

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Flow battery energy systems for stationary applications –
Part 2-2: Safety requirements**

**Systèmes de production d'énergie à batteries d'accumulateurs à circulation
d'électrolyte pour les applications stationnaires –
Partie 2-2: Exigences de sécurité**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Flow battery energy systems for stationary applications –
Part 2-2: Safety requirements**

**Systèmes de production d'énergie à batteries d'accumulateurs à circulation
d'électrolyte pour les applications stationnaires –
Partie 2-2: Exigences de sécurité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.99

ISBN 978-2-8322-8538-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms.....	9
4 Procedure of the risk analysis.....	9
5 Safety requirements and protective measures	10
5.1 General.....	10
5.2 Risk information.....	10
5.3 Electrical hazards	10
5.3.1 Electrical shock	10
5.3.2 Short-circuits	10
5.3.3 Leakage currents.....	11
5.4 Hazards of gaseous emissions.....	11
5.4.1 General	11
5.4.2 Harmful gas	12
5.4.3 Ventilation	13
5.4.4 Warning sign	13
5.4.5 Close vicinity to emissions.....	14
5.5 Hazard posed by liquids.....	14
5.5.1 General	14
5.5.2 Detection of electrolyte leakage.....	14
5.5.3 Protective measures against leakage.....	14
5.5.4 Specific information	14
5.5.5 Flow path identification	15
5.6 Hazards of mechanical cause	15
5.7 Operational hazards and measures.....	15
5.7.1 General	15
5.7.2 Start	15
5.7.3 Remote monitoring and control systems	16
5.7.4 Protection.....	16
5.7.5 Auxiliary power failure	16
6 Instructions.....	16
7 Identification labels or marking	16
7.1 Name plate information	16
7.2 Warning label information and location	17
8 Transport, storage, disposal and environmental aspects.....	17
8.1 Packing and transport.....	17
8.2 Dismantling, disposal, and recycling	17
9 Inspection.....	17
10 Maintenance.....	18
11 Verification tests for protective measures	18

11.1	General.....	18
11.1.1	Tests	18
11.1.2	Test object.....	19
11.1.3	Test category.....	19
11.2	Dielectric strength of the parts in contact with the fluid.....	19
11.2.1	Requirements	19
11.2.2	Category.....	19
11.2.3	Number of samples.....	19
11.2.4	Test and acceptance criteria.....	19
11.3	Operational sequence	19
11.3.1	Requirements	19
11.3.2	Category.....	19
11.3.3	Number of samples.....	19
11.3.4	Test.....	20
11.3.5	Acceptance criteria	20
11.4	Emergency stop	20
11.4.1	Requirement.....	20
11.4.2	Category.....	20
11.4.3	Number of samples.....	20
11.4.4	Test.....	20
11.4.5	Acceptance criteria	20
11.5	Protection	20
11.5.1	Requirements	20
11.5.2	Category.....	21
11.5.3	Number of samples.....	21
11.5.4	Test.....	21
11.5.5	Acceptance criteria	21
11.6	Safety requirement for stacks	21
Annex A	(informative) Recommended structure of user manual	22
A.1	General.....	22
A.2	Table of contents	22
A.3	Safety warning.....	22
A.4	Introduction.....	22
A.5	Product description	22
A.5.1	Overview	22
A.5.2	Technical specifications.....	23
A.5.3	System structure.....	23
A.5.4	Applications	23
A.5.5	Operational sequence.....	23
A.6	Site requirements.....	23
A.6.1	Location and load	23
A.6.2	Access and clearance.....	23
A.6.3	Precautionary measures for fluid containment.....	23
A.6.4	Ventilation	24
A.6.5	Temperature	24
A.7	Operation.....	24
A.7.1	General	24
A.7.2	Checks before operation.....	24
A.7.3	Energizing and de-energizing the system.....	24

A.7.4	Valve status	24
A.7.5	Specific operations	24
A.7.6	Notices for operation	24
A.8	Alarms and fault finding	25
A.9	Maintenance	25
A.10	Contact information	25
Annex B (normative)	Safety requirements for stacks	26
B.1	General	26
B.2	External short-circuit of the stack	26
B.2.1	Requirements	26
B.2.2	Category	26
B.2.3	Number of samples	26
B.2.4	Test	26
B.2.5	Acceptance criteria	26
B.3	Heat shock strength	27
B.3.1	Requirements	27
B.3.2	Category	27
B.3.3	Number of samples	27
B.3.4	Test	27
B.3.5	Acceptance criteria	27
B.4	Leakage of the stack	27
B.4.1	Requirements	27
B.4.2	Category	28
B.4.3	Number of samples	28
B.4.4	Test	28
B.4.5	Acceptance criteria	28
Bibliography		29
Figure 1	– Flow battery energy system	7
Table 1	– List of verification tests for protective measurements	18
Table B.1	– List of verification tests for stacks for protective measurements	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FLOW BATTERY ENERGY SYSTEMS FOR STATIONARY APPLICATIONS –**Part 2-2: Safety requirements****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The objective 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. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this edition.
- 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 62932-2-2 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries, in collaboration with IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

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

FDIS	Report on voting
21/1029/FDIS	21/1035/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62932 series, published under the general title *Flow battery energy systems for stationary applications*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

INTRODUCTION

A flow battery system (FBS) can be utilized in a flow battery energy system (FBES). Such an FBES can consist of:

- a flow battery system,
- a power conversion system,
- other equipment and surroundings.

The FBES is connected to the external power input/output via a point of connection (POC).

This document covers the domain of the FBES, as shown in Figure 1. Energy to the auxiliary systems such as the battery management system (BMS), the battery support system (BSS), and the power conversion system (PCS) may be supplied by one of the following:

- a) direct connection to the external power source;
- b) the internal power source of the FBES or FBS itself.

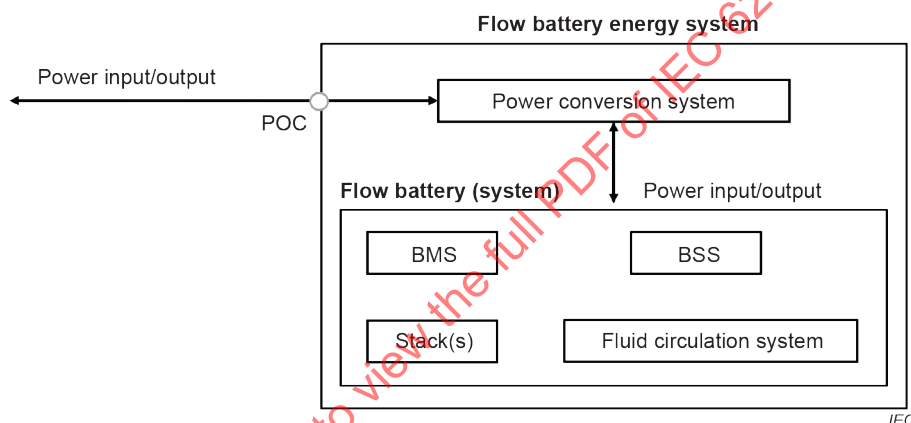


Figure 1 – Flow battery energy system

FLOW BATTERY ENERGY SYSTEMS FOR STATIONARY APPLICATIONS –

Part 2-2: Safety requirements

1 Scope

This part of IEC 62932 applies to flow battery systems for stationary applications and their installations with a maximum voltage not exceeding 1 500 V DC in compliance with IEC 62932-1.

This document defines the requirements and test methods for risk reduction and protection measures against significant hazards relevant to flow battery systems, to persons, property and the environment, or to a combination of them.

This document is applicable to stationary flow battery systems intended for indoor and outdoor commercial and industrial use in non-hazardous (unclassified) areas.

This document covers significant hazards, hazardous situations and events, with the exception of those associated with natural disaster, relevant to flow battery systems, when they are used as intended and under the conditions foreseen by the manufacturer including reasonably foreseeable misuse thereof.

The requirements described in this document are not intended to constrain innovations. When considering fluids, materials, designs or constructions not specifically dealt with in this document, these alternatives are evaluated as to their ability to yield levels of safety equivalent to those specified in this document.

2 Normative references

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

IEC 60079-10-1, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*

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

IEC 60364-4-43, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-6, *Low voltage electrical installations – Part 6: Verification*

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

IEC 62485-2:2010, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries*

IEC 62932-1, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 1: Terminology and general aspects*

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

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62932-1 apply.

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

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

3.2 Abbreviated terms

BMS	battery management system
BSS	battery support system
EES	electrical energy storage
FBES	flow battery energy system
FBS	flow battery system
FMEA	failure mode and effects analysis
FTA	fault tree analysis
GHS	global harmonized system
HAZOP	hazard and operability study
MSDS	material safety data sheet
PCS	power conversion system
POC	point of connection
SDS	safety data sheet
UPS	uninterruptible power system

4 Procedure of the risk analysis

A written risk analysis shall be performed on an FBES to ensure that:

- a) all reasonably foreseeable hazards and hazardous events, including reasonably foreseeable misuse throughout the anticipated lifetime, have been identified;
- b) the risk for each of these hazards has been estimated from the combination of its probability of occurrence and of its foreseeable severity;
- c) the two factors which determine each one of the estimated risks (probability and severity) have been eliminated or reduced to a level not exceeding the acceptable risk level as far as reasonably possible according to the following principles in the order given:
 - eliminate hazards or reduce risks by inherent design measures,
 - take necessary protective measures in relation to risks that cannot be reduced by inherent design measures,
 - inform intended users and where appropriate other persons of the residual risks, indicate whether any particular training is required and specify any need to use personal protective equipment.

For example, failure mode and effects analysis (FMEA), fault tree analysis (FTA) methods, hazard and operability study (HAZOP), and/or the following International Standards shall be used as guidance:

- IEC 60812;
- IEC 61025.

5 Safety requirements and protective measures

5.1 General

Each secondary battery has a different structure and therefore only the features critical or specific to the flow battery shall be taken into consideration. The flow battery energy system as shown in Figure 1 differs from other secondary batteries, in that a system for circulating the electrolyte is present. The fluid circulating system consists of tanks, pumps, piping, sensors and some safety-relevant devices.

From a chemical safety point of view, since fluid is contained in tanks, pipes and stacks, the sealing is an important factor. There is also the possibility of hazardous gases being present, requiring that appropriate countermeasures be implemented.

Clause 5 specifies the safety requirements and protective measures in consideration of the above-mentioned aspects.

5.2 Risk information

The manufacturer shall provide the user with risk information based on the risk analysis to describe hazards and the appropriate measures taken or to be taken for mitigation purposes.

The information shall include a safety data sheet (SDS).

The information can be provided in the form of a user manual. See the recommended structure for user manual in Annex A.

5.3 Electrical hazards

5.3.1 Electrical shock

The FBS is an electrical energy storage device and contains hazardous live parts of DC and/or AC voltage which can cause a risk of electrical shock. Electrolyte is to be considered as carrying dangerous voltages.

Batteries are sources of dangerous voltages and energy (current flow) also when they are not connected to an external power circuit. In flow batteries the amount of residual energy is, when no electrolyte circulates, limited to the charge stored in the electrolyte remaining in the stack itself. In all cases protective measures according to IEC 60364-4-41 shall be implemented.

5.3.2 Short-circuits

The electrical energy stored in an FBS can be released in an inadvertent and uncontrolled manner due to short-circuiting the terminals. Because of its considerable level of energy and subsequent high current, the heat generated can melt metal, produce sparks, cause explosion, or vaporize fluid.

To avoid short-circuits, protective devices such as insulation shrouds, fuses and circuit breakers shall be installed in a way that a short-circuit does not occur under any foreseeable conditions. For the type of conductor arrangement of unprotected sections, IEC 60364-4-43 shall be taken into consideration.

For protective measures, the FBS shall mitigate a short-circuit fault which occurs outside stacks by:

- stopping the supply of energy and fluids to the flow battery cells;
- stopping PCS and opening circuit breaker(s); and,
- interrupting the short-circuit current path by using fuses between stacks.

It is suggested that each stack has a fuse to break the short-circuit path. Specific location and quantity of fuses and/or circuit breakers shall be agreed and decided between the manufacturer and the system user in consideration of cell protection and system safety.

The intrinsic safety of the stack under short-circuit conditions shall be verified according to Annex B.

5.3.3 Leakage currents

In a system in which no point of the battery installation is directly connected to earth, ground faults in the FBS are, due to the large amount of fluid in the fluid handling parts (pumps, pipes, stacks, tanks), a particular problem, and system operators shall be well informed of this matter. Ground faults can cause the following significant risks:

- electrocution when a person accesses the fluid leaking from piping, cells and/or other components of the fluid system;

NOTE 1 In this case a person's body becomes a part of the circuit of the leakage current.

- arcs and fire when short-current is established by the fluid leaking from piping, cells and/or other components of the fluid system.

NOTE 2 The criticality of arcs and fire depend on the electrical conductivity of the fluid. If the fluid has low electrical conductivity, leakage current is small and severity of the risk is low. This also depends on the configuration of stacks. Thus, the detection level is designed taking dangerous leakage current level into account.

The circuit of the FBS shall be properly insulated from other local conductive parts. The minimum insulation resistance between the battery circuit and other local conductive parts shall meet the requirements of IEC 62485-2:2010, 6.4. The minimum insulation resistance between them shall be greater than 100 Ω per volt of the nominal voltage of the FBS.

The insulation shall resist the environmental effects of temperature, dampness, dust, gases, steam, and mechanical stress.

Before carrying out any test, the absence of hazardous voltage between the battery and the associated rack or enclosure shall be verified.

The battery shall be isolated from the external circuit before an insulation-to-ground resistance determination test is carried out.

The insulation shall be verified in accordance with the test method in 11.2.

Protective devices for detecting grounding faults shall be provided in the FBS or in the external system, such as a power conversion system, in order to account for a malfunction in the insulation.

5.4 Hazards of gaseous emissions

5.4.1 General

Flow batteries can produce gases that can be explosive (hydrogen), toxic (bromine), or corrosive, or that can affect the respiratory system. The quantities produced depend on the operating conditions of the FBS and their release to the environment shall be managed with adequate safety features (e.g. ventilation, absorption traps, scrubbers, voltage limits).

In general, gases are produced in the stacks and accumulated in the system. For example, in the case of the FBS, gases are accumulated in the top portion of the tanks.

Since gas generation and accumulation depend on the characteristics and construction of individual FBS, the gas hazard presents different levels of risk in individual FBS.

When hydrogen is produced in an FBS, for example, the generation rate of hydrogen increases as the FBS is charged above the rated voltage range. The correlation between the charging voltage and the gas generation cannot be expressed by a common equation, however, because the gas generation rate depends highly on the characteristics of cell components and fluids which can vary between manufacturers.

The gas emission and its mitigation shall be considered in the flow battery design process. It is suggested to install necessary gas monitoring equipment with alarms and appropriate interlocks.

5.4.2 Harmful gas

5.4.2.1 Explosive gas

The risk level of explosive gases increases if the following hazards coincide:

- generation and accumulation of combustible gases,
- their mixture with oxygen,
- presence of ignition sources.

The FBS shall have protective measures against the above hazards, including but not limited to:

- reduction in the generation of combustible gases,
- dilution of combustible gases,
- prevention of diffusion of gases outside the volume where they are generated,
- elimination of ignition sources,
- prevention of external oxygen ingress.

5.4.2.2 Toxic gas

The risks caused by toxic gases increase if the following hazards coincide:

- generation and accumulation of toxic gases,
- human access to the vicinity of toxic gases.

The FBS shall have protective measures against the above hazards, including but not limited to:

- elimination of toxic gases,
- dilution of toxic gases,
- collection of toxic gases by a scrubber,
- limitation of human access.

5.4.2.3 Corrosive gas

The risk level of corrosive gases increases if the following hazards coincide:

- generation and accumulation of corrosive gases,
- human access to the vicinity of corrosive gases.

The FBS shall have protective measures against the above hazards, including but not limited to:

- construction of the system with corrosion-resistant material,
- elimination of corrosive gases,
- dilution of corrosive gases,
- collection of corrosive gases by a scrubber,
- limitation of human access.

5.4.2.4 Gases affecting the respiratory system

There are cases where gases affecting the respiratory system are generated and accumulated. The risks caused by gases increase if the following hazards coincide:

- generation and accumulation of gases affecting the respiratory system,
- human access to the vicinity of gases affecting the respiratory system.

The flow battery system shall have protective measures against the above hazards, including but not limited to:

- elimination of gases affecting the respiratory system,
- dilution of gases affecting the respiratory system,
- collection of gases affecting the respiratory system by a scrubber,
- limitation of human access.

5.4.3 Ventilation

5.4.3.1 General

The manufacturer shall specify the ventilation requirements for the room where the FBS is installed. This specification shall involve warning signs, operator access limitation, mitigation of static discharges, numbers of air exchanges in m^3/h , required air flow patterns and exhaust direction. When the FBS is installed outdoors, the safety requirements and procedures for approaching personnel shall be specified. The manufacturer shall provide data and a measurement method used to determine the gas emission rating, and ventilation measures shall be implemented based on IEC 60079-10-1. Reference shall be made to the theoretical minimum ventilation flow rate to dilute the gases, which is given in IEC 60079-10-1.

Ventilation is required to ensure that no combustible or harmful gases reach a critical concentration level. The ventilation requirement shall be met by either one or a combination of the following methods:

- natural ventilation,
- forced ventilation through the room or enclosure.

5.4.3.2 Natural ventilation

When natural ventilation is used, battery rooms or enclosures shall be equipped with an inlet and an outlet for the air with a minimum free opening area which meets the ventilation requirements.

5.4.3.3 Forced ventilation

When forced ventilation is used, gases which are released from the FBS into the room or enclosure shall be expelled to the atmosphere using a ventilation system, which may combine an opening and fan. If forced ventilation is essential for the safe operation of the FBS, then an appropriate interlock shall prevent its operation when the forced ventilation is not operating or has failed.

5.4.4 Warning sign

Appropriate warning signs which prohibit sparks, smoking, open flame, and electrostatic discharges shall be placed at the entrance of the hazardous area as determined in accordance with IEC 60079-10-1.

5.4.5 Close vicinity to emissions

The dilution of gases is not always fully achieved in the close vicinity of the exhaust of released gases or at the outlet of direct forced ventilation, therefore a safety distance from the outlet shall be observed. The dispersion of gases depends on the gas emission rate and the type of ventilation close to the source of emission.

5.5 Hazard posed by liquids

5.5.1 General

The impact of the fluid involved in the FBS leakage can be categorized in terms of toxicity, corrosiveness, environmental impacts, and flammability.

Since the fluids are flowing through the fluid system, there is a possibility that a leakage will continue unattended or unmitigated if the detection of the leakage and/or the protection against the leakage are inappropriate. In addition, fluids supplied to the stacks are stored in the common tank in a large volume. The following are the basic measures against such hazards and are further described in 5.5.2 to 5.5.5:

- ensuring the sealing performance of the fluid system,
- incorporating corrosion resistance in the design and the material of the parts that come into contact with the electrolyte,
- detecting leakage and taking appropriate measures,
- preventing leakage to the surroundings, and,
- providing information and markings concerning the fluid.

5.5.2 Detection of electrolyte leakage

Leakage shall be detected by appropriate protection measures such as a leakage sensor. The detection and protective functions shall be verified appropriately in accordance with 11.5.

The detection of the fluid shall initiate the necessary countermeasures such as stopping the pumps and closing the valves.

5.5.3 Protective measures against leakage

It is required that the flow battery energy system (FBES) has a collecting tray (also known as collecting basin) under the tanks, which is stable to liquids and has a volume at least equal to the largest tank size of the FBS. Refer to the local safety regulations for other or additional protective measures.

5.5.4 Specific information

The manufacturer shall provide information relevant to the fluids which details:

- the primary emergency measures that shall be taken if there is:
 - a) exposure and/or contamination of persons by substances emitted from the FBS,
 - b) contamination of the environment by substances emitted from the FBS,
- personal protective equipment:

A material safety data sheet (MSDS) shall indicate that the use of synthetic clothing which can cause electrostatic discharge is not recommended in a hazardous area where explosive gases are present and that personal protective equipment shall include flame retardant and anti-static clothing.

The following four pieces of information shall be indicated on each tank:

- content and international sign (Global Harmonized System (GHS)) if necessary depending on the chemistry,
- volume,
- polarity,
- warning label in case the tank contains hazardous liquids.

5.5.5 Flow path identification

Most flow batteries operate with two distinct fluids in which the electrochemically active species are dissolved, suspended or present as gases.

Each of the fluids may require particular attention and methods of containment in case of spillage or maintenance.

To reduce the risk of hazards during intervention on the fluid system, the fluid pipes shall be clearly identified with the name of positive fluid or negative fluid written in two distinct colours on the tanks and pipes, together with an arrow indicating the flow direction in the relevant pipes. Symbols such as "+" as positive and "-" as negative are also available for identification marking.

5.6 Hazards of mechanical cause

The flow battery is a complex assembly of electricity and fluid-carrying components housing large volumes of chemicals.

All these structural components shall be properly dimensioned and tested taking into consideration temperature and pressure at specified conditions, material aging processes and extreme conditions of temperature and pressure.

Particular attention shall also be given to the fact that the fluids are chemically aggressive and can cause an accelerated loss of mechanical stability and cross-section loss.

5.7 Operational hazards and measures

5.7.1 General

When the flow battery is designed to work with other equipment upstream and/or downstream, such as a control centre upstream, a signal interface or other means shall be provided to enable a coordinated operation, including start, stop, emergency shutdown, charge and discharge. Improper integration can cause unintentional operation which potentially leads to a hazardous situation.

Proper coordinated operation shall be confirmed by appropriate methods. The verification method shall be in accordance with 11.3.

5.7.2 Start

The FBS shall be started only when the starting condition is achieved through ensuring that:

- all safeguards are in place and are functional,
- the safety conditions have been fulfilled for restart after a stop,
- non-hazardous conditions are verified for intentional restarting actuation,
- suitable interlocks are provided for correct sequential starting.

5.7.3 Remote monitoring and control systems

An FBS and/or FBES that can be operated remotely shall have a local, labelled switch or other means to disconnect the system from remote signals that may be used while a local operator performs inspection or maintenance. The implementation of a remote monitoring system shall be considered in order to check if the system is operating safely. The data collected automatically from the FBS or through an FBES inquiry can help to evaluate its state of health and the remaining life of its components. Diagnosis is performed by monitoring the change of capacity or changes in the measured parameters. These data can be transmitted through an information network in a timely manner. Cyber security is important not only for remote monitoring but also for the system connected to the Internet. Refer to IEC 62351 (all parts) for additional guidance.

5.7.4 Protection

The FBS and FBES shall be equipped with appropriate protective devices to detect abnormal situations and initiate an emergency stop.

An optional test to verify such protective functions is provided in 11.5.

5.7.5 Auxiliary power failure

In case of an auxiliary power failure, the FBES shall be designed in such a way to ensure:

- the detection of loss of power in the FBES,
- the trigger of an alarm informing on the situation at the designated terminal,
- initiation of a proper designated shutdown including separation from the POC, and
- stopping of the pumps and closing of the designated valves.

As an example, this can be facilitated through integrating a UPS for supporting the BMS operation and/or supplying power from a separate secure source.

6 Instructions

The battery and its subsystems shall be installed according to the manufacturer's instructions.

The instructions provided by the manufacturer shall cover the layout schematics, the required building materials and the installation and start-up procedures to fulfil local/regional standards and regulations.

7 Identification labels or marking

7.1 Name plate information

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

- a) manufacturer's name,
- b) manufacturer's or supplier's type reference,
- c) serial number (optional),
- d) date of commissioning (optional),
- e) maximum AC and/or DC voltage in operation (V),
- f) maximum AC and/or DC current in operation (A)
- g) rated AC and/or DC power in operation (kW),
- h) rated energy capacity (kWh),

- i) transport weight (kg) (optional),
- j) chemical type of battery (active materials and solvent shall be indicated),
- k) volume amount of hazardous material.

7.2 Warning label information and location

The warning labels shall be placed at such a position that they are visible from any direction of approach to the FBES before entering the area where a particular piece of information is desirable and/or hazards are present.

The labels/pictograms shall cover, according to ISO 7010, the appropriate ones for

- safe conditions (green square),
- fire protection (red square),

and the appropriate mandatory ones for

- must do (blue circle),
- warn of hazard (yellow triangle).

The meaning of each selected symbol and possibly associate information shall be explained and/or included in the FBES instruction manual.

8 Transport, storage, disposal and environmental aspects

8.1 Packing and transport

Various national and international regulations cover the packing and transport of the FBS and the risks of accidental short-circuits, heavy mass and spillages of fluid.

For short-circuit protection, appropriate measures shall be taken, such as emptying the fluids from the stack or discharging the battery to 0 V. Before transportation, the stack terminals shall be properly insulated for short-circuit protection and proper measures for leakage protection shall be considered. Conformity with regional and international transportation regulations shall be ensured.

8.2 Dismantling, disposal, and recycling

Dismantling and disposal of an FBS shall be undertaken by competent and trained personnel. The relevant national and international regulations shall be followed.

9 Inspection

A regular inspection of the flow battery system and its operation environment is required for functional and safety reasons.

The inspection shall be conducted in accordance with the manufacturer's requirements, which shall include a check of:

- the appearance of the equipment, for example any signs of physical damage such as dents or corrosion,
- leaks from stacks, pipes, valves, pumps or tanks,
- abnormal noise, vibration and odour from the equipment, especially from power electronic equipment and mechanical parts such as pumps and fans.

10 Maintenance

A comprehensive maintenance plan shall be prepared owing to the fact that the FBS consists of various equipment and components.

The maintenance plan shall clarify the items to be maintained, the required procedures and maintenance intervals and shall cover items such as:

- periodical maintenance, for example, daily, weekly, monthly and annual inspections,
- replacement of parts,
- overhaul of equipment.

During a maintenance operation personnel may work close to the battery system. The personnel shall be competent to carry out such works, and shall have been trained in any special necessary procedures. To minimize the risk of injury, the FBS shall be designed with battery terminal covers which allow routine maintenance whilst minimizing exposure to live parts through the following:

- a minimum distance of 1,50 m between simultaneously touchable conductive live parts of the battery having a potential exceeding 120 V DC (nominal voltage),
- devices to sectionalize the FBS into groups of less than 1 500 V DC when operating batteries with nominal voltages above 1 500 V DC,
- fuse carriers which prevent contact with live parts.

All metallic personal objects shall be removed from the hands, wrists and neck before starting work. For FBSs where the nominal voltage is more than 120 V DC, insulated protective clothing and local insulated coverings shall be required to prevent personnel from making contact with the floor or parts connected to earth or ground. Batteries shall be neither connected nor disconnected when current is flowing.

NOTE Back feeds from chargers or parallel batteries can cause the accessible contacts to be live when the fuse is removed. Where screw type fuses are used, the battery output terminals can be connected to the bottom contact. Screw type fuses cannot be used where both terminals remain live after the fuse is removed, for example, within parallel battery systems. Batteries can be equipped with flame arrestor vent plugs (see IEC 60050-482:2004, 482-05-11) to avoid internal explosions caused by an external naked flame or spark.

11 Verification tests for protective measures

11.1 General

11.1.1 Tests

Clause 11 specifies the methods and criteria of the tests which shall be applied to verify some of the requirements in Clause 5. The requirements in Clause 5 shall be verified by conducting the tests in accordance with the criteria in Clause 11. The tests are summarized in Table 1.

Table 1 – List of verification tests for protective measurements

Test	Test category	Test object	Sample number
Dielectric strength of fluid systems	Routine test	System	Whole system
Operational sequence	Routine test	System	Whole system
Emergency stop	Routine test	System	Whole system
Protection	Routine test	System	Whole system
Stacks	Refer to Annex B.		

11.1.2 Test object

Possible test objects are:

- component of the flow battery system,
- sub-system,
- whole system.

11.1.3 Test category

The following categories apply:

- type test,
- routine test.

11.2 Dielectric strength of the parts in contact with the fluid

11.2.1 Requirements

Fluid circulation systems including tanks and stacks shall have adequate dielectric strength and resistance to avoid grounding fault in the FBES where the DC circuit is not earthed.

11.2.2 Category

This test is classified as a routine test.

11.2.3 Number of samples

Each system as a whole shall be tested.

11.2.4 Test and acceptance criteria

For low-voltage FBESs, the insulation resistance test and withstand voltage test shall be performed according to IEC 60364-6.

For FBESs exceeding 1 kV AC or 1,5 kV DC, the withstand voltage test shall be performed according to IEC 61936-1.

11.3 Operational sequence

11.3.1 Requirements

The FBS shall be coordinated with the power conversion system to change its operation mode safely between charging or discharging.

11.3.2 Category

This test is classified as a routine test.

11.3.3 Number of samples

Each system as a whole shall be tested.

11.3.4 Test

This test shall be conducted under the following conditions whereby operating modes are changed as below. Detail testing conditions shall be defined between the system supplier and the user:

- a) stop state to charge state and vice versa,
- b) stop state to discharge state and vice versa,
- c) charge state to discharge state and vice versa,
- d) charge state to the end-of-charge,
- e) discharge to the end-of-discharge.

It is recommended that charge and discharge in the procedure of d) and e) are terminated by the charge termination condition or discharge termination condition, respectively. The end-of-charge or end-of-discharge condition is system specific and has to be specified by the manufacturer for a particular current, voltage or power setting.

11.3.5 Acceptance criteria

The system shall be transferred between operation modes safely. Main components such as circuit-breaker, pumps, valves, indicating lamp and metering shall work according to the design specified between the system supplier and the user.

11.4 Emergency stop

11.4.1 Requirement

The emergency stop shall work safely according to the system design.

11.4.2 Category

This test is classified as a routine test.

11.4.3 Number of samples

All whole systems shall be subjected to this test.

11.4.4 Test

This test shall be conducted under the following conditions:

- a) the sample system is either charging or discharging,
- b) the emergency stop is initiated.

11.4.5 Acceptance criteria

The sample system shall immediately stop safely when the manual emergency stop is used.

11.5 Protection

11.5.1 Requirements

Protection devices shall initiate the emergency shutdown procedure when fault conditions occur.

The FBS shall completely stop safely when fault conditions occur which initiate the emergency shutdown procedure.

11.5.2 Category

This test is classified as a routine test.

11.5.3 Number of samples

All whole systems shall be subjected to this test.

11.5.4 Test

This test shall be conducted under the following conditions:

- a) actual faults or simulated faults activate protection devices,
- b) the following faults are used to trigger emergency shutdowns:
 - grid faults such as overvoltage, undervoltage, overfrequency and underfrequency,
 - FBES system faults such as overvoltage, undervoltage, overcurrent, over-temperature, under-temperature, overpressure, ground faults, fluid leak, control power down.

11.5.5 Acceptance criteria

The FBS shall completely stop in a safe mode when the emergency shutdown procedure is initiated by actual or simulated faults.

11.6 Safety requirement for stacks

The tests of stacks described in Annex B shall be carried out in order to ensure safety.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

Annex A (informative)

Recommended structure of user manual

A.1 General

The user manual is an important document that is designed to provide the user with all relevant information about the system.

Annex A recommends a structure for the user manual which can contain clauses (sections) that address specifications, installation, site preparation, operating instructions, safety guidelines, fault finding and emergency procedures. It is suggested that the manual be in a comprehensive format that includes illustrations, pictures and references to engineering drawings where appropriate.

Annex A is not intended to constrain alternative structures for user manuals. Annex A can be used to check whether the proposed user manual includes those contents which are generally regarded to be necessary.

Clauses A.2 to A.10 specify the recommended structure and contents.

A.2 Table of contents

Contents and page numbers are shown as the table of contents.

A.3 Safety warning

The manufacturer provides a summary of potential safety risks for the flow battery so that the users/operators have a good understanding of all safety instructions prior to operating the system. This is one of the most important sections of the manual.

This clause includes precautionary statements about the restriction of access to the system, such that only trained and qualified personnel may have access to the system.

Although safety warnings are comprehensively provided in this section, independent precautions are also provided to remind users of specific safety matters in the corresponding parts of the manual.

A.4 Introduction

This clause provides a general introduction and an overview of the manual. It includes the purpose and structure of the manual.

A.5 Product description

A.5.1 Overview

This subclause provides a general and brief description of the FBS to help in understanding the user manual.

A.5.2 Technical specifications

This subclause includes details of parameters and additionally the physical dimensions, and weight, environmental transport and operating conditions, and control and monitoring features.

A.5.3 System structure

This subclause shows the configuration of the FBS with illustrations or drawings including electrical diagrams, piping diagrams, and physical dimensions.

Relevant documents and drawings of each component can also be provided as attachments.

A.5.4 Applications

This subclause describes applications of the FBS. It can include a summary of the control principles of those applications.

A.5.5 Operational sequence

The operational sequence of both normal and abnormal operation (e.g. emergency shutdown) is shown here. For example, it includes start, stop, charging or discharging operational sequences.

The information provided clarifies conditions at each step of the operational sequence including but not limited to, breaker ON/OFF, pump ON/OFF, erroneous conditions or other mandatory conditions to proceed with the sequence further.

A.6 Site requirements

A.6.1 Location and load

The floor loading requirements for the battery installation are stated in this subclause including any additional loads that occur during installation, for example cranes or fork lift trucks.

Any requirements for the provision of slope conditions of floors, or secondary containment walls are also included.

If necessary, descriptions and layout diagrams for positioning tanks and other equipment, and requirements for mounting and fixing are stated.

The conditions for fixing and installing enclosures for stacks, pumps, pipework and tanks, if applicable, are also included.

A.6.2 Access and clearance

Specific space requirements are suggested in this subclause to take into account safety and installation, maintenance and cleaning.

A.6.3 Precautionary measures for fluid containment

The manual provides instructions for protective measures against any potential leaks, spillage caused by system failure or external events, taking into account the corrosive, toxic or caustic nature of the fluids.

A.6.4 Ventilation

Flow batteries can generate gases (such as hydrogen, chlorine) or vapour (such as bromine) or aerosols (fluid) during operation. Requirements for ventilation as a result of normal or abnormal operation are provided in this subclause.

A.6.5 Temperature

The safety, performance and life of flow batteries are temperature dependent. The suitable temperature range for operation, transport and storage are stated here.

A.7 Operation

A.7.1 General

This clause provides full detailed instructions for system start up, shutdown, normal operations, as well as how to deal with system alarms if applicable. It includes the following subclauses to make it comprehensive.

A.7.2 Checks before operation

This subclause describes items to be checked and confirmed before operation, such as electrical power.

A.7.3 Energizing and de-energizing the system

This subclause describes procedures of energizing and de-energizing the flow battery system with relevant illustrations or diagrams for visual explanation.

The procedures include, but are not limited to, identification of circuit breakers to be switched on or off, the order of switching on or off of the circuit breakers and indicator status such as light on/off.

The flow battery system can consist of several sets of equipment, and the procedures provide a clear and comprehensive order of energizing or de-energizing different components, such as which one to be energized first.

A.7.4 Valve status

The normal status of all the valves, such as open or closed, is shown in this subclause.

A.7.5 Specific operations

This subclause gives guidance to the user to start or stop specific operations such as scheduled peak-cutting, stabilizing renewable energy.

The procedures include, but are not limited to, control of human machine interfaces, such as a BMS or other equipment, as well as setting parameters and indicator status, in such a way that a clear comprehensive sequence is provided.

The operating procedures for remotely-operated system or data acquisition system, if any, are also provided here.

A.7.6 Notices for operation

Specific recommendations from the manufacturer such as the effect of depth of discharge versus lifetime, operations at low temperature or high temperature, if necessary, are provided in this subclause.

A.8 Alarms and fault finding

This clause provides explanations and the actions/measures to be taken for all system alarms.

It can include corrective actions for each abnormal situation as well as protective measures to be taken prior to any fault-finding activities.

A.9 Maintenance

This clause describes the maintenance plan and procedures. Since the flow battery system consists of various equipment and components, a dedicated clause is required for a comprehensive maintenance plan.

The maintenance plan clarifies items to be covered, procedures and intervals, and can result in such categories as:

- periodical maintenance, for example, daily, weekly and monthly inspections,
- replacement of parts,
- overhaul of equipment.

A.10 Contact information

This clause provides the manufacturer's contact details including the company name, website, hotline, service telephone number, fax and email to allow customers to receive information or request help when needed. Supplementary information, such as declarations or descriptions of licenses, patents and similar information is also included in this clause.

Annex B (normative)

Safety requirements for stacks

B.1 General

Annex B specifies methods and criteria of tests for stacks which shall be applied to verify some of the requirements in Clause 5. Table B.1 shows the list of the tests.

Table B.1 – List of verification tests for stacks for protective measurements

Test	Test category	Test object	Sample number
External short-circuit	Type test	Stack	1
Heat shock strength	Type test	Stack	1
Leakage	Routine test	Stack	All stacks

B.2 External short-circuit of the stack

B.2.1 Requirements

An external short-circuit of the stack shall not cause fire, explosion or electrolyte leakage.

B.2.2 Category

This test is classified as a type test.

B.2.3 Number of samples

One (1) sample shall be tested.

B.2.4 Test

This test shall be conducted as follows:

- a) Keep ambient temperature in the range 20 °C to 25 °C,
- b) Place the sample stack in the system designated for this test,
- c) Charge battery fully and have the fluid circulation system active, i.e. electrolyte flow through the stack,
- d) Connect the positive and negative terminals of the sample stack with a resistive load having a resistance of not more than 20 mΩ until 1) the battery is completely discharged, 2) the integrated protective device has acted, or 3) the battery structure has failed, whichever occurs first.

This test can be destructive and shall be carried out in an appropriate test facility under the supervision of qualified person(s).

NOTE It is assumed that external short-circuit of a stack occurs when metal bars or wires touch a terminal of the stack in the FSB. The electrical resistance of this short-circuit is assumed to be 20 mΩ.

B.2.5 Acceptance criteria

The test is passed if there is no fire, explosion or electrolyte leakage.

B.3 Heat shock strength

B.3.1 Requirements

The stack shall withstand the thermal-induced mechanical stress when the fluid circulation starts.

B.3.2 Category

This test is classified as a type test.

B.3.3 Number of samples

One (1) sample of the stack or the sub-stack shall be tested.

B.3.4 Test

The temperature parameters used in B.3.4 are defined as follows:

$T_{\text{max fluid manufacturer}}$:	maximum fluid temperature specified by the manufacturer,
$T_{\text{min fluid manufacturer}}$:	minimum fluid temperature specified by the manufacturer,
$T_{\text{max ambient manufacturer}}$:	maximum ambient temperature of the stacks specified by the manufacturer,
$T_{\text{min ambient manufacturer}}$:	minimum ambient temperature of the stacks specified by the manufacturer
$T_{\text{max fluid}} = T_{\text{max fluid manufacturer}} + 5\text{ °C}$	
$T_{\text{min fluid}} = T_{\text{min fluid manufacturer}} - 5\text{ °C}$	
$T_{\text{max ambient}} = T_{\text{max ambient manufacturer}} + 5\text{ °C}$	
$T_{\text{min ambient}} = T_{\text{min ambient manufacturer}} - 5\text{ °C}$	

This test shall be conducted as follows:

- expose the sample to whichever is the higher temperature of $T_{\text{max fluid}}$ or $T_{\text{max ambient}}$,
- circulate fluid which is used in the flow battery system with whichever is the lower temperature of $T_{\text{min fluid}}$ or $T_{\text{min ambient}}$ to the sample for 1 h with the maximum inlet pressure which the manufacturer specifies,
- expose the sample to whichever is the lower temperature of $T_{\text{min fluid}}$ or $T_{\text{min ambient}}$ continuously,
- circulate fluid with whichever is the higher temperature of $T_{\text{max fluid}}$ or $T_{\text{max ambient}}$ to the sample for 1 h with maximum inlet pressure which the manufacturer specifies,
- repeat the procedures from a) to d) nine times.

NOTE The heat shock conditions are imposed 10 times in total.

B.3.5 Acceptance criteria

There shall be no visible fluid leakage.

B.4 Leakage of the stack

B.4.1 Requirements

The intended use of the stack shall not cause leakage of the fluids.

B.4.2 Category

This test is classified as a routine test.

Since this test is intended for all the stacks, it may be conducted either on individual stacks or with a group of stacks.

B.4.3 Number of samples

All the stacks shall be tested.

B.4.4 Test

This test shall be conducted as follows:

- a) keep the ambient temperature within the manufacturer's specified temperature range,
- b) circulate the fluids at the manufacturer's specified flow rate,
- c) keep the fluids' temperatures within the manufacturer's specified range of the rated temperature,
- d) apply a fluid pressure of 1,2 times the maximum operating pressure to the inlet of the stack,
- e) maintain the test pressure for at least 1 h, or longer, as necessary, to complete the leak checks, while inspecting all external surfaces of the stack for any signs of leaks.

B.4.5 Acceptance criteria

There shall be no visible fluid leakage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

Bibliography

IEC 60050-482, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60364-5-53, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Devices for protection for safety, isolation, switching, control and monitoring*

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

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation and handling*

IEC 60812, *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)*

IEC 60900, *Live working – Hand tools for use up to 1 000 V AC and 1 500 V DC*

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61660-1, *Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 1: Calculation of short-circuit currents*

IEC 61660-2, *Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 2: Calculation of effects*

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

IEC 62282-3-100, *Fuel cell technologies – Part 3-100: Stationary fuel cell power systems – Safety*

IEC 62282-3-300, *Fuel cell technologies – Part 3-300: Stationary fuel cell power systems – Installation*

IEC 62351 (all parts), *Power systems management and associated information exchange – Data and communications security*

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

IEC 62932-2-1, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 2-1: Performance general requirements and test methods*

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

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

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

CENELEC WORKSHOP AGREEMENT, CWA 50611, *Flow batteries – Guidance on the specification, installation and operation*

United Nations, *Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)*
(available at <http://www.ghs-label.com/>)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	35
INTRODUCTION.....	37
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes, définitions et termes abrégés	39
3.1 Termes et définitions	39
3.2 Termes abrégés.....	39
4 Procédure de l'analyse du risque.....	39
5 Exigences de sécurité et mesures de protection	40
5.1 Généralités	40
5.2 Information sur le risque	40
5.3 Dangers électriques.....	40
5.3.1 Choc électrique	40
5.3.2 Courts-circuits	41
5.3.3 Courants de fuite.....	41
5.4 Dangers liés aux émissions de gaz	42
5.4.1 Généralités.....	42
5.4.2 Gaz nocif.....	42
5.4.3 Ventilation	44
5.4.4 Indication d'avertissement	44
5.4.5 Proximité des émissions	44
5.5 Danger engendré par des liquides.....	44
5.5.1 Généralités.....	44
5.5.2 Détection de la fuite d'électrolyte.....	45
5.5.3 Mesures de protection contre les fuites.....	45
5.5.4 Informations spécifiques	45
5.5.5 Identification du sens d'écoulement des fluides	46
5.6 Dangers d'origine mécanique.....	46
5.7 Dangers et mesures en mode de fonctionnement et mesures de surveillance / protection.....	46
5.7.1 Généralités.....	46
5.7.2 Démarrage	46
5.7.3 Systèmes de télésurveillance et systèmes de commande distants	47
5.7.4 Protection.....	47
5.7.5 Panne d'alimentation auxiliaire	47
6 Instructions.....	47
7 Étiquettes ou marquage d'identification	47
7.1 Informations de plaque(s) signalétique(s).....	47
7.2 Informations et emplacement des étiquettes d'avertissement	48
8 Transport, stockage, mise au rebut et aspects environnementaux	48
8.1 Emballage et transport.....	48
8.2 Démontage, mise au rebut et recyclage	48
9 Contrôle	48
10 Maintenance.....	49
11 Essais de vérification des mesures de protection.....	50

11.1	Généralités	50
11.1.1	Essais	50
11.1.2	Objet en essai	50
11.1.3	Catégorie d'essai	50
11.2	Rigidité diélectrique des parties en contact avec le fluide	50
11.2.1	Exigences	50
11.2.2	Catégorie	50
11.2.3	Nombre d'échantillons	50
11.2.4	Essai et critères d'acceptation	50
11.3	Séquence de fonctionnement	51
11.3.1	Exigences	51
11.3.2	Catégorie	51
11.3.3	Nombre d'échantillons	51
11.3.4	Essai	51
11.3.5	Critères d'acceptation	51
11.4	Arrêt d'urgence	51
11.4.1	Exigence	51
11.4.2	Catégorie	51
11.4.3	Nombre d'échantillons	51
11.4.4	Essai	52
11.4.5	Critères d'acceptation	52
11.5	Protection	52
11.5.1	Exigences	52
11.5.2	Catégorie	52
11.5.3	Nombre d'échantillons	52
11.5.4	Essai	52
11.5.5	Critères d'acceptation	52
11.6	Exigences de sécurité pour les empilages	52
Annexe A	(informative) Sommaire recommandé du manuel d'utilisation	53
A.1	Généralités	53
A.2	Sommaire	53
A.3	Avertissement de sécurité	53
A.4	Introduction	53
A.5	Description du produit	53
A.5.1	Présentation	53
A.5.2	Spécifications techniques	54
A.5.3	Structure du système	54
A.5.4	Applications	54
A.5.5	Séquence de fonctionnement	54
A.6	Exigences pratiques sur site	54
A.6.1	Emplacement et charge	54
A.6.2	Accès et dégagement	54
A.6.3	Mesures de précaution pour le confinement des fluides	54
A.6.4	Ventilation	55
A.6.5	Température	55
A.7	Fonctionnement	55
A.7.1	Généralités	55
A.7.2	Contrôles avant fonctionnement	55
A.7.3	Mise sous tension et hors tension du système	55

A.7.4	État des soupapes	55
A.7.5	Opérations spécifiques	55
A.7.6	Recommandations pour le fonctionnement.....	56
A.8	Alarmes et recherche de pannes.....	56
A.9	Maintenance	56
A.10	Informations de contact.....	56
Annexe B (normative)	Exigences de sécurité pour les empilages	57
B.1	Généralités	57
B.2	Court-circuit externe de l'empilage.....	57
B.2.1	Exigences.....	57
B.2.2	Catégorie.....	57
B.2.3	Nombre d'échantillons	57
B.2.4	Essai	57
B.2.5	Critères d'acceptation	58
B.3	Résistance au choc thermique	58
B.3.1	Exigences.....	58
B.3.2	Catégorie.....	58
B.3.3	Nombre d'échantillons	58
B.3.4	Essai	58
B.3.5	Critères d'acceptation	59
B.4	Fuite de l'empilage.....	59
B.4.1	Exigences.....	59
B.4.2	Catégorie.....	59
B.4.3	Nombre d'échantillons	59
B.4.4	Essai	59
B.4.5	Critères d'acceptation	59
Bibliographie.....		60
Figure 1 – Système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte		37
Tableau 1 – Liste des essais des mesurages de protection.....		50
Tableau B.1 – Liste des essais de vérification des mesurages de protection dans le cas des empilages		57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE À BATTERIES
D'ACCUMULATEURS À CIRCULATION D'ÉLECTROLYTE
POUR LES APPLICATIONS STATIONNAIRES –****Partie 2-2: Exigences de sécurité****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 62932-2-2 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs, en collaboration avec le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

La présente version bilingue (2020-07) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-02.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62932, publiées sous le titre général *Systèmes de production d'énergie à batterie d'accumulateurs à circulation d'électrolyte pour les applications stationnaires*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62932-2-2:2020

INTRODUCTION

Un système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte (FBS – *Flow battery system*) peut être utilisé dans un système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte (FBES – *flow battery energy system*). Un tel FBES peut comporter:

- un système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte,
- un système de conversion de puissance,
- d'autres équipements et auxiliaires.

Le FBES est raccordé à l'entrée/sortie de puissance externe au moyen d'un point de connexion (POC – *point of connection*).

Le présent document couvre le champ d'application du FBES, comme cela est représenté à la Figure 1. L'énergie qui alimente les systèmes auxiliaires tels que le système de gestion de batterie (BMS – *battery management system*), le système de support batterie (BSS – *battery support system*) et le système de conversion de puissance (PCS – *power conversion system*) peut être fournie par l'un des moyens suivants:

- a) une connexion directe à la source de puissance externe;
- b) la source de puissance interne du FBES ou du FBS proprement dit.

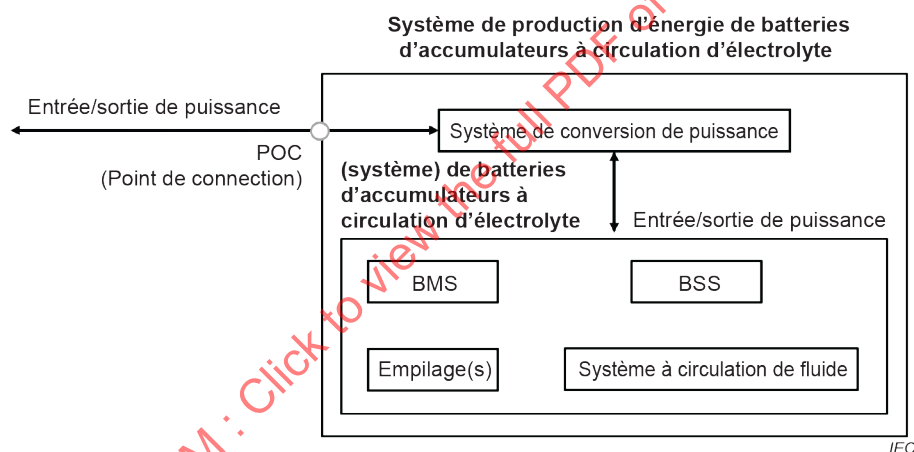


Figure 1 – Système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte

SYSTÈMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE À BATTERIES D'ACCUMULATEURS À CIRCULATION D'ÉLECTROLYTE POUR LES APPLICATIONS STATIONNAIRES –

Partie 2-2: Exigences de sécurité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62932 s'applique aux systèmes de batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte pour les applications stationnaires et à leurs installations avec une tension maximale ne dépassant pas 1 500 V en courant continu conformément à l'IEC 62932-1.

Le présent document définit les exigences et les méthodes d'essai pour la réduction du risque, ainsi que les mesures de protection contre les dangers significatifs, concernant les systèmes de batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte, les personnes, les biens et l'environnement, ou une combinaison de ces facteurs.

Le présent document est applicable aux systèmes de batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte stationnaires destinés à une utilisation commerciale et industrielle à l'intérieur et à l'extérieur dans des emplacements (non classés) non dangereux.

Le présent document couvre les dangers, ainsi que les situations et événements dangereux significatifs, à l'exception de ceux associés à une catastrophe naturelle, concernant les systèmes de batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte, lorsqu'ils sont utilisés tel que prévu et dans les conditions prévues par le fabricant, y compris leur mauvaise utilisation raisonnablement prévisible.

Les exigences décrites dans le présent document ne sont pas destinées à limiter les innovations. La prise en compte des fluides, matériaux, conceptions ou constructions dont le présent document ne traite pas particulièrement évalue ces variantes quant à leur capacité à produire des niveaux de sécurité équivalant à ceux spécifiés dans le présent document.

2 Références normatives

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

IEC 60079-10-1, *Atmosphères explosives – Partie 10-1: Classement des emplacements – Atmosphères explosives gazeuses*

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

IEC 60364-4-43, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-43: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les surintensités*

IEC 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 62485-2:2010, *Exigences de sécurité pour les batteries d'accumulateurs et les installations de batteries – Partie 2: Batteries stationnaires*

IEC 62932-1, *Systèmes de production d'énergie à batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte – Partie 1: Terminologie et aspects généraux*

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

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62932-1 s'appliquent.

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

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

3.2 Termes abrégés

BMS	battery management system (système de gestion de batterie)
BSS	battery support system (système de support batterie)
EES	electrical energy storage (stockage de l'énergie électrique)
FBES	flow battery energy system (système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte)
FBS	flow battery system (système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte)
AMDE	analyse des modes de défaillance et de leurs effets
AAP	analyse par arbre de panne
GHS	global harmonized system (système général harmonisé)
HAZOP	hazard and operability study (études de danger et d'exploitabilité)
FTSS	fiche technique santé-sécurité
PCS	power conversion system (système de conversion de puissance)
POC	point of connection (point de connexion)
FDS	fiche de données de sécurité
ASI	alimentation sans interruption

4 Procédure de l'analyse du risque

Une analyse du risque écrite doit être effectuée sur un FBES pour assurer:

- a) de l'identification de tous les dangers et événements dangereux raisonnablement prévisibles, y compris une mauvaise utilisation raisonnablement prévisible tout au long de la durée de vie prévue;
- b) de l'estimation du risque pour chacun de ces dangers à partir de la combinaison de sa probabilité d'occurrence et de sa gravité prévisible;
- c) de l'élimination ou de la réduction des deux facteurs qui déterminent chacun des risques estimés (probabilité et sévérité), à un niveau ne dépassant pas le niveau de risque acceptable dans toute la mesure du possible selon les principes suivants dans l'ordre indiqué:

- éliminer les dangers ou réduire les risques par des mesures de conception intrinsèques,
- prendre les mesures de protection nécessaires par rapport aux risques qui ne peuvent pas être réduits par des mesures de conception intrinsèques,
- informer les utilisateurs prévus et, le cas échéant, d'autres personnes de l'existence de risques résiduels, indiquer si toute formation particulière est exigée et spécifier toute nécessité de porter des équipements de protection individuelle.

Par exemple, l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), les méthodes d'analyse par arbre de panne (AAP), les études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP), et/ou les Normes internationales suivantes doivent être utilisées comme recommandations:

- IEC 60812;
- IEC 61025.

5 Exigences de sécurité et mesures de protection

5.1 Généralités

Chaque batterie d'accumulateurs ayant une structure différente, seules les caractéristiques critiques ou spécifiques à la batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte doivent par conséquent être prises en considération. Le système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte représenté à la Figure 1 diffère des autres batteries d'accumulateurs, en ce sens qu'il comporte un système de circulation de l'électrolyte. Le système à circulation de fluide est composé de cuves, de pompes, de canalisations, de capteurs et de quelques dispositifs liés à la sécurité.

Du point de vue de la sécurité chimique, dans la mesure où les cuves, canalisations et empilages contiennent le fluide, l'étanchéité est un facteur important. La présence de gaz dangereux étant également possible, la mise en œuvre de contre-mesures appropriées est exigée.

L'Article 5 spécifie les exigences de sécurité et mesures de protection compte tenu des aspects susmentionnés.

5.2 Information sur le risque

Le fabricant doit fournir à l'utilisateur une information sur le risque fondée sur l'analyse du risque afin de décrire les dangers et les mesures appropriées prises ou à prendre à des fins d'atténuation.

Cette information doit inclure une fiche de données de sécurité (FDS).

L'information peut être fournie sous la forme d'un manuel d'utilisation. Voir le sommaire recommandé pour le manuel d'utilisation à l'Annexe A.

5.3 Dangers électriques

5.3.1 Choc électrique

Le FBS est un dispositif de stockage de l'énergie électrique qui comporte des parties actives dangereuses sous tension continue et/ou alternative qui peuvent engendrer un risque de choc électrique. L'électrolyte doit être considéré comme véhiculant des tensions dangereuses.

Les batteries sont des sources de tensions et d'énergie (circulation du courant) dangereuses, également lorsqu'elles ne sont pas raccordées à un circuit de puissance externe. La quantité d'énergie résiduelle dans les batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte, en l'absence de toute circulation d'électrolyte, se limite à la charge stockée dans l'électrolyte restant dans l'empilage proprement dit. Dans tous les cas, des mesures de protection conformes à l'IEC 60364-4-41 doivent être mises en œuvre.

5.3.2 Courts-circuits

L'énergie électrique stockée dans un FBS peut être libérée de manière involontaire et incontrôlée en raison d'un court-circuit des bornes. Compte tenu de son niveau d'énergie considérable et du courant élevé consécutif, la chaleur générée peut produire une fusion de métal, des étincelles, une explosion ou une vaporisation du fluide.

Afin d'éviter les courts-circuits, les dispositifs de protection tels que des flasques isolants, des fusibles et des disjoncteurs, doivent être installés de façon telle qu'un court-circuit ne peut survenir dans aucune condition prévisible. Pour le type de disposition de conducteur des sections non protégées, l'IEC 60364-4-43 doit être prise en considération.

Dans le cas des mesures de protection, le FBS doit atténuer un défaut par court-circuit qui se produit à l'extérieur des empilages par:

- une interruption de l'alimentation en énergie et en fluides des éléments de batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte;
- une interruption du PCS et l'ouverture du ou des disjoncteurs; et
- une interruption de la voie de courant de court-circuit à l'aide de fusibles entre les empilages.

Il est proposé que chaque empilage comporte un fusible de coupure du chemin de court-circuit. L'emplacement spécifique des fusibles et/ou disjoncteurs, ainsi que leur quantité, doivent faire l'objet d'un accord décisionnel entre le fabricant et l'utilisateur du système compte tenu de la protection des éléments et de la sécurité du système.

La sécurité intrinsèque de l'empilage dans les conditions de court-circuit doit être vérifiée selon l'Annexe B.

5.3.3 Courants de fuite

Dans un système dans lequel aucun point d'installation des batteries n'est directement connecté à la terre, les défauts à la terre dans le FBS constituent un problème particulier en raison de la grande quantité de fluide présent dans les pièces pour le cheminement du fluide (pompes, canalisations, empilages, cuves), et les opérateurs du système doivent en être particulièrement informés. Les défauts à la terre peuvent engendrer les risques significatifs suivants:

- électrocution lorsqu'une personne est en contact avec le fluide qui s'écoule (fuite) d'une canalisation, d'accumulateurs et/ou d'autres composants du système hydraulique;

NOTE 1 Dans ce cas, le corps d'une personne devient une partie du circuit du courant de fuite.

- formation d'arcs et incendie en cas de courant de court-circuit provoqué par une fuite de fluide qui s'écoule d'une canalisation, d'accumulateurs et/ou d'autres composants du système hydraulique.

NOTE 2 La criticité de la formation d'arcs et d'un incendie dépend de la conductivité électrique du fluide. En cas de faible conductivité électrique du fluide, le courant de fuite est limité et la sévérité du risque est faible. Cette situation dépend également de la configuration des empilages. Ainsi, le niveau de détection est conçu compte tenu du niveau de courants de fuite dangereux.

Le circuit du FBS doit être correctement isolé des autres parties conductrices locales. La résistance d'isolement minimale entre le circuit de la batterie et les autres parties conductrices locales doit satisfaire aux exigences du 6.4 de l'IEC 62485-2:2010. La résistance d'isolement minimale entre eux doit être supérieure à 100 Ω par volt de la tension nominale du FBS.

L'isolation doit résister aux effets liés à l'environnement tels que la température, l'humidité, la poussière, les gaz, la vapeur et la contrainte mécanique.

Avant d'effectuer un essai, quel qu'il soit, l'absence de tension dangereuse entre la batterie et l'étagère ou l'enceinte associée doit être vérifiée.

La batterie doit être isolée du circuit extérieur avant d'effectuer un essai de détermination de la résistance d'isolement à la terre.

L'isolation doit être vérifiée conformément à la méthode d'essai décrite en 11.2.

Des dispositifs de protection permettant de détecter les défauts de mise à la terre doivent être prévus dans le FBS ou dans le système externe tel qu'un système de conversion de puissance afin de tenir compte d'un dysfonctionnement de l'isolation.

5.4 Dangers liés aux émissions de gaz

5.4.1 Généralités

Les batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte peuvent produire des gaz susceptibles d'être explosifs (hydrogène), toxiques (brome) ou corrosifs, voire qui peuvent affecter l'appareil respiratoire humain. Les quantités de gaz produites dépendent des conditions de fonctionnement du FBS et leur libération dans l'environnement doit être gérée au moyen de dispositifs de sécurité appropriés (par exemple, ventilation, pièges d'absorption, épurateurs, limites de tension).

Généralement, les gaz sont produits dans les empilages et cumulés dans le système. Par exemple, dans le cas du FBS, l'accumulation de gaz s'effectue dans la partie supérieure des cuves.

Étant donné que la génération et l'accumulation de gaz dépendent des caractéristiques et de la construction du FBS individuel, le danger lié aux gaz engendrés dans ledit système présente différents niveaux de risque.

La production d'hydrogène dans un FBS, par exemple, entraîne une augmentation du taux de génération de ce gaz dans la mesure où la charge du FBS s'effectue au-delà de la plage de tensions assignées. La corrélation entre la tension de charge et la génération de gaz ne peut toutefois pas être exprimée par une équation commune, parce que le taux de génération de gaz dépend fortement des caractéristiques des composants d'accumulateurs et des fluides qui peuvent varier entre les fabricants.

Le processus de conception de la batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte doit tenir compte des émissions de gaz et de leur élimination. Il est recommandé d'installer le matériel nécessaire de surveillance des gaz comportant des alarmes et des dispositifs de verrouillage appropriés.

5.4.2 Gaz nocif

5.4.2.1 Gaz explosif

Le niveau de risque des gaz explosifs augmente en cas de cooccurrence des dangers suivants:

- génération et accumulation de gaz combustibles,
- mélange avec l'oxygène,
- présence de sources d'inflammation.

Le FBS doit comporter des mesures de protection contre les dangers susmentionnés y compris, entre autres:

- la génération réduite de gaz combustibles,
- la dilution de gaz combustibles,
- la prévention de toute diffusion de gaz en dehors de leur volume de génération,
- l'élimination des sources d'inflammation,
- la prévention de toute entrée de l'oxygène externe.

5.4.2.2 Gaz toxique

Les risques provoqués par des gaz toxiques augmentent en cas de cooccurrence des dangers suivants:

- génération et accumulation de gaz toxiques,
- accès des personnes au milieu environnant des gaz toxiques.

Le FBS doit comporter des mesures de protection contre les dangers susmentionnés y compris, entre autres:

- l'élimination des gaz toxiques,
- la dilution des gaz toxiques,
- la collecte des gaz toxiques par un épurateur,
- la limitation de l'accès des personnes.

5.4.2.3 Gaz corrosif

Le niveau de risque des gaz corrosifs augmente en cas de cooccurrence des dangers suivants:

- génération et accumulation de gaz corrosifs,
- accès des personnes au milieu environnant des gaz corrosifs.

Le FBS doit comporter des mesures de protection contre les dangers susmentionnés y compris, entre autres:

- la construction du système au moyen d'un matériau anticorrosion,
- l'élimination des gaz corrosifs,
- la dilution des gaz corrosifs,
- la collecte des gaz corrosifs par un épurateur,
- la limitation de l'accès des personnes.

5.4.2.4 Gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain

Il existe des cas de génération et d'accumulation de gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain. Les risques provoqués par des gaz augmentent en cas de cooccurrence des dangers suivants:

- génération et accumulation des gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain,
- accès des personnes au milieu environnant des gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain.

Le système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte doit comporter des mesures de protection contre les dangers susmentionnés y compris, entre autres:

- l'élimination des gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain,
- la dilution des gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain,
- la collecte par un épurateur des gaz qui affectent l'appareil respiratoire humain,

- la limitation de l'accès des personnes.

5.4.3 Ventilation

5.4.3.1 Généralités

Le fabricant doit spécifier les exigences de ventilation applicables au compartiment d'installation du FBS. Cette spécification doit impliquer des indications d'avertissement, une limitation de l'accès du ou des opérateurs, une atténuation des décharges statiques, le nombre de renouvellements de l'air en m³/h, ainsi que les configurations et le sens d'évacuation exigés du flux d'air. Les exigences de sécurité et les procédures dédiées au personnel qui travaille au voisinage du FBS doivent être spécifiées en cas d'installation de celui-ci à l'extérieur. Le fabricant doit fournir des données et une méthode de mesure permettant de déterminer l'évaluation des émissions de gaz. Par ailleurs, les mesures de ventilation doivent être mises en œuvre sur la base de l'IEC 60079-10-1. Il doit être fait référence au débit de ventilation minimal théorique qui permet de diluer les gaz, indiqué dans l'IEC 60079-10-1.

La ventilation est exigée pour vérifier qu'aucun gaz combustible ou nocif n'atteint un niveau de concentration critique. L'exigence de ventilation doit être satisfaite par une des méthodes suivantes ou par leur combinaison:

- ventilation naturelle,
- ventilation forcée par le compartiment ou l'enceinte.

5.4.3.2 Ventilation naturelle

En cas de ventilation naturelle, les compartiments ou enceintes contenant des batteries doivent être équipés d'une entrée et d'une sortie d'air avec une zone d'ouverture libre minimale satisfaisant aux exigences de ventilation.

5.4.3.3 Ventilation forcée

En cas de ventilation forcée, les gaz libérés par le FBS et qui pénètrent dans le compartiment ou l'enceinte doivent être évacués dans l'atmosphère à l'aide d'un système de ventilation, qui peut combiner une ouverture et un ventilateur. Lorsque la ventilation forcée est essentielle pour le fonctionnement en toute sécurité du FBS, un dispositif de verrouillage approprié doit alors empêcher son fonctionnement en cas d'interruption ou de défaillance de ladite ventilation.

5.4.4 Indication d'avertissement

Des indications d'avertissement appropriées qui interdisent les étincelles, de fumer (tabac), les flammes nues et les décharges électrostatiques doivent être disposées à l'entrée de l'emplacement dangereux tel que déterminé conformément à l'IEC 60079-10-1.

5.4.5 Proximité des émissions

La dilution des gaz n'est pas toujours totale à proximité de l'évacuation des gaz libérés ou à la sortie d'une ventilation forcée directe. Une distance de sécurité par rapport à la sortie doit par conséquent être observée. La dispersion des gaz dépend du taux d'émission de gaz et du type de ventilation à proximité de la source d'émission.

5.5 Danger engendré par des liquides

5.5.1 Généralités

L'effet du fluide impliqué dans la fuite du FBS peut être réparti dans les catégories suivantes: toxicité, corrosivité, impacts environnementaux et inflammabilité.

Étant donné que les fluides s'écoulent dans le système hydraulique, une poursuite de la fuite de fluide, en l'absence de toute surveillance ou de toute réduction, est possible si la détection de la fuite et/ou la protection contre celle-ci sont inappropriées. En outre, les fluides qui alimentent les empilages sont stockés en grande quantité dans la cuve commune. Les mesures suivantes constituent les mesures de base contre ce type de dangers et sont plus amplement détaillées de 5.5.2 à 5.5.5:

- assurer l'étanchéité du système hydraulique,
- prendre en compte la résistance à la corrosion dans la conception et le matériau des parties en contact avec l'électrolyte,
- détecter toute fuite et prendre les mesures appropriées,
- éviter toute fuite dans les auxiliaires, et,
- fournir des informations et des marquages concernant le fluide.

5.5.2 Détection de la fuite d'électrolyte

La fuite doit être détectée par des mesures de protection appropriées telles qu'un capteur de fuite. Les fonctions de détection et de protection doivent faire l'objet d'une vérification appropriée selon 11.5.

La détection du fluide doit déclencher les contre-mesures nécessaires, telles que l'arrêt des pompes et la fermeture des soupapes.

5.5.3 Mesures de protection contre les fuites

Il est exigé que le système de production d'énergie à batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte (FBES) comporte un bac de collecte (également appelé bassin de rétention) placé sous les cuves et stable avec les liquides dont le volume est au moins égal à la plus grande dimension de cuve du FBS. Se reporter aux règlements de sécurité locaux pour d'autres mesures de protection ou des mesures de protection complémentaires.

5.5.4 Informations spécifiques

Le fabricant doit fournir des informations concernant les fluides qui décrivent de manière détaillée:

- les mesures de première urgence qui doivent être prises en cas:
 - a) d'exposition et/ou de contamination des personnes par les substances émises par le FBS,
 - b) de contamination de l'environnement par les substances émises par le FBS,
- les équipements de protection individuelle.

Une fiche technique santé-sécurité (FTSS) doit indiquer que l'utilisation de vêtements synthétiques qui peuvent provoquer des décharges électrostatiques n'est pas recommandée dans un emplacement dangereux avec présence de gaz explosifs. Cette fiche doit également indiquer que les équipements de protection individuelle doivent comprendre les vêtements ignifuges et antistatiques.

Les quatre informations suivantes doivent figurer sur chaque cuve:

- contenu et symbole international (système général harmonisé (GHS)) si nécessaire selon la composition chimique,
- volume,
- polarité,
- étiquette d'avertissement dans le cas où la cuve contient des liquides dangereux.

5.5.5 Identification du sens d'écoulement des fluides

La plupart des batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte fonctionnent avec deux fluides distincts dans lesquels les espèces électrochimiquement actives sont dissoutes, suspendues ou présentes sous forme de gaz.

Chaque fluide peut exiger une attention particulière et des méthodes de confinement en cas de déversement ou d'opération de maintenance.

Pour réduire les dangers potentiels au cours d'une intervention sur le système hydraulique, les canalisations de fluide doivent porter le nom du fluide positif ou du fluide négatif clairement identifié par deux couleurs distinctes sur les cuves et sur elles-mêmes, associées à une flèche qui indique la direction du flux dans les canalisations concernées. Des symboles tels que "+" (positif) et "-" (négatif) existent également pour le marquage d'identification.

5.6 Dangers d'origine mécanique

La batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte est un ensemble complexe de composants électriques et de composants transportant un fluide qui hébergent des volumes importants de produits chimiques.

Tous ces éléments structuraux doivent être correctement dimensionnés et soumis à l'essai en prenant en considération la température et la pression dans les conditions spécifiées, les processus de vieillissement des matériaux et les conditions extrêmes de température et de pression.

Une attention particulière doit également être accordée à l'agressivité chimique avérée des fluides qui peuvent provoquer l'accélération de la perte de stabilité mécanique et une perte de section de ces éléments structuraux.

5.7 Dangers et mesures en mode de fonctionnement et mesures de surveillance / protection

5.7.1 Généralités

Lorsque la batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte est conçue pour fonctionner avec un autre équipement en amont et/ou en aval, tel qu'un centre de commande en amont, une interface de signal ou d'autres dispositifs doivent être prévus pour permettre un fonctionnement coordonné y compris un démarrage, un arrêt, un arrêt d'urgence, une charge et une décharge. Une intégration incorrecte peut provoquer un fonctionnement intempestif qui entraîne potentiellement une situation dangereuse.

Des méthodes appropriées doivent permettre de confirmer un fonctionnement coordonné correct. La méthode de vérification doit être conforme à 11.3.

5.7.2 Démarrage

Le FBS doit être démarré uniquement dans le cadre de la condition de démarrage effective en vérifiant que:

- toutes les protections sont en place et fonctionnelles,
- les conditions de sécurité ont été remplies en vue d'un redémarrage après un arrêt,
- les conditions non dangereuses sont vérifiées en vue d'un redémarrage volontaire,
- des dispositifs de verrouillage appropriés sont prévus pour un démarrage séquentiel correct.

5.7.3 Systèmes de télésurveillance et systèmes de commande distants

Un FBS et/ou un FBES qui peuvent être actionnés à distance doivent comporter un commutateur étiqueté local ou un autre dispositif de déconnexion des signaux distants qui peuvent être utilisés alors qu'un opérateur local procède à un contrôle ou effectue une maintenance. La mise en œuvre d'un système de télésurveillance doit être prise en compte afin de vérifier si le système fonctionne en toute sécurité. Les données recueillies automatiquement auprès du FBS ou par une étude du FBES peuvent faciliter l'évaluation de son état général et de la durée de vie restante de ses composants. La surveillance de la modification de capacité ou des variations des paramètres mesurés permet d'effectuer un diagnostic. Ces données peuvent être transmises par un réseau d'information en temps opportun. La cybersécurité est importante non seulement pour la télésurveillance, mais également pour le système connecté à l'Internet. Se reporter à l'IEC 62351 (toutes les parties) pour des recommandations supplémentaires.

5.7.4 Protection

Le FBS et le FBES doivent être équipés de dispositifs de protection appropriés afin de détecter les situations anormales et de déclencher un arrêt d'urgence.

Un essai facultatif de vérification de ce type de fonctions de protection est fourni en 11.5.

5.7.5 Panne d'alimentation auxiliaire

En cas de panne d'alimentation auxiliaire, le FBES doit être conçu de manière à assurer:

- la détection d'une perte de puissance du FBES
- le déclenchement d'une alarme signalant l'état de la situation à la borne désignée,
- le déclenchement d'un arrêt désigné approprié y compris la séparation du POC, et
- l'arrêt des pompes et la fermeture des soupapes désignées.

À titre d'exemple, ce processus peut être facilité par l'intégration d'une ASI destinée à prendre en charge le fonctionnement du BMS et/ou à alimenter le système à partir d'une source d'alimentation sécurisée distincte.

6 Instructions

La batterie et ses sous-systèmes doivent être installés selon les instructions du fabricant.

Les instructions fournies par le fabricant doivent couvrir les schémas de disposition, les matériaux de construction exigés, ainsi que les procédures d'installation et de démarrage afin de satisfaire aux normes et règlements locaux/régionaux.

7 Étiquettes ou marquage d'identification

7.1 Informations de plaque(s) signalétique(s)

La ou les plaques signalétiques/la ou les étiquettes doivent comporter les informations suivantes:

- a) nom du fabricant,
- b) référence du type de fabricant ou de fournisseur,
- c) numéro de série (facultatif),
- d) date de mise en service (facultative),
- e) tension alternative et/ou continue maximale en fonctionnement (V),
- f) courant alternatif et/ou continu maximal en fonctionnement (A),

- g) puissance à courant alternatif et/ou continu assignée en fonctionnement (V),
- h) capacité énergétique assignée (kWh),
- i) poids de transport (kg) (facultatif),
- j) type chimique de la batterie (les matériaux actifs et le solvant doivent être indiqués),
- k) quantité volumique des matières dangereuses.

7.2 Informations et emplacement des étiquettes d'avertissement

Les étiquettes d'avertissement doivent être placées de manière à être visibles, quelle que soit la direction d'approche du FBES avant de pénétrer dans la zone dans laquelle des informations particulières sont souhaitables et/ou des dangers existent.

Les étiquettes/pictogrammes doivent couvrir, conformément à l'ISO 7010, les symboles appropriés pour

- les conditions de sécurité (carré vert),
- la protection contre l'incendie (carré rouge),

et les symboles appropriés obligatoires pour

- les mesures à prendre impérativement (cercle bleu),
- l'avertissement d'un danger (triangle jaune).

La signification de chaque symbole choisi et les informations éventuellement associées doivent être expliquées et/ou incluses dans le manuel d'instruction du FBES.

8 Transport, stockage, mise au rebut et aspects environnementaux

8.1 Emballage et transport

L'emballage et le transport du FBS sont traités dans différents règlements nationaux et internationaux qui prennent par ailleurs en considération les risques de courts-circuits accidentels, de masses élevées et de déversements de fluide.

Des mesures appropriées doivent être prises pour la protection contre les courts-circuits, telles que l'empilage soit vide de fluide ou la batterie soit déchargée jusqu'à 0 V. Les bornes de l'empilage doivent être correctement isolées pour une protection contre les courts-circuits avant transport. De plus, des mesures appropriées de protection contre les fuites avant transport doivent être prises en compte. La conformité avec les règlements de transport régionaux et internationaux doit être assurée.

8.2 Démontage, mise au rebut et recyclage

Le démontage et la mise au rebut d'un FBS doivent être réalisés par du personnel compétent formé. Les règlements nationaux et internationaux applicables doivent être suivis.

9 Contrôle

Pour des raisons de fonctionnement et de sécurité, un contrôle régulier du système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte et de son environnement d'utilisation est exigé.

Le contrôle doit être réalisé conformément aux exigences du fabricant. Ce contrôle doit comprendre une vérification:

- de l'aspect du matériel, par exemple, identification des signes éventuels de dommage physique, tels que des indentations ou toute trace de corrosion,
- des fuites éventuelles provenant des empilages, canalisations, soupapes, pompes ou cuves.
- des bruits anormaux, ainsi que des vibrations et des odeurs anormales provenant du matériel, notamment de l'équipement d'électronique de puissance et des pièces mécaniques telles que les pompes et les ventilateurs.

10 Maintenance

Un plan de maintenance complète doit être préparé étant donné que le FBS est composé de différents équipements et composants.

Le plan de maintenance doit clarifier les éléments à soumettre à maintenance et les procédures et intervalles de maintenance exigés. Il doit également couvrir des éléments tels que:

- une maintenance périodique, par exemple des contrôles quotidiens, hebdomadaires, mensuels et annuels,
- le remplacement des pièces,
- la révision des équipements.

Lors d'une opération de maintenance, le personnel peut travailler à proximité du système de batterie. Le personnel doit avoir la compétence pour effectuer ce type de travaux et doit être formé à toutes les procédures spéciales nécessaires. Afin de réduire le plus possible le risque de blessure ou de lésion, le FBS doit être conçu avec des protections de bornes de batterie qui permettent une maintenance de routine tout en réduisant le plus possible l'exposition aux parties actives par l'application des mesures suivantes:

- une distance minimale de 1,50 m entre les parties actives conductrices de la batterie avec lesquelles l'opérateur peut entrer en contact en même temps et ayant un potentiel supérieur à 120 V en courant continu (tension nominale),
- des dispositifs permettant de diviser le FBS en sections d'une tension inférieure à 1 500 V en courant continu lors de l'utilisation de batteries dont les tensions nominales sont supérieures à 1 500 V en courant continu,
- des porte-fusibles empêchant tout contact avec les parties actives.

Tous les objets personnels métalliques doivent être retirés des mains, des poignets et du cou avant de commencer le travail. Pour les FBS dont la tension nominale est supérieure à 120 V en courant continu, des vêtements de protection isolés et localement des revêtements isolants doivent être exigés pour empêcher que le personnel n'entre en contact avec le sol ou des parties connectées à la terre ou au sol. Les batteries ne doivent être ni connectées ni déconnectées lorsque le courant passe.

NOTE Des retours provenant des chargeurs ou de batteries parallèles peuvent placer les contacts accessibles sous tension en cas de retrait du fusible. Lorsque des fusibles de type à vis sont utilisés, les bornes de sortie de batterie peuvent être connectées au contact inférieur. Les fusibles de type à vis ne peuvent pas être utilisés lorsque les deux bornes restent sous tension après le retrait du fusible, par exemple dans les systèmes de batteries en parallèle. Les batteries peuvent être équipées de fermetures antidéflagrantes (voir l'IEC 60050-482:2004, 482-05-11) pour éviter les explosions internes provoquées par une flamme nue externe ou une étincelle.

11 Essais de vérification des mesures de protection

11.1 Généralités

11.1.1 Essais

L'Article 11 spécifie les méthodes et critères des essais qui doivent être appliqués pour vérifier certaines exigences parmi celles énoncées à l'Article 5. Les exigences spécifiées à l'Article 5 doivent être vérifiées en réalisant les essais conformément aux critères définis à l'Article 11. Les essais sont synthétisés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Liste des essais des mesurages de protection

Essai	Catégorie d'essai	Objet en essai	Nombre d'échantillons
Rigidité diélectrique des systèmes hydrauliques	Essai individuel de série	Système	Système complet
Séquence de fonctionnement	Essai individuel de série	Système	Système complet
Arrêt d'urgence	Essai individuel de série	Système	Système complet
Protection	Essai individuel de série	Système	Système complet
Empilages	Se reporter à l'Annexe B.		

11.1.2 Objet en essai

Les objets en essai possibles sont les suivants:

- composant du système de batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte,
- sous-système,
- système complet.

11.1.3 Catégorie d'essai

Les catégories suivantes s'appliquent:

- essai de type,
- essai individuel de série.

11.2 Rigidité diélectrique des parties en contact avec le fluide

11.2.1 Exigences

Les systèmes à circulation de fluide y compris les cuves et les empilages doivent avoir une rigidité et une résistance diélectriques appropriées pour éviter tout défaut de mise à la terre dans le FBES au niveau duquel le circuit en courant continu n'est pas mis à la terre.

11.2.2 Catégorie

Cet essai est classé comme essai individuel de série.

11.2.3 Nombre d'échantillons

Chaque système dans son ensemble doit être soumis à l'essai.

11.2.4 Essai et critères d'acceptation

Pour les FBES à basse tension, l'essai de résistance d'isolement et l'essai de tension de tenue doivent être effectués conformément à l'IEC 60364-6.