pour éviter une surpression à l'admission.

4.12.2.3 Les compresseurs non compris dans le champ d'application des normes citées en 4.12.2.1 en raison d'une faible capacité ou d'une pression de refoulement basse doivent uniquement être conformes aux exigences spécifiées en 4.12.2.2.

Les compresseurs assemblés avec pression de refoulement basse (ventilateurs et soufflantes) doivent être traités conformément à l'ISO 12499 (voir également 4.4.4).

4.12.3 Pompes

4.12.3.1 Les pompes électriques assemblées pour les liquides doivent être conformes à l'ISO 13709 ou l'ISO 14847 si cela est applicable.

Les pompes électriques assemblées pour l'eau doivent être conformes à la CEI 60335-2-51 si cela est applicable.

4.12.3.2 Les pompes électriques ou les systèmes de pompes électriques doivent être munis des éléments suivants:

- a) Des détendeurs de pression qui limitent la pression d'entrée et de sortie à une valeur inférieure à la pression de calcul des canalisations. Si la hauteur à débit nul de la pompe électrique est inférieure à la pression assignée des canalisations, les détendeurs ne sont pas nécessaires.
- b) Une commande d'arrêt automatique pour la pression de refoulement élevée.
- c) Les canalisations d'aspiration et de refoulement doivent être protégées contre les détériorations liées aux vibrations.

4.12.3.3 Les pompes non comprises dans le champ d'application des normes citées en 4.12.3.1 en raison d'une faible capacité ou de pression de refoulement basse doivent uniquement être conformes aux exigences spécifiées en 4.12.3.2.

4.13 Enveloppes

4.13.1 Les enveloppes de système à piles à combustible doivent posséder une rigidité, une solidité, une résistance à la corrosion et aux autres propriétés physiques suffisantes pour supporter et protéger tous les composants et canalisations du système à piles à combustible, et doivent répondre aux exigences relatives aux conditions de stockage, transport, installation, et emplacement final.

4.13.2 Les enveloppes des systèmes à piles à combustible destinés à une utilisation intérieure ou à des emplacements protégés des événements climatiques, doivent être conçues et testées pour respecter un classement IP22 minimum, conformément à la CEI 60529.

4.13.3 Le système à piles à combustible destiné à une utilisation dans des emplacements non protégés des événements climatiques doit démarrer et fonctionner normalement, sans subir de détérioration ou défaillance de toute pièce qui pourrait créer une condition dangereuse lorsque soumise à un essai de simulation de pluie, conformément à la CEI 60529, condition d'essais 14.2.4a.

4.13.4 Les ouvertures d'évacuation doivent être conçues pour ne pas être obstruées au cours du fonctionnement normal, que ce soit par de la poussière, de la neige ou de la végétation, conformément à l'application prévue.

4.13.5 Tous les matériaux utilisés pour fabriquer les boîtiers, y compris les joints, les événements et les joints des portes, doivent être capables de résister aux conditions physiques, chimiques et thermiques auxquelles on peut raisonnablement s'attendre pendant la durée de vie du système à piles à combustible.

4.13.6 Les panneaux d'accès, les caches ou l'isolation nécessitant d'être déposés pour l'accès et l'entretien courant, doivent être conçus pour permettre des déposes et des remplacements fréquents, sans altérer ou détériorer les qualités d'isolation.

4.13.7 Les panneaux d'accès, les caches ou l'isolation nécessitant d'être déposés pour l'accès et l'entretien courant ne doivent pas être interchangeables, si cela est susceptible de conduire à une condition dangereuse.

4.13.8 Tous les panneaux d'accès, caches ou portes prévus pour protéger l'équipement de l'accès des utilisateurs ou du personnel non qualifié doivent être maintenus en place et leur ouverture doit nécessiter l'utilisation d'un outil, d'une clé ou de tout moyen similaire. Pour les unités résidentielles, cela doit inclure tous les panneaux d'accès, les caches ou les portes.

4.13.9 Toutes les pièces des systèmes à piles à combustible réglées ou ajustées au moment de la fabrication qui ne devraient pas être manipulées par l'utilisateur ou l'installateur, doivent être protégées de manière adéquate.

4.13.10 Des moyens doivent être fournis pour évacuer les liquides collectés par un système de canalisations vers l'extérieur pour qu'ils y soient éliminés ou redirigés vers des procédés associés au système à piles à combustible.

4.13.11 Lorsqu'il est possible pour le personnel de pénétrer dans l'enveloppe, celle-ci doit être considérée comme un lieu confiné, et des recommandations adéquates doivent être fournies dans la documentation technique du produit pour les potentiels risques pour la sécurité.

4.14 Matériaux d'isolation thermique

Les équipements d'isolation utilisés dans le système à piles à combustible doivent être conçus pour respecter:

- la compatibilité chimique avec les métaux isolés, l'atmosphère et les températures auxquelles le système sera exposé, et les différents composants du système d'isolation lui-même,
- la protection des systèmes d'isolation contre les détériorations mécaniques ou thermiques (y compris les détériorations liées aux conditions atmosphériques),
- la sécurité contre l'incendie, en limitant les températures de surface des objets produisant de la chaleur pour empêcher l'allumage de matériaux situés à leur proximité,
- l'accessibilité future aux canalisations, aux pièces de fixation, etc., pour permettre la maintenance.

En particulier, les matériaux d'isolation thermique et leurs liaisons internes ou leurs moyens de fixation par collage montés sur des composants du système à piles à combustible doivent:

- être maintenus en place mécaniquement ou par collage et doivent être protégés contre tout déplacement ou toute détérioration provoqués par les charges prévues et l'entretien,
- supporter toutes les vitesses d'air, les températures et les liquides auxquels ils sont soumis au cours du fonctionnement normal.

Si cela est nécessaire pour éviter les dangers pour la santé et la sécurité, le fabricant doit spécifier dans le guide de maintenance, les exigences de sécurité et d'inspection du système d'isolation thermique.

4.15 Installations et équipements techniques

a) Le système à piles à combustible doit être construit et conçu pour permettre, en cas de perte d'alimentation d'utilités, c'est-à-dire interruption de l'alimentation électrique, de l'eau d'alimentation ou de refroidissement, de l'air pour les dispositifs, etc. un arrêt sûr du système et sans:

- 1) création de tout danger pour la santé ou la sécurité;
- 2) distorsion permanente ou détérioration du système

- b) Lorsque le fonctionnement du système à piles à combustible nécessite de l'eau, elle doit être fournie grâce à un raccord à un branchement sur place, conformément aux normes et codes, locaux et nationaux relatifs à la plomberie, ou grâce à une source d'eau autonome ou démontrée comme apportant de l'eau en quantité suffisante au cours du fonctionnement.
- c) Lorsque cela est applicable, des moyens doivent être fournis pour éviter le retour de la vapeur dans le dispositif de traitement de l'eau du système à piles à combustible. Un clapet de non-retour adapté ou un dispositif similaire répond aux exigences de cette disposition.

4.16 Installation et maintenance

4.16.1 Installation

Le fabricant doit fournir des instructions pour permettre l'installation, le réglage, le fonctionnement et l'entretien corrects du système à piles à combustible.

Les erreurs susceptibles d'être commises lors de la fixation de certaines pièces pouvant provoquer un risque doivent être minimisées par la conception de ces pièces, ou lorsque cela est impossible, par les informations figurant sur les pièces elles-mêmes et/ou sur les boîtiers. Les mêmes informations doivent figurer sur les pièces mobiles et/ou leurs boîtiers lorsque la direction d'un mouvement doit être connue pour éviter tout risque. Toute information complémentaire nécessaire doit être fournie avec les instructions.

Lorsqu'un raccord défectueux est susceptible de provoquer un risque, les mauvaises connexions doivent être minimisées par leur conception, ou si cela est impossible, par des informations figurant sur les canalisations, les câbles, etc. et/ou les blocs de connexion.

Lorsque le fonctionnement du système à piles à combustible nécessite de l'eau elle sera fournie: grâce à un branchement sur place, conformément au Code de plomberie applicable, ou grâce à une source d'eau autonome ou démontrée comme produisant une quantité suffisante d'eau au cours du fonctionnement.

4.16.2 Maintenance

- a) Les points de réglage, de lubrification et de maintenance doivent se situer à l'extérieur des zones où les personnes sont exposées aux risques de blessures ou de danger pour la santé; ou des instructions de maintenance doivent être fournies dans le guide de maintenance du produit spécifié en 7.4.5 si nécessaire, afin d'éviter les risques pour la santé ou la sécurité.
- b) Il doit être possible de procéder au réglage, à la maintenance, aux réparations, au nettoyage et à l'entretien alors que le système à piles à combustible est à l'arrêt. Lorsque le réglage, la maintenance, les réparations, le nettoyage et l'entretien doivent être effectués alors que le système à piles à combustible est en fonctionnement, le système à piles à combustible doit être conçu de telle façon que ces fonctions puissent être réalisées sans risque de blessure.
- c) Les composants des systèmes à piles à combustibles automatiques nécessitant d'être remplacés fréquemment doivent pouvoir être déposés et reposés sans risque de blessure. L'accès aux composants doit permettre la réalisation de ces tâches à l'aide des moyens techniques nécessaires (outils, instruments de mesure, etc.), conformément à la documentation technique du produit.
- d) Lorsque, pour la protection de la santé, des instructions de sécurité ou des schémas doivent être collés sur le système à piles à combustible, ils doivent être affichés de manière permanente, et résister aux conditions environnementales d'utilisation, ou en être protégés.

5 Essais de type

5.1 Exigences générales

Une conception étudiée pour sa conformité avec cette norme doit être un échantillon de production représentatif du système à piles à combustible.

Chaque nouvelle conception doit être soumise aux essais de type. Les composants qui forment le système et qui ont été pré-certifiés n'ont pas besoin d'être de nouveau soumis à essai lorsqu'ils sont utilisés conformément à leurs exigences de caractéristiques et de listing. Par exemple, un empilement de piles à combustibles qui a été certifié conformément à la CEI 62282-2 n'a pas besoin d'être soumis à des essais de surtension ou de surpression du présent Paragraphe.

Les essais de type doivent constituer la base de données pour une approbation de type d'un type de centrale à piles à combustible stationnaire conformément à la réglementation nationale et internationale.

Les essais de type doivent être réalisés dans un environnement d'essai simulant l'application de la pile à combustible pour laquelle le système est conçu afin d'obtenir les conditions de fonctionnement requises. Notamment, l'essai d'environnement pour les essais de type doit fournir des interfaces aux limites conformément à l'application prévue du système à piles à combustible (voir Figure 1). Il est recommandé d'effectuer les essais de type dans l'ordre décrit ci-dessous. L'essai de type dans des conditions anormales peut être destructif.

5.1.1 Paramètres de fonctionnement des essais

5.1.1.1 Sauf conditions d'essai spécifiques stipulées par ailleurs dans la présente norme et lorsqu'il est clair que l'impact est important pour les résultats de l'essai, les essais doivent être réalisés dans la combinaison la plus défavorable en respectant les spécifications d'exploitation du fabricant pour les paramètres suivants:

- tension d'alimentation;
- fréquence d'alimentation;
- température de fonctionnement;
- emplacement physique de l'équipement et position des pièces mobiles;
- mode d'exploitation;
- réglage des thermostats, des dispositifs de réglage ou des commandes similaires dans les zones d'accès de l'opérateur, qui sont:
 - a) réglables sans l'utilisation d'un outil; ou
 - b) réglables à l'aide d'un moyen comme une clé ou un outil fourni(e) délibérément par l'opérateur.

5.1.1.2 Sauf stipulation contraire dans les articles particuliers, des mesures doivent être réalisées avec les incertitudes maximales indiquées ci-dessous:

- | | | |
|----|--|--|
| a) | Pression atmosphérique (bar ou Pa) | ± 0,005 bar; |
| b) | Chambre de combustion et pression de fumée d'essai | ± 5 % pleine échelle ou 0,5 mbar (mbar ou Pa); |
| c) | Pression du gaz (bar, Pa) | ± 2 % pleine échelle; |
| d) | Perte de pression côté eau (bar, mbar, Pa) | ± 5 %; |
| e) | Débit d'eau (l/h, m ³ /h) | ± 2 %; |
| f) | Débit de gaz (m ³ /h (n)) | ± 2 %; |
| g) | Débit d'air (m ³ /h (n)) | ± 2 %; |
| h) | Temps (h) | |
| | – pour la chronologie de l'allumage | ± 0,2 s; |
| | – pour toutes les autres chronologies | ± 0,1 %; |
| i) | Puissance/énergie électrique auxiliaire kWh ou kW | ± 2 %; |
| j) | Températures: °C ou K | |
| | – Ambiante | ± 1 K; |
| | – Eau | ± 2 K; |

– Produits de la combustion	± 5 K;
– Gaz combustible	± 1 K à $T < 100\text{ °C}$; ± 1 % de lecture en °C , $100 \leq T < 300\text{ °C}$; ± 5 % de lecture en °C , $T \geq 300\text{ °C}$;
– Surface	± 5 K;
k) CO, CO ₂ et O ₂ pour le calcul des pertes dans les conduits de fumée	± 6 % de lecture
l) Valeur calorifique du gaz kWh/m ³ (n)	± 1 %;
m) Densité du gaz kg/m ³ (n)	± 0,5 %;
n) Masse kg	± 0,05 %;
o) Couple Nm	± 10 %;
p) Force N	± 10 %;
q) Courant A	± 1 %;
r) Tension V	± 1 %;
s) Alimentation électrique W, kW	± 2 %

La plage totale de l'appareil de mesure est choisie de façon à être appropriée pour une valeur maximale prévue.

Pour le calcul du taux de fuite, une méthode est utilisée qui permet une telle précision que l'erreur dans le calcul ne dépasse pas 2 % du volume rapporté par heure.

Les incertitudes de mesurage indiquées concernent les mesurages individuels. Pour les mesures nécessitant une combinaison de mesures individuelles (par ex. mesures de l'efficacité), les incertitudes les plus faibles liées aux mesures individuelles peuvent être nécessaires pour limiter l'incertitude totale.

5.1.1.3 Tensions de fonctionnement normales

Pour le calcul des tensions de fonctionnement, voir la CEI 60950-1, Paragraphe 1.4.80.

5.2 Combustibles d'essai

5.2.1 Pour un système à piles à combustible destiné à être utilisé avec du gaz naturel, les essais spécifiés dans la présente norme doivent être réalisés avec un gaz dont les pressions de composition et d'alimentation reflètent celles du gaz naturel disponible dans le commerce au maximum et minimum de la pression de gaz attendue. Si le pays de destination l'exige, les essais doivent également être réalisés avec des gaz limites.

5.2.2 Pour un système à piles à combustible destiné à être utilisé avec du gaz de pétrole liquéfiés, les essais spécifiés dans la présente norme doivent être réalisés avec un gaz dont les pressions de composition et d'alimentation reflètent celles du gaz de pétrole liquéfiés disponible dans le commerce au maximum et minimum de la pression de gaz attendue. Si requis par le pays de destination, les essais doivent également être conduits avec des gaz limites.

5.2.3 Un système à piles à combustible pour utilisation avec d'autres types de combustibles (voir Article 1) doit être soumis à essai avec un ou des combustible(s) d'essai dont les caractéristiques de composition et d'alimentation sont représentatives du ou des combustible(s).

5.3 Aménagements des essais de base

Lors de la réalisation des essais, l'ensemble du système à piles à combustible, dont les filtres, les dispositifs de démarrage, les systèmes de ventilation ou d'évacuation et tous les équipements fournis sur place, doivent être installés et utilisés conformément aux instructions du fabricant.

Sauf stipulation contraire, le système à piles à combustible doit fonctionner:

- a) avec la pression d'alimentation d'entrée telle que définie en 5.2;
- b) dans $\pm 5 \%$ de la tension et fréquence assignées, et dans $\pm 10 \%$ de la puissance de sortie assignée tel que spécifié par le fabricant;
- c) dans $\pm 5 \%$ de consommation de combustible calculée en fonctionnement dans des conditions calculées et $\pm 10 \%$ tel que spécifié par le fabricant;
- d) à température et pression ambiante, qui ne dégradent pas les résultats des essais.

Les essais doivent commencer lorsque les composants du système à piles à combustible sont à une température d'équilibre, sauf spécification contraire.

5.4 Essais de fuite

Les modes opératoires du présent Paragraphe doivent être exécutés deux fois, avant et après la réalisation de l'ensemble des essais non destructifs spécifiés de 5.6 à 5.16.

5.4.1 Essais de fuite de gaz

Toutes les parties du système à piles à combustible qui contiennent des mélanges de gaz inflammables ne doivent pas présenter de fuites externes supérieures à la limite spécifiée ci-dessous lorsqu'elles sont soumises à essai avec des gaz ou des vapeurs appropriés (par ex. les gaz de fonctionnement nominaux, de l'air sec propre ou du gaz inerte tel que spécifié par le fabricant) qui correspondent aux constituants prévus durant le fonctionnement et l'arrêt.

Avant la réalisation de cet essai, il doit être établi quelles parties transportant du gaz inflammable sont soumises à la même pression interne durant le fonctionnement normal du système à piles à combustible. Ces parties doivent comprendre une section d'essai individuelle qui doit être pressurisée séparément et lorsque cela est jugé nécessaire, isolée du reste du système à piles à combustible par tout moyen approprié.

Les modules à piles à combustible doivent être soumis à essai tels que décrit dans la CEI 62282-2. Les modules à piles à combustible conçus sans étanchéité d'anode/cathode et exploités au-dessus de leur température d'auto-inflammation de combustible ne sont pas inclus dans les essais de fuite de la CEI 62282-2; leur cuve de rétention doit donc être soumise à essai tel que décrit ci-dessus.

Un système de pressurisation adapté, capable de fournir l'agent gazeux à la pression d'essai requise et un dispositif de mesure du débit adapté, capable de mesurer le taux de fuite avec une précision de 2 %, doit être raccordé à l'entrée de la section d'essai. Le dispositif de mesure du débit doit être situé entre le système de pressurisation et la section d'essai à pressuriser. La sortie de la section d'essai doit être fermée hermétiquement par tout moyen approprié. Toutes les pièces fonctionnelles doivent être capables de se mettre en position ouverte, de façon à ce que la pression d'essai requise soit exercée sur toutes les pièces de la section d'essai.

L'agent gazeux doit être admis graduellement dans la section d'essai de façon à ce qu'une pression manométrique uniforme supérieure ou égale à 1,1 fois la pression maximale de fonctionnement de cette section d'essai soit atteinte graduellement en environ 1 min. Cette pression doit ensuite être maintenue pendant au moins 30 min ou durant un temps approprié dépendant du volume, et à ce moment-là toute fuite indiquée par le dispositif de mesure du débit, doit être notée.

Un taux de fuite acceptable est un taux total mesuré, de toutes les zones d'essai, qui ne peut pas produire de concentration de surface supérieure à 25 % de la limite d'inflammabilité du combustible (LFL).

Si une ventilation mécanique est employée pour compenser la fuite de combustible, le taux de fuite admissible est calculé avec la formule suivante:

$$L = 0,01 \times (V/R)$$

où:

L est le taux de fuite admissible, en mètres cubes par heure, pour chaque pièce ou toutes les pièces respectivement:

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2} \quad \text{où: } TGSG \text{ est la gravité spécifique du gaz d'essai;}$$

$$FGSG \text{ est la gravité spécifique du gaz combustible;}$$

ou

$$R = (\mu_{\text{test}}/\mu_{\text{fuel}}) \quad \text{où: } \mu_{\text{test}} \text{ est la viscosité absolue du gaz d'essai;}$$

$$\mu_{\text{fuel}} \text{ est la viscosité absolue du gaz combustible;}$$

NOTE La valeur R qui produit le taux de fuite admissible le plus bas doit être rapportée.

V est le taux de ventilation minimal, en mètres cubes par heure d'air.

Un facteur de correction peut être employé lorsque du gaz combustible inférieur à 100 % de produits inflammables est utilisé;

$$L = 0,01 \times (V/R) \times (1/C)$$

où:

C est la concentration de combustibles.

5.4.2 Essais de fuite de liquides

Cette méthode d'essai est utilisée pour évaluer les sections d'essai qui contiennent des liquides combustibles et/ou dangereux, par exemple des combustibles liquides, des réfrigérants toxiques.

Le fluide d'essai doit être le liquide de calcul. Si le fabricant pense que les essais ne sont pas réalisables avec le liquide de calcul, le liquide d'essai doit être de l'eau. S'il y a une possibilité d'endommagement dû au gel ou à des effets néfastes de l'eau sur le système de canalisations, un autre liquide non toxique adapté peut être utilisé. Si ce liquide est inflammable, le point d'éclair doit être au moins de 50 °C et l'environnement d'essai doit être pris en compte.

Sections métalliques: La pression d'essai hydrostatique en tout point sur une section d'essai de composants métalliques doit être la suivante:

- supérieure ou égale à 1,1 fois la pression maximale de fonctionnement
- pour la température de calcul supérieure à la température d'essai, la pression minimale d'essai doit être calculée avec l'équation suivante, sauf que la valeur S_T/S ne doit pas être supérieure à 6,5

$$P_T = 1,1 (P_{S_T})/S$$

où:

P_T est la pression manométrique minimale d'essai;

P est la pression manométrique minimale interne de fonctionnement;

S_T est la valeur de contrainte à la température d'essai conformément à l'ISO 15649 qui se réfère au Tableau A-1 de l'ANSI/ASME B31.3;

S est la valeur de contrainte à la température de calcul conformément à l'ISO 15649 qui se réfère au Tableau A-1 de l'ANSI/ASME B31.3.

Sections non métalliques: la pression d'essai hydrostatique en tout point dans une section d'essai composée de composants non métalliques doit être la suivante:

- a) supérieure ou égale à 1,1 fois la pression maximale de fonctionnement, mais ne doit pas être supérieure à 1,1 fois la pression calculée maximale du composant calculé le plus faible dans le système.
- b) pour la température de calcul supérieure à la température d'essai, la pression minimale d'essai doit être calculée avec l'équation ci-dessus

où:

S_T est la valeur de contrainte à la température d'essai conformément à l'ISO 15649 qui se réfère au Tableau B-1 de l'ANSI/ASME B31.3.

S est la valeur de contrainte à la température de calcul conformément à l'ISO 15649 qui se réfère au Tableau B-1 de l'ANSI/ASME B31.3.

(Voir les Paragraphes 345.4 et A345.4 de l'ANSI B31.3 pour plus de détails.)

NOTE 1 Si la pression d'essai produit une contrainte de pression nominale ou une contrainte longitudinale supérieure à la limite d'élasticité, la pression d'essai peut être réduite à la pression maximale qui n'excédera pas la limite d'élasticité à haute température.

NOTE 2 Un essai préliminaire utilisant un fluide d'essai adapté à plus de 170 kPa de pression manométrique peut être réalisé avant les essais hydrostatiques pour localiser les fuites principales.

NOTE 3 Si la pression d'essai de la canalisation raccordée à une cuve est la même que la pression d'essai de la cuve ou est inférieure à celle-ci, les canalisations peuvent être soumises à essai avec la cuve à la pression d'essai des canalisations.

NOTE 4 Si la pression d'essai des canalisations est supérieure à la pression d'essai de la cuve et qu'il n'est pas possible d'isoler les canalisations de la cuve, les canalisations et la cuve peuvent être soumises ensemble à essai à la pression d'essai de la cuve à condition que le fabricant soit d'accord et que la pression d'essai de la cuve soit supérieure ou égale à 77 % de la pression d'essai des canalisations calculée conformément à la formule ci-dessus.

Toutes les surfaces externes des pièces qui transportent des liquides doivent être mises en évidence afin de vérifier la présence de fuites. Si certaines pièces ne peuvent être mises en évidence, des mesures doivent être prises pour localiser et tracer les fuites jusqu'au point de visibilité. Si le traçage des fuites ne peut pas être réalisé, le fabricant devra indiquer un autre moyen de vérification des fuites.

Avant de réaliser l'essai, il doit être déterminé quelles pièces de transport de liquide sont soumises à la même pression interne en fonctionnement normal du système à piles à combustible. Ces pièces doivent comprendre une section d'essai individuelle qui doit alors être pressurisée séparément et lorsque cela est jugé nécessaire, isolée du reste du système à piles à combustible par tout moyen approprié.

L'appareillage d'essai doit être rempli de l'agent liquide et raccordé à un système hydraulique adapté comprenant un dispositif de mesure de la pression capable de résister à la pression d'essai requise. Il convient de veiller à ventiler l'air de la section d'essai durant le remplissage de liquide.

La pression d'essai doit être augmentée graduellement de façon à obtenir une pression de manomètre uniforme. Cette pression doit être maintenue pendant au moins 30 min, ou plus longtemps si nécessaire pour pouvoir vérifier les fuites tout en recherchant des signes de fuite en inspectant l'ensemble des surfaces externes du système. Si un système de traçage des fuites est employé, la pression d'essai doit être maintenue pendant un minimum de 3 h.

Aucune fuite de liquide n'est admise. Tout signe visible de fuite signifie un échec à l'essai.

5.5 Essais de résistance

Toutes les pièces du système à piles à combustible qui transportent des mélanges de gaz potentiellement inflammables et toutes les pièces du système à piles à combustible qui transportent des liquides doivent être soumises à des essais de résistance conformément à ce qui suit:

- a) une pièce qui entre dans le domaine d'application des normes de pression nationales, doit être soumise à essai conformément à ces normes;
- b) les modules à piles à combustible doivent être soumis à essai ou avoir déjà été soumis à essai tel que spécifié dans la CEI 62282-2;

c) toutes les autres parties doivent être soumises à essai comme suit.

5.5.1 Sections de gaz

Les pièces, y compris les joints et les raccords, qui transportent du gaz inflammable doivent résister sans rupture, fracture, déformation ou tout autre dommage physique aux pressions suivantes;

- a) pour les sections d'essai soumises à une pression maximale de service de 3,4 kPa, une pression statique interne égale à 5 fois leur pression maximale de service admissible,
- b) pour les sections d'essai soumises à une pression maximale de service de 3,4 kPa et 11 kPa, une pression statique interne égale à 17 kPa, et
- c) pour les sections d'essai soumises à une pression maximale de fonctionnement supérieure à 11 kPa, mais n'excédant pas la pression minimale du domaine d'application de la Norme de pression nationale, la pression d'essai à utiliser doit être supérieure ou égale à 1,5 fois la pression maximale de service admissible.

Avant de réaliser cet essai, il doit être établi quelles pièces transportant du gaz sont soumises à la même pression interne durant le fonctionnement normal du système à piles à combustible. Ces parties doivent comprendre une section d'essai individuelle qui doit être pressurisée séparément et lorsque cela est jugé nécessaire, isolée du reste du système à piles à combustible par tout moyen approprié. Tout liquide qui n'est pas dangereux, comme l'eau, doit être utilisé comme élément d'essai.

Une section d'essai doit être remplie avec l'agent liquide et raccordée à un système hydraulique adapté comprenant un dispositif de mesure de la pression capable de résister à la pression d'essai requise. Il convient de veiller à ce que tout l'air soit libéré de la section d'essai.

Lorsque du liquide ne peut pas être admis comme agent d'essai, de l'air sec propre ou tout gaz inerte comme l'azote ou l'hélium, peut être utilisé à la place de l'agent liquide. Un système de pressurisation approprié capable de fournir l'agent gazeux à la pression d'essai requise et un dispositif de mesure de la pression capable d'indiquer la pression d'essai requise, doivent être raccordés à la section d'essai. Le dispositif de mesure de la pression doit être situé entre le système de pressurisation et la section d'essai à pressuriser. La sortie de la section d'essai doit être fermée hermétiquement par tout moyen approprié.

La pression d'essai, lorsqu'un agent liquide est utilisé, doit être graduellement augmentée ou l'agent gazeux, si utilisé, doit être introduit graduellement dans la section d'essai de façon à ce qu'une pression de manomètre uniforme comme spécifié ci-dessus puisse être atteinte en environ 1 min. La pression doit ensuite être maintenue durant au moins 1 min sans qu'une rupture, une fracture, une déformation ou tout autre dommage physique ne se produise pendant ce temps.

5.5.2 Sections de liquides

Les pièces qui transportent un liquide doivent résister sans rupture, fracture, déformation ou tout autre dommage physique à une pression statique interne telle que notée ci-dessous.

Sections métalliques: La pression d'essai hydrostatique en tout point sur une section d'essai de composants métalliques doit être la suivante:

- a) supérieure ou égale à 1,5 fois la pression maximale de service admissible;
- b) pour la température de calcul supérieure à la température d'essai, la pression minimale d'essai doit être calculée avec l'équation suivante, sauf que la valeur S_T/S ne doit pas être supérieure à 6,5

$$P_T = 1,5 (PS_T)/S$$

où:

P_T est la pression manométrique minimale d'essai;

P est la pression manométrique minimale interne de fonctionnement;