

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical energy storage (EES) systems –
Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems – General
specification**

**Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) –
Partie 5-1: Considérations de sécurité pour les systèmes EES intégrés au
réseau – Spécifications générales**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus de publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical energy storage (EES) systems –
Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems – General
specification**

**Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) –
Partie 5-1: Considérations de sécurité pour les systèmes EES intégrés au
réseau – Spécifications générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.020.30

ISBN 978-2-8322-9374-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	12
4 Basic approach for safety considerations of EES systems	16
5 Hazard considerations for EES systems	17
5.1 Electrical hazards	17
5.2 Mechanical hazards	17
5.3 Energy hazards.....	17
5.3.1 Explosion hazards	17
5.3.2 Hazards arising from electrical, magnetic, and electromagnetic fields	18
5.4 Fire hazards.....	18
5.5 Temperature hazards.....	18
5.6 Chemical hazards	18
5.7 Unsuitable working conditions.....	18
6 EESS risk assessment.....	19
6.1 EESS structure	19
6.1.1 General characteristics	19
6.1.2 Specific characteristics	19
6.2 Description of storage conditions	20
6.2.1 Types of grids, applications and locations.....	20
6.2.2 Vulnerable elements	20
6.2.3 Special provisions for EES systems in generally accessible locations	21
6.2.4 Sources of external aggression.....	21
6.2.5 Unattended operation	21
6.2.6 Unintentional islanding	21
6.3 Risk analysis	21
6.3.1 General	21
6.3.2 Components	22
6.3.3 Risk considerations	22
6.3.4 System level risk analysis.....	23
7 Requirements necessary to reduce risks	24
7.1 General measures to reduce risks.....	24
7.2 Preventive measures against damage to neighbouring inhabitants.....	26
7.3 Safety-related design review	26
7.3.1 General	26
7.3.2 Initial safety design review.....	27
7.3.3 Subsequent design revisions	27
7.4 Preventive measures against damage to workers and other persons at risk	27
7.4.1 Protection from electrical hazards.....	27
7.4.2 Protection from mechanical hazards	30
7.4.3 Protection from high pressure hazards.....	30
7.4.4 Protection from explosive atmosphere hazards	31
7.4.5 Protection from hazards arising from electric, magnetic, and electromagnetic fields.....	32

7.4.6	Protection from fire hazards.....	32
7.4.7	Protection from thermal hazards	33
7.4.8	Protection from chemical hazards	34
7.4.9	Protection from workplace hazards	35
7.4.10	Staff training.....	36
7.5	EESS disconnection and shutdown	36
7.5.1	General	36
7.5.2	Grid-disconnected state	37
7.5.3	Stopped state	38
7.5.4	EESS shutdown.....	38
7.5.5	Partial disconnection	38
7.5.6	Equipment guidelines for emergency shutdown	38
7.6	Cyber security.....	39
7.7	Remote monitoring and unattended operation	39
8	System testing.....	40
8.1	General.....	40
8.2	Validation and testing of EESS – Electrical hazards	42
8.2.1	General	42
8.2.2	Accessibility to hazardous live parts	42
8.2.3	Protection from exposure to moisture and pollution.....	42
8.2.4	Electrical insulation and protection against electrical shock tests	43
8.2.5	Protection against out of normal operation range tests	45
8.2.6	Anti-islanding.....	47
8.3	Validation and testing of EESS – Mechanical hazards.....	47
8.3.1	Enclosure strength against impact	47
8.3.2	Enclosure strength against static force	48
8.3.3	Containment of hazardous moving parts	48
8.3.4	Mounting means and handle robust test.....	48
8.3.5	Impact and vibration during transportation and seismic events	49
8.4	Validation and testing of EESS – Fluid hazards (high or low temperature, high pressure, flammable, corrosive, caustic, or toxic)	49
8.4.1	General	49
8.4.2	Hazardous fluid containing parts strength test	49
8.4.3	Hazardous fluid containing parts leakage test.....	50
8.4.4	Start-to-discharge pressure test.....	51
8.5	Validation and testing of EESS – Explosion and combustible concentrations hazards.....	52
8.5.1	Gas detection and off-gas detection	52
8.5.2	Mechanical ventilation evaluation	52
8.6	Validation and testing of EESS – Hazards arising from electric, magnetic and electromagnetic fields	52
8.7	Validation and testing of EESS – Fire propagation hazards.....	53
8.8	Validation and testing of EESS – Temperature hazards	53
8.8.1	General	53
8.8.2	Containment of hazardous temperature (low or high) fluids.....	53
8.8.3	Temperature under normal operation tests	53
8.9	Validation and testing of EESS – Chemical effects.....	53
8.9.1	Strength tests	53
8.9.2	Leakage tests	53

8.10	Validation and testing of EESS – Hazards arising from the environment	54
8.10.1	General	54
8.10.2	Ingress of moisture	54
8.10.3	Exposure to marine environments	54
8.11	Validation and testing of EESS – Hazards arising from auxiliary, control and communication subsystem malfunctions	54
8.11.1	General	54
8.11.2	Auxiliary system malfunction	55
8.11.3	EES control subsystem malfunction	57
8.11.4	EESS internal communication malfunction	58
8.11.5	EESS external communication malfunction	59
9	Instruction manuals and guidelines	59
9.1	General	59
9.2	Installation manual	60
9.3	Maintenance manual	61
9.3.1	General	61
9.3.2	Personal protective equipment (PPE) guidelines	61
9.4	Operator manual	61
9.5	Emergency procedure manual	62
9.6	First response manual	62
10	Markings and signage	63
10.1	General	63
10.2	Nameplate	63
10.3	Cautionary markings and signage	63
Annex A (informative)	Main risks of different storage technologies	64
A.1	General	64
A.2	Pumped hydro storage	64
A.3	Flywheel	65
A.4	Gravitational EESS	65
A.5	Battery energy storage systems	66
A.6	Hydrogen and synthetic natural gas	66
A.7	Thermal EESS technologies	67
A.8	Other EESS technologies	68
Annex B (informative)	Safety considerations	69
B.1	General	69
B.2	Electrical hazards	69
B.3	Mechanical hazards	70
B.4	Energy hazards	70
B.4.1	Explosion hazards	70
B.4.2	Hazards arising from electrical, magnetic, and electromagnetic fields	71
B.5	Fire hazards	71
B.6	Temperature hazards	72
B.7	Chemical hazards	73
B.8	Unsuitable working conditions	73
Annex C (normative)	Test methods for mechanical EESS using a flywheel accumulation subsystem	74
C.1	General	74
C.2	Purpose	74
C.3	Requirement	74

C.4 Method	74
Annex D (informative) Component safety standards	75
Bibliography	78
Figure 1 – General description of the approach to address hazards in EES systems	17
Figure 2 – Iterative checking sequence in general risk assessment procedures	24
Figure 3 – General risk reduction measures to minimize hazards	25
Figure 4 – Damage propagation from a contained incident to a major incident, and layered measures to minimize damage	25
Figure 5 – Initial safety design review and design revision	27
Figure 6 – Examples of different EESS architectures	37
Figure 7 – EESS architecture in the two main EESS configurations	41
Figure B.1 – Islanding of the EESS	70
Table 1 – EESS characteristics for risk assessment consideration	20
Table 2 – Test parameters for the strength test	50
Table 3 – Test parameters for the leakage test	51
Table A.1 – Main risk scenarios for pumped hydro storage	64
Table A.2 – Main risk scenarios for flywheel	65
Table A.3 – Main risk scenarios for gravitational EESS	66
Table A.4 – Main risk scenarios for hydrogen storage	67
Table A.5 – Main risk scenarios for thermal EESS storage	68
Table D.1 – Examples of component safety standards for use in EESS	75

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-5-1:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL ENERGY STORAGE (EES) SYSTEMS –**Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems –
General specification**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62933-5-1 has been prepared by IEC technical committee TC 120: Electrical Energy Storage (EES) systems. It is an International Standard.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC TS 62933-5-1 published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC TS 62933-5-1:2017:

- a) Revising "should" statements to "shall" statements for all requirements and move some "should" statements clauses to Annex B for informative purposes.
- b) Update standard references (normative).
- c) Update definitions and add or remove definitions where necessary.

- d) Revise criteria in Clause 6 and Clause 7 to be actionable and add standard references where necessary.
- e) Revise Clause 8 for more thorough test method and criteria, add tests where necessary.
- f) Add markings and instruction criteria.
- g) Revise Annex A to add technology safety information on gravitational and thermal EESS.
- h) Add Annex B and Annex C for safety considerations for EESS and test method for mechanical EESS.
- i) Add informative list of standards and update bibliography.

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

Draft	Report on voting
120/368/FDIS	120/377/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 62933 series, published under the general title *Electrical energy storage (EES) systems*, 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 webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Many governments' plans for how electricity will be generated and managed in the future have been determined. Such current plans cannot be implemented without long-term storage with capacities in the large scale range.

There are a number of types of storage technologies that have emerged. Examples of these technologies are pumped hydro storage (PHS), electrochemical batteries, flywheel storage systems and hydrogen and synthetic natural gas (SNG). Pumped hydro storage has been widely used in terms of the total amount of stored energy. A flywheel is a model of kinetic energy storage with a high power density, excellent cycle stability and long life. While some flywheels are intended for short term operation, others can operate over longer periods of time of up to a few hours. Batteries require development primarily to decrease cost, and for some technologies to increase energy density as well. Hydrogen and synthetic natural gas (SNG) added to natural gas are likely to be essential elements of future electric grids because of their energy storage duration and capacity. Hydrogen and SNG should be further researched and developed across a broad front, including physical facilities, interactions with existing uses of gas for supply and distribution network, optimal chemical processes, safety, reliability and efficiency. The IEC White Paper on electrical energy storage can provide further background information concerning EES systems.

For mature EES systems, various IEC standards exist, covering technical features, testing and system integration. For other technologies, there are only a few standards, covering special topics.

Up to now no general standard addressing safety for EESS integration into an electrical grid has been developed.

The rapid growth and the new technologies involved in electrical energy storage in the near future, as well as their installation by consumers will impose particular requirements for safety. At the same time, society and governments will need assurance of safety before the much-needed systems can be deployed.

This document stands as a decisive step towards the gradual alignment with specific technologies and applications concerning the safety of packaged or site-assembled grid-integrated EESS.

Additional criteria specific to electrochemical type electrical energy storage (EES) systems are given in IEC 62933-5-2.

ELECTRICAL ENERGY STORAGE (EES) SYSTEMS –

Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems – General specification

1 Scope

This part of IEC 62933 specifies safety considerations (e.g. hazards identification, risk assessment, risk mitigation) applicable to EES systems integrated with the electrical grid.

This document provides criteria to enable the safe application and use of electrical energy storage systems of any type or size intended for grid-integrated applications.

This document can be applied to all EESS technologies, but for requirements specific to electrochemical EES systems, reference is also made to IEC 62933-5-2.

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 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60079-2:2014, *Explosive atmospheres – Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure "p"*

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

IEC 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017

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

IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-6:2016, *Low voltage electrical installations – Part 6: Verification*

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

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

IEC 60730-1:2020, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*

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

IEC 60947-5-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 61000-1-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-2: General – Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena*

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

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

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for equipment in residential environments*

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

IEC 61000-6-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for equipment used in power station and substation environment*

IEC 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations*

IEC TR 61340-1, *Electrostatics – Part 1: Electrostatic phenomena – Principles and measurements*

IEC 61439-1, *Low voltage switchgear and control gear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511 (all parts), *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC – Part 1: AC*

IEC TS 61936-2, *Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC – Part 2: DC*

IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related control systems*

IEC 62109-1, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

IEC 62109-2, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters*

IEC 62116:2014, *Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62443-3-3, *Industrial communication networks – Network and system security – Part 3-3: System security requirements and security levels*

IEC 62477-1:2022, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

IEC 62477-2, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC*

IEC 62689-2, *Current and voltage sensors or detectors, to be used for fault passage indication purposes – Part 2: System aspects*

IEC 62909-1, *Bi-directional grid-connected power converters – Part 1: General requirements*

IEC 62909-2, *Bi-directional grid-connected power converters – Part 2: Interface of GCPC and distributed energy resources*

IEC 62933-1, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 1: Vocabulary*

IEC 62933-5-2, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-2: Safety requirements for grid-integrated EES systems – Electrochemical-based systems*

ISO 1182, *Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test*

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

ISO 12100:2010, *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*

ISO 13849 (all parts), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

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

ASME B31.1, *ASME B31 Code for Pressure Piping, Section 1: Power Piping*

ASME B31.3, *ASME B31 Code for Pressure Piping, Section 3: Process piping*

IEEE Std 1547.1-2020, *Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Energy Resources with Electric Power Systems and Associated Interfaces*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62933-1 and the following apply.

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

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

3.1

access to EESS

3.1.1

restricted access area

area to which only skilled persons with the proper authorization have access

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-04-04, modified – the words "electrically" and "and electrically instructed persons" have been removed.]

3.1.2

unrestricted access area

area that is not a restricted access area

3.2

operation status

3.2.1

commissioning

activities undertaken to prepare a system or product prior to demonstrating that it meets its specified requirements

[SOURCE: IEC 60050-821:2017, 821-12-09]

3.2.2

decommissioning

administrative and technical actions taken to allow the removal of some or all of the EESS regulatory controls from a facility

Note 1 to entry: These actions can include the processes of discharging and dismantling.

[SOURCE: IEC 60050-395: 2014, 395-08-28, modified – the term "regulatory controls" is replaced with "EESS" and the term "decontamination" with "discharging"]

3.3

EESS

3.3.1

hybrid EESS

EESS that incorporates multiple storage technologies into one system

EXAMPLE: Hybrid EESS that incorporates batteries and electric double layer capacitors in one EESS.

3.3.2

multi-part EESS

electrical energy storage system consisting of assemblies or equipment interconnected in the field to comprise a complete system

3.4

electrical installation

assembly of electrical equipment which is used for the generation, transmission, conversion, distribution and/or use of electric energy

Note 1 to entry: The electrical installation includes energy sources such as batteries, capacitors and all other sources of stored electric energy.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-26-01]

3.5

energized, adj.

live, adj.

at an electric potential different from that of earth at the worksite and which presents an electrical hazard

Note 1 to entry: A part is energized when it is electrically connected to a source of electric energy. It can also be energized when it is electrically charged and/or under the influence of an electric or magnetic field.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-08]

3.5.1

hazardous live part

live part that, under certain conditions, can give a harmful electric shock

Note 1 to entry: A hazardous voltage can be present on the accessible surface of solid insulation. In such a case, this surface is considered to be a hazardous live part.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05]

3.6

harm

physical injury or damage to persons, property, and livestock

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-01]

3.7

hazard

potential source of harm

Note 1 to entry: In English, the term "hazard" can be qualified in order to define the origin of the hazard or the nature of the expected harm (e.g. "electric shock hazard", "crushing hazard", "cutting hazard", "toxic hazard", "fire hazard", "drowning hazard").

Note 2 to entry: In French, the synonym "risque" is used together with a qualifier or a complement to define the origin of the hazard or the nature of the expected harm (e.g. "risque de choc électrique", "risque d'écrasement", "risque de coupure", "risque toxique", "risque d'incendie", "risque de noyade").

Note 3 to entry: In French, the term "risque" also denotes the combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm, in English "risk" (see 3.9).

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-02]

3.8

major incident

event or situation resulting from uncontrolled developments in the course of the operation of the EESS and leading to serious harm to human health or the environment, immediate or delayed, inside or outside the establishment, which requires special arrangements to be implemented by one or more emergency responder agency

3.9 protective measures and safeguards

3.9.1 personal protective equipment PPE

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

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-23-01, modified – “or held” has been added to the definition.]

3.9.2 protective measure

measure intended to achieve adequate risk reduction, implemented by the designer (inherent design, safeguarding and complementary protective measures, information for use) and by the user (organization: safe working procedures, supervision, training; permit-to-work systems; provision and use of additional safeguards; use of personal protective equipment)

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-17]

3.10 risk

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

Note 1 to entry: In French, the term "risque" also denotes the potential source of harm, in English "hazard" (see 3.7).

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-07]

3.10.1 tolerable risk

risk which is accepted in a given context based on the current values of society

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-12]

3.11 risk and hazard analysis

3.11.1 failure mode

manner in which failure occurs

Note 1 to entry: A failure mode may be defined by the function lost or other state transition that occurred.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-03-17]

3.11.2 failure modes and fault tree analysis FMEA

qualitative method of analysis that involves the study of possible failure modes and faults in sub items, and their effects at various system and subsystem levels

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-05, modified – the term “indenture” has been replaced with “system and subsystem” and the note has been removed.]

3.11.3**failure modes, effects and criticality analysis****FMECA**

quantitative or qualitative method of analysis that involves failure modes and effects analysis together with a consideration of the probability of the failure mode occurrence and the severity of the effects

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-06, modified – the note has been removed.]

3.11.4**fault tree analysis****FTA**

deductive analysis using fault trees

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-08]

3.11.5**hazard and operability studies****HAZOP studies**

structured and systematic technique for examining a defined system with the objective of identifying potential hazards in the system and identifying potential operability problems with the system and, in particular, identifying causes of operational disturbances and production deviations likely to lead to non-conforming products

Note 1 to entry: The hazards involved can include both those essentially relevant only to the immediate area of the system and those with a much wider sphere of influence, for example some environmental hazards

3.11.6**risk analysis**

systematic use of available information to identify hazards and to estimate the risk

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-08]

3.11.7**risk assessment**

overall process comprising a risk analysis and a risk evaluation

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-10]

3.11.8**risk evaluation**

procedure based on the risk analysis to determine whether the tolerable risk has been achieved

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-09]

3.12**reasonably foreseeable misuse**

use of a product, process or service in a way not intended by the supplier, but which can result from readily predictable human behaviour

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-14]

3.13

safety-related system

designated control system that implements the required safety functions necessary to achieve or maintain a safe state for the EESS; and is intended to achieve, on its own or with other risk reduction measures, the necessary risk reduction in order to meet the required tolerable risk

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.1, modified – revise “EUC” to “EESS”, delete “other E/E/PE safety-related systems and”, revise “the necessary safety integrity for the required safety functions” to “the necessary risk reduction in order to meet the required tolerable risk”.]

3.14

shutdown

transitional state of an EESS from operational state (either charging from the grid or output power to the grid) to standstill or idling state

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-09, modified – revise “a wind turbine between power production and” to “an EESS from operational state (either charging from the grid or output power to the grid) to”.]

3.14.1

emergency shutdown

rapid shutdown of EESS triggered by a protection system or by manual intervention to avoid equipment damage, or personnel hazards or both

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-11, modified – revise “the wind turbine” to “EESS”, and add “intervention to avoid equipment damage, or personnel hazards or both”.]

3.14.2

normal shutdown

shutdown of EESS in which all stages of the shutdown are under the control of the control system

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-10, modified – add “of EESS”]

3.15

skilled person

qualified person

person with relevant education, training, knowledge and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid danger which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-26-11]

4 Basic approach for safety considerations of EES systems

The approach taken in this document is shown in Figure 1. The first aspect covered in Clause 5 is the identification of the different hazards associated with an EESS based on its system type, location, size and how it can impact or be impacted by its surroundings. The second aspect, covered in Clause 6 is the conduct of a risk assessment that is determined based upon considerations identified in Clause 5, according to operational use. The third aspect covered in Clause 7 deals with the measures to implement to reduce the risk based on the assessment conducted under Clause 6.

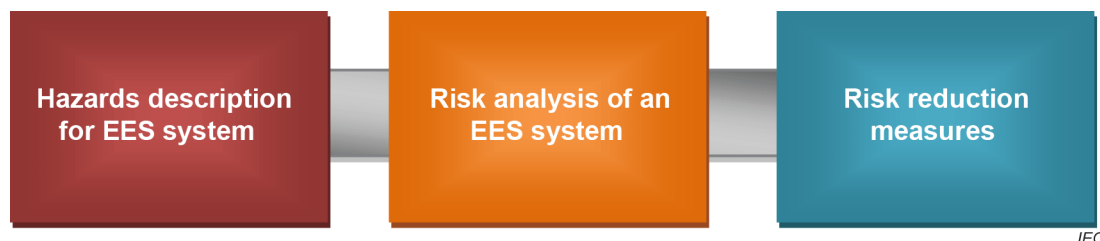


Figure 1 – General description of the approach to address hazards in EES systems

5 Hazard considerations for EES systems

5.1 Electrical hazards

EES systems that contain hazardous voltage levels can pose an electric shock hazard to persons. Voltage limits above 30 V AC RMS/42,4 V AC peak or 60 V DC are considered hazardous voltage.

NOTE 1 In IEC 62477-1 DVC As levels are 30 V AC RMS/42,4 V AC peak or 60 V DC for dry condition. Voltages above these levels are considered as hazardous voltage.

Arc flash boundaries shall be determined to establish appropriate levels of personal protective equipment for workers involved in maintenance and other actions on energized equipment. The arc flash boundary shall be the distance at which the incident energy equals 5 J/cm².

NOTE 2 NFPA 70E provides guidance on worker electrical safety including electric shock and arc flash hazards associated with work on electrically live parts. The arc flash boundary of 5 J/cm² is noted in this document.

The EESS shall also be evaluated for potential hazards due to static electricity, which can lead to hazardous conditions especially within areas of flammable or explosive concentrations of gases or dust.

Electric hazards can also arise from inappropriate electric firefighting procedures. Emergency response guidelines for the EESS shall address appropriate firefighting procedures applicable to that EESS technology.

5.2 Mechanical hazards

Moving parts that present potentially hazardous kinetic energy shall be enclosed or contained to prevent exposure to the moving parts during operation or as a result of a fault in the system, such as worn bearings, loss of vacuum, overspeed conditions, and damaged or blocked rotors.

Parts containing hazardous pressure shall have sufficient strength to safely withstand those pressures. Local regulations for design of parts containing hazardous pressure can apply. Pressure relief devices shall be provided to prevent an overpressure condition.

5.3 Energy hazards

5.3.1 Explosion hazards

Explosions endanger the lives and health of those exposed as a result of the uncontrolled effects of flame and pressure, the presence of noxious reaction products, the discharge of shrapnels, and the consumption of oxygen in the ambient air.

The hazardous risk assessment of the EESS shall determine if there is a potential for an explosion hazard from the EESS during normal and abuse conditions.

5.3.2 Hazards arising from electrical, magnetic, and electromagnetic fields

Exposure to radio frequency energy of sufficient intensity at frequencies between 3 kHz and 300 GHz that can adversely affect personnel working around the EESS shall be prevented.

Risks caused by radioactive substances (radiation and ingestion) are out of the scope of this document.

5.4 Fire hazards

It shall be determined whether combustible materials exist or can exist in the EESS, and in what quantity and distribution.

In assessing the fire hazard, the existence and quantity of fire supporting substances, for example oxygen producing substances, and the potential for their occurrence shall be determined.

Ignition sources, for example hot wires, electrical arcs, friction between moving parts (see Annex B for more information of ignition sources), that exist in EESS or in the vicinity of the EESS or that can occur under some circumstances shall be determined.

5.5 Temperature hazards

EESS shall be designed to prevent inadvertent exposure of persons to hot or cold parts or fluids that can result in an injury.

Emergency response guidelines shall provide instructions to avoid the potential for exposure to excessive heat or hot smoke.

5.6 Chemical hazards

The EESS can contain chemicals that are hazardous to persons if they are exposed to these chemicals. Chemical hazards associated with the EESS shall be identified.

5.7 Unsuitable working conditions

All EES systems shall be arranged to facilitate access to and egress from the area in which the system is installed or enclosed to prevent persons from becoming trapped. Working space and conditions shall be adapted to prevent the risk of musculoskeletal disorders (MSD) injury (see Annex B) which depends on work positions and postures, how often the task is performed, the level of required effort and how long the task lasts.

When evaluating working space for electrical installation and maintenance work, there shall be sufficient space to safely work on the system without the risk of electrical hazards to personnel performing the installation or maintenance. Local regulations can apply.

NOTE 1 Article 110 of NFPA 70:2023 has specific criteria for safe electric working space that are voltage dependent.

Noise from the EESS shall be within specified limits of safety by protective measures including warning markings, and the wearing of hearing protection shall be implemented as determined necessary based upon the limits of the installation. Local regulations can apply.

NOTE 2 Examples of limits imposed in the workplace are: the NIOSH sound level limit for 8 h exposure is 85 dB; the EU sound level limit for 8 h exposure is 87 dB; the OSHA sound level limit for 8 h exposure is 90 dB.

The EESS shall not have sharp edges that can cause a physical injury to personnel.

6 EESS risk assessment

6.1 EESS structure

6.1.1 General characteristics

A risk assessment that includes measures for risk reduction shall be conducted on the EESS. The principles and methodology of ISO 12100 can be used for the risk assessment. IEC/ISO 31010 documents many different techniques that can be used for the risk assessment and provides guidance on their applicability as well as the applicable reference documents for each technique.

NOTE 1 This document covers gravity energy storage systems, which can be considered as a machine. For other EESS, ISO 12100 can also be used as a reference standard for risk assessment.

NOTE 2 Some of the methods covered in IEC/ISO 31010 include primary hazard analysis, structured what if technique (SWIFT), failure modes and effects analysis (FMEA), failure modes, effects and criticality analysis (FMECA), hazard and operability studies (HAZOP studies) and fault tree analysis (FTA).

NOTE 3 In many cases, for example for V-L type EESS that are connected to LV grid with limited power and energy, a risk assessment based on a risk analysis limited to single-fault conditions will be sufficient. In other cases, for example for V-H type EESS that are connected to HV grid with high power and energy, in order to provide a comprehensive evaluation of specific and overall aspects of the EESS and the surrounding environment, if a risk assessment based on a risk analysis limited to single-fault condition is insufficient, a double-fault analysis can be done.

To conduct the risk assessment, a description of the EESS is required. The following general characteristics shall be noted:

- type, power, energy, rated life according to calendar or cycling ageing (guaranteed lifetime, number of cycles),
- application type,
- hazardous materials contained (formulas, physical state, quantities, safety data sheets),
- general functions, safety and security functions, programming functions,
- self-test functions, remote control, staff presence,
- auxiliary devices included in the system,
- measures taken to ensure the design safety and the reliability of the system,
- measures available to mitigate the risks,
- operating parameters,
- known hazards associated with any components of the EESS,
- instructions for use and maintenance.

6.1.2 Specific characteristics

Table 1 lists specific characteristics that shall be considered during the risk assessment.

Table 1 – EESS characteristics for risk assessment consideration

Type of EESS ^a	Grid connection type	Application	Location	Voltage at point of connection
mechanical – pumped hydro (PHS) – compressed air (CAES) – flywheel (FES) – gravitational (GES)	– transmission grids – distribution grids – commercial grids – industrial grids – residential grids – islanded grids	– peak shaving (long duration application)	– residential including group of households	V-L: ≤ 1 000 V AC or ≤ 1 500 V DC V-H: >1 000 V AC or > 1 500 V DC
electrochemical – secondary batteries – flow batteries – supercapacitors (generally combined with batteries in a hybrid EES)		– load levelling (long duration application)	– commercial and public access buildings	
thermal – latent heat storage – sensible heat storage – thermochemical storage (adsorption and absorption)		– frequency regulation (short duration application)	– industrial	
chemical – hydrogen		– stabilizing renewable energy (short duration application)	– utility	
		– backup power	– outdoor enclosed or unenclosed, or both	
		– combined applications (multiple use applications)	– indoor enclosed or unenclosed, or both	
			– underground	
^a Annex A gives a short description of the main risks of different mechanical, electrochemical and chemical storage technologies. Some EESS can be a combination of the different types of technologies in one system as a type of hybrid system.				

6.2 Description of storage conditions

6.2.1 Types of grids, applications and locations

Refer to Table 1 for types of grids, for EESS applications and locations that will impact the risk assessment.

6.2.2 Vulnerable elements

To assess the severity of a potential accident or incident, it is essential to clearly identify the elements of the environment that could be affected. Generally, the following elements shall be considered:

- people (e.g. site staff concerned, resident populations or people working around the site, including number, time of presence, distance from the plant and type of persons and their limitations);
- facilities and equipment not directly in the field of study;
- essential safety equipment;
- devices relying on the EESS;
- properties and structures;
- natural environment (e.g. groundwater, rivers, soil, atmosphere, wind direction, seismic levels, lightning levels, and altitude).

6.2.3 Special provisions for EES systems in generally accessible locations

The design of the EESS shall ensure that unauthorized persons (e.g. general public) cannot access any dangerous parts or system controls.

EESS connected to residential grids or in applications where there can be vehicle access shall be provided with protection to prevent damage from inadvertent impact from vehicles, such as located in garages or near roadways.

If EESS are located within residences, local planning and building code criteria can apply for EES systems.

Use of EES systems in residential grids can limit some technologies, where hazards cannot be sufficiently mitigated in a residential setting.

6.2.4 Sources of external aggression

Some sources of aggression shall be identified:

- on site sources: other facilities and hazardous equipment, vehicles and other moving objects, work, utility losses, malicious acts;
- natural sources: extreme weather conditions (frost, wind, snow, fog, etc), landslides and earthquakes, lightning, flooding with fresh or salt water, and damage from vermin.

6.2.5 Unattended operation

An EESS designed for unattended operation can be exposed to a variety of external aggressions and internal trouble during its use. In such operating conditions, it is possible that potentially alerting signs of fault conditions such as unusual vibrations, sounds or odours generated from the EESS, cannot be detected on site due to lack of operating staff or nearby inhabitants. A remote monitoring system can send a fault signal to the operator control station. The operator takes the necessary actions remotely, and the operating signals are delivered to the system. Both the risks associated with wrong signals back and forth and the risks associated with human errors shall be considered.

6.2.6 Unintentional islanding

Unintentional islanding is an unwanted condition of part of the power system, with respect to which the grid connection rules normally specify protection measures. See Annex B for more information of unintentional islanding.

Unless designed for intentional islanding, measures shall be taken to prevent the islanding operation by detecting it directly or indirectly using the protection relay or other methods and swiftly disconnecting the EESS from the distributing network.

6.3 Risk analysis

6.3.1 General

During the risk assessment, the impact of the hazards shall be considered for all stages of the life cycle (design and planning, transport, installation, commissioning, operation, maintenance and repair, and end of service life and decommissioning).

Furthermore, the total energy stored in the EESS and the potentially exposed population in the area shall be considered.

6.3.2 Components

All EESS components such as power conversion subsystems, generators, hydro turbines and pumps, energy storage devices (battery, flywheel, etc.), transformers, system controllers, breakers, fuses, wiring, filters, tanks, pipes, blowers, control power sources, etc., shall be designed, manufactured and tested based on relevant standards for their safety compliance and used within their specifications. See Annex D for a list of potential EESS component safety standards. The connections between components, such as main circuit connections, control signal wiring, communication signal wiring, pipes, control power lines, fasteners to buildings, trenches, etc., shall be suitable for use in the EESS and reliably secured to prevent loosening or disconnection and potential hazards due to loosening or disconnection over the life of the EESS.

The combination of EESS components shall not be assumed as safe when installed in the system, and therefore a risk assessment due to the integration of the various components is necessary. In particular, the risk of incompatibility of some components resulting from the integration shall be assessed by appropriate risk assessment methods.

Hybridization of EES combining several energy storage subsystems shall be given special consideration regarding their safe operation. All energy storage subsystems shall be analysed under all operating conditions (e.g.: the 'stand-by' status of one subsystem of such an EES shall not preclude any state-of-safety consideration and safety-focused monitoring of this stand-by subsystem.)

6.3.3 Risk considerations

6.3.3.1 General

The risk assessment of the EESS shall include, but not be limited to, the risk considerations in 6.3.3.2 to 6.3.3.9. Provisions to reduce these risks are given in Clause 7.

Significant failure of some EES systems can result in fire, explosion, or hazardous chemicals release. In addition, shrapnel could be expelled during an explosion. Such hazards can cause serious injury or death. Consideration of these serious hazard risks is necessary for the appropriate design of the EESS. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.2 Insufficient safety policies

Safety policies shall be in place to minimize hazards due to foreseeable human error, improper design or installation, insufficient inspection or maintenance, and inadequate training and signage. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.3 Ineffective warnings, protection mechanisms and procedures for incident response

Ineffective warnings, protection mechanisms and procedures for extinguishing fires, ineffective evacuation plans, route and procedures can magnify fire, explosion and chemical hazards and risks. The EESS risk assessment shall review for these hazards.

6.3.3.4 Ineffective access control

Ineffective access control or lack of access control or unsafe access provisions (e.g. lack of space for maintenance operations), inadequate design, size of emergency exits or other shortcomings of protection can trigger special causes of hazards. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.5 Ineffective protection coordination

Ineffective protection coordination can possibly cause a fire or electric hazards. For example, when the protection device cannot interrupt high current in case of accidental short circuit, some parts of the system can become overheated and fire can result. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.6 Ineffective malfunction detection

The absence or ineffective operation of malfunction detection can give rise to electrical hazards, mechanical hazards, explosion, fire, etc. For example, when an electrical fault gives rise to leakage or earth fault current and is not detected, electric shock hazards can result. When the malfunction is not detected, the EESS might be operable beyond the safety limit. Explosion or fire can result. The EESS risk assessment shall review these hazards, at the level of their elementary subsystem and overall operation.

6.3.3.7 System control malfunction

System control malfunction and operation beyond the safety limit of the EESS can cause electrical hazards, mechanical hazards, explosion, fire, etc. System control malfunction and operation beyond the safety limits of the EESS can possibly be caused by lost external communication, communication lost between equipment, short or open circuiting of the control signal line, control signal error, malfunction of equipment, control power lost, etc. When large amounts of energy, material or chemical quantities, stored in the EESS are released, an explosion, fire, dispersion of chemicals, flooding or other severe damage can result. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.8 Auxiliary subsystem malfunction

Auxiliary subsystem malfunctions can cause various hazards such as temperature hazards, chemical hazards, explosion hazards and fire hazards. For example, an air conditioner malfunction can cause the operating temperature of some components to be exceeded. A ventilation malfunction can cause chemical poisoning or a combustible concentration. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.3.9 Improper working environment, conditions, and equipment

Improper working environment, conditions and equipment can cause many hazards. The EESS shall be designed and constructed to ensure that it is suitable for the environment in which it is to be used. Factors such as humidity, temperature, altitudes, and flooding amongst many others shall be addressed in the design criteria. The EESS risk assessment shall review these hazards.

6.3.4 System level risk analysis

6.3.4.1 General

One key action to keep an EESS safe is to use analysis techniques for system reliability such as the procedures outlined in IEC/ISO 31010.

The result of risk analysis shall be documented and the study shall be kept available for the organizations responsible for operating, monitoring and supervising the EESS. The risk analysis shall identify those components and parts of the system that provide a safety function. Where there is reliance on electric, electronic and software controls for critical safety, these controls shall be subjected to analysis for functional safety. One of the following standards as applicable to the system, shall be used for this analysis:

- IEC 61508 series,
- IEC 61511 series,
- ISO 13849 series,

- IEC 60730-1: 2020, Annex H,
- IEC 62061, or
- other suitable functional safety standard for the application shall be used.

6.3.4.2 Cyber security

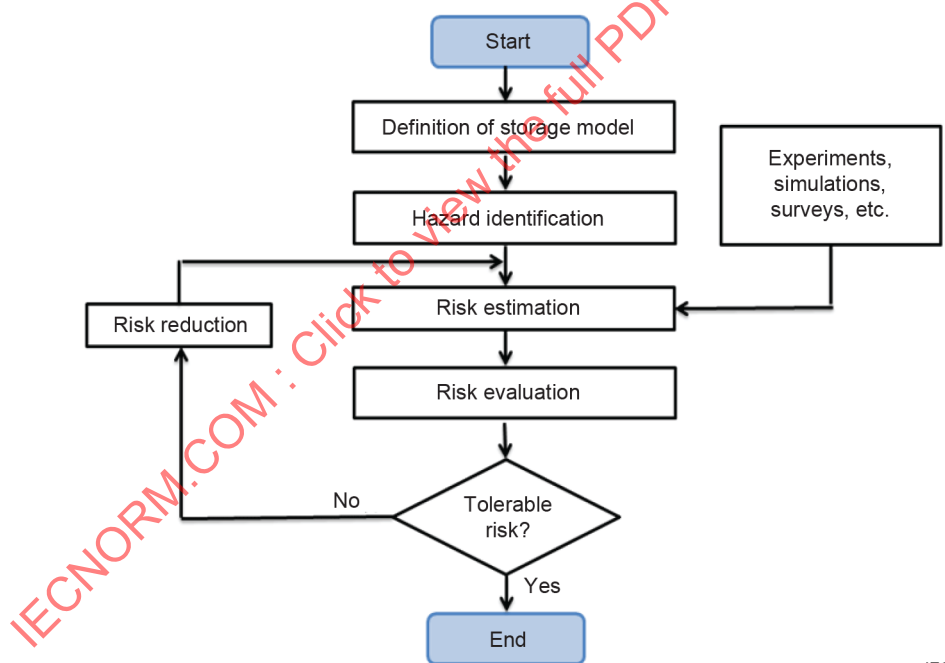
As part of the risk analysis, cyber security shall be a focal point, including risks associated with communication lines.

7 Requirements necessary to reduce risks

7.1 General measures to reduce risks

As a result of the system level risk analysis, the necessary prevention and protection measures shall be taken to prevent accidents and limit their consequences. This means that for all the scenarios for which the probability or the severity of consequences, or both, leads to an intolerable risk, measures of risk reduction shall be proposed in accordance with Figure 2 using the methods in accordance with Clause 6.

The manufacturer shall determine the specific risk methodologies for the analysis type used and how they meet the criteria. Persons involved with conducting the risk analysis shall have the necessary competence to conduct the analysis.



IEC

Figure 2 – Iterative checking sequence in general risk assessment procedures

The scenarios considered in the risk analysis shall include catastrophic external effects on the system from both severe natural disasters and negative social or human impact. Natural disasters include all kinds of natural disasters, some of which are seasonal and some of which come with little forewarning such as an earthquake, flooding and a tsunami. Negative social or human impact includes human errors, sabotage by person(s), social turmoil, terrorism and cyberattacks.

Preventive measures to be used depend on the location of the system, but measures shall be identified even for rare external events that can have significant impact on the EESS. Preventive measures to be identified here are the measures to avoid the impact, to minimize the system damage and to mitigate catastrophic system damage.

In spite of the preventive measures, partial damage can take place, and measures to suppress the propagation of the damage shall be immediately taken. Proven firefighting, internal propagation reduction means, emergency fire extinguishers and emergency shutdown are also part of this prevention. Further call-up of the emergency incident responders is included depending upon the level of damage.

Figure 3 indicates general risk reduction measures for an EESS. When a hazardous incident occurs, measures to control the propagation of the damage shall be considered in the layers of prevention and mitigation. Additionally, plant emergency response procedures and area emergency response procedures shall be planned and prepared in advance to minimize the magnitude of the hazard.

Figure 4 indicates damage propagation from an incident to hazards, and layered measures to minimize damage. A minor incident such as external impact, hardware or software and system malfunction, and reasonably foreseeable misuse, can cause partial damage to the system. If the partial damage propagates to a wider area of the system, a more severe accident can happen. The necessity of layered measures to control the damage propagation shall be considered apart from the normal control and monitoring.

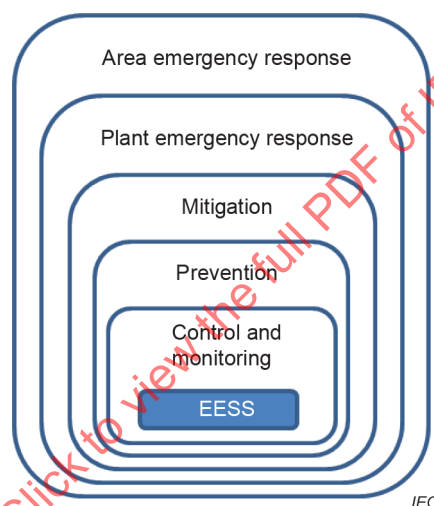


Figure 3 – General risk reduction measures to minimize hazards

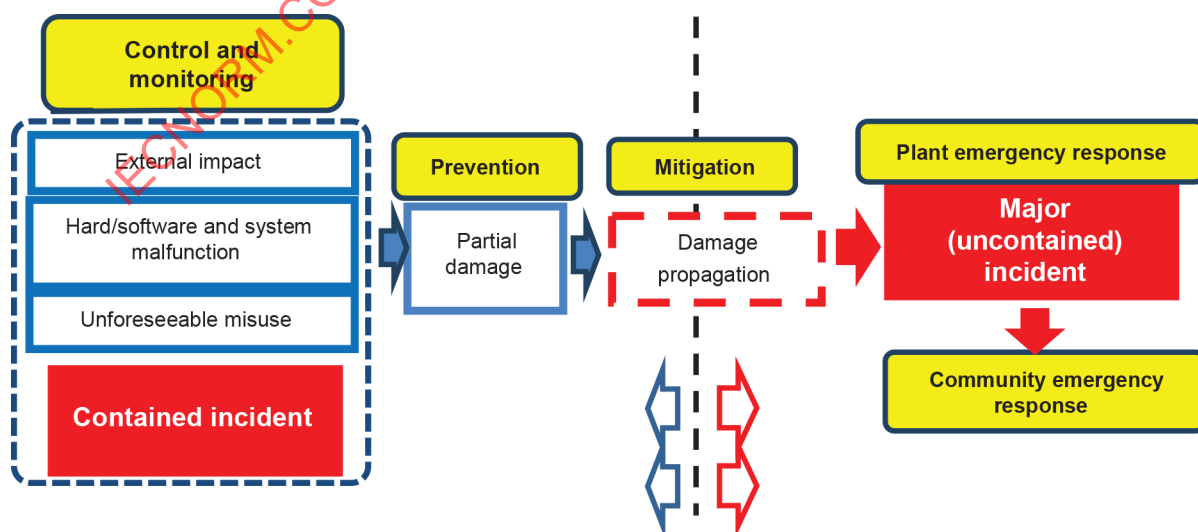


Figure 4 – Damage propagation from a contained incident to a major incident, and layered measures to minimize damage

7.2 Preventive measures against damage to neighbouring inhabitants

Attention shall be paid to accidental phenomena causing a major incident likely to affect neighbouring inhabitants and environment. The detailed credible events shall be identified, documented and mitigation methods shall be provided in the emergency response plan. Examples of major incident can be emission of dangerous substances (e.g. chemicals, gas, heat), fire, explosion, flooding, etc., of a magnitude outside the normal operational capabilities of establishment safety staff.

Operators, installers, maintenance technicians and others responsible for the EESS shall have a suitable plan based upon the risk analysis of Clause 6 to take all necessary measures to prevent major incidents, to mitigate their consequences and to take recovery measures. The plan shall include information on hazards and mitigation methods applicable to the EESS technology to inform the emergency response plan for the installation site. Any local regulation or code criteria can be taken into consideration when developing the plan.

When the risk assessment concerning fire, explosion, flooding or toxic substance discharge shows an intolerable occurrence possibility, the EESS shall have a safety-related system (SRS) in accordance with IEC 61508 (all parts) or other functional safety standard approaches in accordance with 6.3.4.1, to decrease the hazard risk to tolerable levels.

7.3 Safety-related design review

7.3.1 General

EES systems are expected to operate for a given life expectancy provided that they are properly maintained. During this life expectancy, the operation of the EESS is likely to be affected by a variety of factors, such as but not limited to:

- component technology changes;
- local environmental factors;
- market conditions;
- new regulations.

The effect of these factors on the EESS shall not compromise its safe operation. For this to be achieved, a safety-related design review shall be carried out when changes occur. It can also be necessary to review the design of the EESS and therefore the risk analysis and assessment of the EESS if other information becomes available, such as:

- operational experience;
- component failure;
- software failure;
- inherent design issues.

Figure 5 shows this process over the lifetime of the EESS.

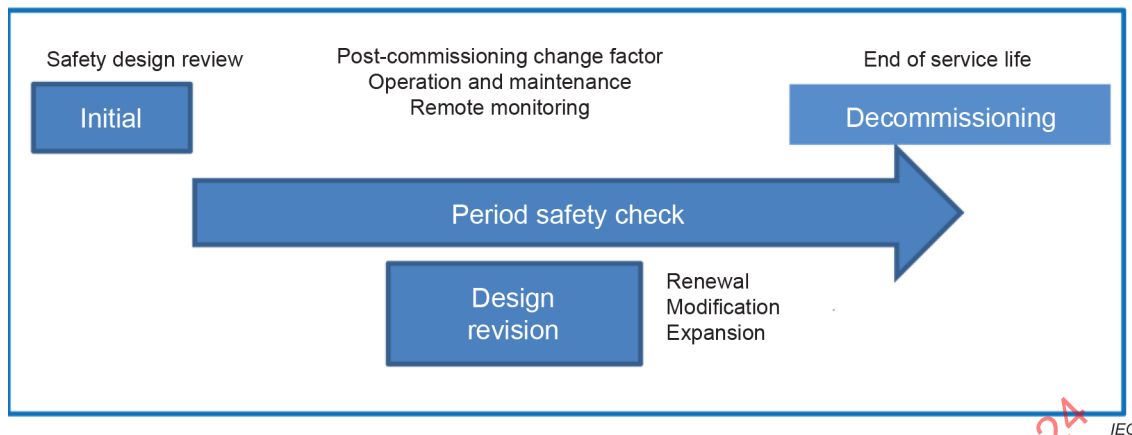


Figure 5 – Initial safety design review and design revision

7.3.2 Initial safety design review

Safety design review is first done at the beginning of the whole system design. The initial safety design review is based upon the risk assessment and is concluded when the system has been determined to meet the appropriate levels of safety.

The safety design review shall be repeated periodically over the EESS life as determined by the risk assessment and other factors such as the examples noted in 7.3.1.

7.3.3 Subsequent design revisions

7.3.3.1 General

If the system undergoes a variety of changes, then, when necessary, a safety design review shall be conducted again. During the safety redesign, the risk analysis (e.g. FMEA) shall be conducted again.

7.3.3.2 Design revision for minor and major system changes

When the system undergoes minor changes, a risk analysis with a limited FMEA can be more practical. When a major change takes place, for example a total storage capacity expansion (e.g. BESS) or major changes in the surrounding environment, not only the whole system but also the boundary region between the system and the surrounding environment shall be taken into account when conducting the risk analysis.

7.4 Preventive measures against damage to workers and other persons at risk

7.4.1 Protection from electrical hazards

7.4.1.1 General electrical safety

Depending upon the system design, the manufacturer shall identify the applicable electrical standards that apply to their system. Standards to address electrical safety design are:

- EES systems that are V-L in accordance with Table 1: the electrical safety approach shall be in accordance with either the relevant parts of IEC 60364 series or IEC 60204-1; or
- EES systems that are V-H in accordance with Table 1: the electrical safety approach shall be in accordance with IEC 61936-1 or IEC TS 61936-2 or IEC 60204-11.

7.4.1.2 Accessibility to hazardous live parts

All sources of electrical energy in the EESS shall be controlled in such a way as to minimize human exposure to electrical hazards and prevent access to the EESS by fauna and flora. Live parts of EES systems that have hazardous voltage circuits shall be guarded against accidental contact by an enclosure or by other means such as fencing or guarding, to prevent inadvertent access to the live parts in accordance with IPXXB or IP2X of IEC 60529.

Interlocks, when used to protect against hazardous voltage circuits, shall comply with the requirements for interlocks outlined in IEC 60204-1 and switches utilized for that purpose shall comply with IEC 60947-5-1.

The EES and associated electrical equipment that is likely to require examination, adjustment, servicing, or maintenance while energised shall be designed to minimise the risk of electric shock or electrical burn injury. In circumstances where it is impractical to prevent access to dangerous live parts, warning notices shall be fixed to warn qualified persons of the hazards.

Compliance is checked by the test of 8.2.2.

7.4.1.3 Protection from exposure to moisture and pollution

Electrical components and circuits impacting safety (i.e. above SELV/PELV voltage levels and other circuits impacting safety) shall be protected from ingress and exposure to moisture and pollution driven contamination. When electrical wiring and components are exposed to excessive moisture, they can become damaged due to mildew or corrosion, and electrical creepage and clearance distances can be reduced to unsafe levels. This damage can result in insulation or termination failures and can generate additional electrical hazards. Enclosures of electrical equipment and the electrical equipment that is not enclosed shall be suitable for the intended exposure in accordance with IEC 60529 or similar evaluation methods.

Compliance is checked by the test of 8.2.3.

7.4.1.4 Electrical insulation and protection against electrical shock

Electrical insulation shall be suitable for the voltages in the circuit and there shall be two levels of protection between hazardous voltage circuits and accessible parts (e.g., double insulation or reinforced insulation in accordance with IEC 60364-4-41). For those systems designated as V-L in Table 1, the creepage and clearance distances shall be in accordance with IEC 60664-1. The protection approach outlined in IEC 60364-4-41 shall be utilized for those systems designated as V-L in Table 1.

Exception: IEC 60204-1 can be used as an option for requirements for electrical insulation and protection against electrical shock for V-L EESS.

For those systems designated as V-H in Table 1, the creepage and clearance distances and electrical protection mechanisms outlined in IEC 61936-1 or IEC TS 61936-2 shall be utilized as applicable.

Exception: IEC 60204-11 can be used as an option for requirements for electrical insulation and protection against electrical shock for V-H EESS.

Preventive measures for electrical hazards shall consider the following:

- earth fault detection (e.g. IEC 62689-2);
- over voltage detection (e.g. IEC 60730-1, IEC 61439-1);
- over voltage protection (e.g. IEC 60730-1);
- over current detection (e.g. IEC 60730-1);

- over or under temperature detection or protection (e.g. IEC 60730-2-9);
- lightning protection (e.g. IEC 62305-2);
- electrostatic dissipation (e.g. IEC TR 61340-1); and
- overcurrent protection (e.g. IEC 60364-4-43).

To evaluate an EESS having suitable electrical insulation and protection against electrical shock, the following tests shall be conducted: dielectric voltage withstand, impulse, insulation resistance and a check of the earthing and bonding system.

Compliance shall be determined through a review of construction and the tests of 8.2.4.

7.4.1.5 Protection against out of normal operation range

An EESS shall be protected from working out of its normal operation range, including its working voltage, current and temperatures of each subsystem and whole system. Working out of normal operation range can lead to electric shock, fire or other hazards. Preventive measures shall consider the following as applicable to the EESS:

- over or under voltage detection (e.g. IEC 61439-1) and protection;
- over or under current detection (IEC 60730-1);
- overcurrent protection (e.g. IEC 60364-4-43);
- over or under temperature detection or protection (e.g. IEC 60730-2-9).

Over current protection design, which includes location, capacity and protection coordination, shall be determined by calculation considering the level of potential fault current, the current carrying capability of the conductors in the circuit under consideration, the operating current of the protective device and time to operate, and the location of the protective device in the circuit. The calculation(s) for validating the circuit's ability to safely withstand a fault current condition shall be documented and maintained. For this purpose, IEC 60364-4-43 shall be used for determining a suitable over current protection design.

Compliance shall be determined through a review of EESS construction and documentation of the analysis used to determine type, ratings and location of protective devices and testing in accordance with 8.2.5 to evaluate the suitability of all the protections.

7.4.1.6 Electrical components impacting safety

Electrical components that impact the safety of the EESS as identified in the risk analysis of Clause 6, shall comply with an applicable IEC safety standard for that component if a standard is available, and shall be suitable for the application and used within its ratings. Where a component standard is not available, the component shall be evaluated in accordance with the requirements of this document. See Annex D for guidance on potential component safety standards.

7.4.1.7 Unintentional islanding

EESS that operate in parallel with an electric utility system or grid can pose an unintentional islanding risk. Unintentional islanding protection and testing are required by most international grid codes and the EESS system shall comply with the grid code rules for the installation location. Two commonly used unintentional islanding test procedures are given in 8.2.6.

An unintentional islanding can result in system failure with corresponding consequences even in the case where the system is designed for islanding. When maintenance operations are planned, analysis of the electric isolation of the concerned parts of the grid shall be performed and documented before any intervention operation.

Compliance is checked by the test of 8.2.6.

7.4.2 Protection from mechanical hazards

The basic safeguard against mechanically caused injury is a function of the specific EESS. Basic safeguards can include:

- enclosure structural requirements (rounded edges and corners; enclosure to prevent a moving part from being accessible);
- safety interlock to control access to a moving part posing a risk of injury;
- means to stop the motion of a moving part;
- means to stabilize the equipment;
- robust handles;
- robust mounting means;
- means to contain parts expelled during explosion or mechanical failure.

When relying upon guards and protective devices to protect against moving parts hazards, the procedures outlined in ISO 12100:2010, 6.3.2 and 6.3.3, shall be utilized for determining the suitability of the protection. Guidance is provided in ISO 12100 on types of protection devices to be implemented (e.g. guards, light curtains, sensors, etc.). The choice as well as number of and location of safeguard(s) implemented to protect against moving parts hazards shall be determined as part of the risk analysis of the EESS. Interlocks to prevent access to hazardous parts shall comply with the requirements of ISO 12100 for hazardous moving parts and operate in accordance with the risk assessment. Switches used as interlocks for mechanical guards shall comply with IEC 60947-5-1.

If relying upon an EESS enclosure to prevent access to hazardous parts, the accessibility of the moving parts shall be checked by the appropriate access tool according to the IP rating of the enclosure.

Evaluation of mechanisms to protect against access to hazardous parts shall consist of a review of the construction and the tests in accordance with 8.3.

Handles or mounting means shall have sufficient strength to handle the weight they are supporting or carrying. Handles or mounting means robustness shall be tested in accordance with 8.3.4.

7.4.3 Protection from high pressure hazards

Pressure systems shall be designed to handle the level of pressure contained and be compliant with applicable regulations. Pressure vessels and piping shall be designed for the pressure and fluid they contain. The pressure systems shall be provided with pressure relief devices that prevent a hazardous over pressure condition.

Piping containing high pressure fluids shall comply with ISO 15649 or ASME B31.3 or ASME B31.1.

NOTE Fluids that are at pressures below 105 kPa (15 psi) are out of the scope of ISO 15649, ASME B31.3 and ASME B31.1. The scope of ISO 15649 and ASME B31.3 covers fluids in the temperature range of -29°C to 186°C. The scope of ASME B31.1 covers fluids at temperatures in excess of 250°C.

Parts or an assembly of parts under pressure shall be tested in accordance with 8.4. Parts such as pressure vessels that have already gone through evaluation for the intended pressures contained in accordance with the local or regional criteria, need not be tested.

7.4.4 Protection from explosive atmosphere hazards

The combination of an explosive atmosphere and an effective ignition source as a potential source of an explosion requires application of the basic principles of explosion prevention and protection in the following order:

a) Prevention:

- avoid or reduce explosive atmospheres; this objective can mainly be achieved by modifying either the concentration of the flammable substance to a value outside of the explosion range or the concentration of oxygen to a value below the limiting oxygen concentration (LOC);
- avoid any possible effective ignition source.

b) Protection:

- halting the explosion or limiting the range to a sufficient level through protection methods, for example isolation, venting, suppression and containment. In contrast to the two measures described in a), here the occurrence of an explosion is mitigated through suitable measures to reduce the risk.

NOTE NFPA 69 and NFPA 68 provide methods for prevention and protection against explosion hazards.

NFPA 69 is a standard that applies to the design, operation, maintenance and testing of systems to prevent explosion by the following prevention methods: control of oxidant concentration and control of combustible concentration. NFPA 69 also covers protection mechanisms such as pre-deflagration detection and control of ignition sources, explosion suppression, active isolation, passive isolation and deflagration pressure containment and passive explosion suppression.

NFPA 68 applies to the design, location, installation, maintenance, and use of explosion protection that vent the combustion gases and pressures resulting from a deflagration within an enclosure so that structural and mechanical damage is minimized.

The risk reduction can be achieved by applying one or more of the above prevention or protection principles. A combination of these principles can be applied.

The avoidance of an explosive atmosphere shall always be the first choice.

To allow selection of the appropriate measures, a risk reduction analysis in accordance with Clause 6 shall be developed for each individual case. Guidance on determining hazardous (classified) areas/zones to apply suitable protection means can be found in IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2 as applicable. Equipment located within hazardous areas or zones shall be rated for the area or zone. IEC 60079-0 provides guidance on protection methods for equipment located in hazardous areas or zones. Maintenance procedures shall ensure that the protection after maintenance is suitable.

In the planning of explosion prevention and protection measures, consideration shall be given to the installation and commissioning process, and normal operation, which includes start-up and shut-down. Moreover, possible technical malfunctions as well as reasonably foreseeable misuse shall be taken into account. Application of explosion prevention and protection measures requires a thorough knowledge of the potential hazards. Persons conducting this analysis shall have relevant experience in this area and be qualified. Local regulations can apply.

If relying upon mechanical ventilation to eliminate or reduce hazardous (classified areas or zones) in the EESS, it shall be evaluated for suitability in accordance with 8.5.

7.4.5 Protection from hazards arising from electric, magnetic, and electromagnetic fields

EES systems shall be integrated with equipment that satisfies relevant IEC documents in 8.6 as applicable to the site of installation of the EESS so that they have sufficient immunity against electric, magnetic and electromagnetic disturbances to prevent hazards from arising, and they have electric, magnetic and electromagnetic emission as low as required for the application. The risk analysis shall set the performance criteria for the EES systems with regard to the EMC immunity. Local regulations can apply.

Sufficient EMC immunity of the components is confirmed in the single component EMC immunity testing, but it shall be considered that system interactions can amplify the magnetic and electromagnetic disturbances and can cause malfunction of individual components and communications between those components. In order to achieve essential safety, EESS protection controls shall be designed and tested in accordance with the applicable EMC standards listed in 8.6 considering the existence of EMC disturbances that can occur in the environment in which the EESS is located.

Protective measures from disturbance-induced malfunctions of the EESS shall be provided using suitable methods (see IEC 60364-4-44 for guidance).

Compliance is checked by the test of 8.6.

7.4.6 Protection from fire hazards

The basic safeguard against electrically-caused fire is that the temperature of a material, under both normal operating conditions and abnormal operating conditions, does not cause the material to ignite. The supplementary safeguard against electrically-caused fire reduces the likelihood of ignition or, in the case of ignition, reduces the likelihood of spread of fire.

Supplementary information is provided in IEC 60364-4-42 which deals with protection against thermal effects, including combustion and flames caused by electrical installations.

The following prevention and protection measures shall be considered to protect from fire hazards:

- The material of the enclosure of the system shall be noncombustible in accordance with ISO 1182. Local regulations can apply.

NOTE ISO 1182 is a test where a material is exposed for a time period of 30 min to 60 min in a 750°C furnace to determine if the material is non-combustible. Combustible is defined in ISO 13943 as capable of combustion, which is an exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent.

- Polymeric materials in direct support of hazardous live parts such as printed wiring boards and electrical insulation of terminals shall have a V-1 minimum flame rating in accordance with IEC 60695-11-10.
- The system shall eliminate or minimize the risk of overheating by analysing the process deviations which might lead to overheating and by testing.
- Where the possibility of a fire cannot be eliminated, the effects of that fire, including flames, heat and smoke, etc., shall be limited for example by shielding or enclosure of the storage to eliminate or minimize the risk of injury to persons, damage to property or the environment.
- Where the possibility of a fire cannot be eliminated, the effects of that fire, including flames, heat and smoke, etc., can be alternatively limited by appropriate use of integrated fire detection and firefighting systems (safety components), which comprise devices for the detection, control, alarm and extinguishing functions.
- Where the possibility of a fire cannot be limited inside the enclosure of an EESS, the potential fire area shall be covered by the firefighting system, and the protected area shall be isolated, for example, by an enclosure.

- Supplying comprehensive and understandable documentation to the users in order to ensure that they can keep the installations and the technical fire protection equipment in proper condition and ready for operation and, where necessary, initiating the required firefighting measures.

The level of fire detection and suppression required for an EESS is dependent upon the size, technology and location of the installation of the system as well as the quantity and geometry of hazardous substances. The protection can be as basic as instructions regarding the appropriate fire extinguishing materials to maintain within the location, installation instructions and basic housekeeping and safety procedures to follow, to installation of fire suppression systems at the location of installation of the EESS.

To determine the level and type of fire detection and fire suppression systems required, a fire risk assessment is to be conducted for EESS installations to ensure that suitable fire prevention and fire protection requirements for protecting persons, property and environment are met. Local codes and regulations can apply.

EESS installations required to be provided with fire suppression shall be provided with a means for fire detection and suppression in accordance with the siting of the system (i.e. indoors, etc.), the energy storage technology and the applicable installation, building and fire safety codes and regulations. If not provided as part of the EESS, guidance for choosing and installing suitable fire detection and suppression systems shall be provided in the installation and maintenance instructions for the EESS.

Fire propagation hazards test for EESS is given in 8.7.

7.4.7 Protection from thermal hazards

7.4.7.1 Protection from exposure to temperature hazards

In a system which contains hot parts ($> 70\text{ °C}$ for metallic materials and $> 95\text{ °C}$ for non-metallic materials), thermal insulation or appropriate protection means to guard the hot parts shall be provided.

In addition, in a system which contains extreme cold parts ($\leq -10\text{ °C}$ for metallic materials and $\leq -25\text{ °C}$ for non-metallic materials), thermal insulation or appropriate protection means to guard the cold parts shall also be provided.

For some EESS designs, if the system deviates from normal operation, parts of the system can undergo a temperature rise above normal for those parts. Such parts are to be identified in the risk analysis of the system in accordance with Clause 6. Protection or appropriate signage, or both, shall be provided.

Temperature rise due to deviation from normal operation is to be continuously monitored by thermal sensors, and alarms for worker safety are to be provided according to the level of hazard to the worker as determined by the risk analysis of Clause 6. Leakage of high temperature liquids shall also be prevented through use of leak tight containment measures, routing of piping to prevent hazards and leak detection measures to sound an alarm when a leak of high temperature fluid occurs.

7.4.7.2 Protection of temperature sensitive parts

As part of the risk analysis of Clause 6, the thermal stability of EESS parts and materials that can impact safety if they deteriorate from temperature exposures shall be considered. The identified parts and materials that can impact safety in accordance with the risk assessment shall be resistant to deterioration as a result of the temperature exposure during operation. Determination of the suitability of parts and materials for use in the EESS shall be determined by the test in 8.8.

If determined according to the risk analysis of Clause 6, an EESS shall be provided with a heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system or equivalent to maintain temperature sensitive parts within their limits. Ventilation openings shall not be blocked by other components or parts.

7.4.8 Protection from chemical hazards

The risk analysis of Clause 6 shall consider the potential for hazardous chemical effects from the EESS that contain hazardous substances. EES systems shall not vent or leak hazardous or toxic materials within access areas of the EESS or into the surrounding environment. Local codes and regulations can apply.

The basic safeguard against injury caused by hazardous substances is containment of the material.

Supplementary safeguards against injury caused by hazardous substances can include:

- a second container or a spill-resistant container with sufficient capacity to store the fluid within the EESS;
- containment trays;
- tamper-proof screws to prevent unauthorized access;
- instructional safeguards;
- sensors and alarms; and
- material resistance to chemicals contained.

If determined necessary by the risk assessment, provisions are to be provided for liquid leakage detection, toxic gas detection and spill detection.

Piping containing hazardous fluids shall comply with ISO 15649 or ASME B31.3.

NOTE Fluids that are at pressures below 105 kPa (15 psi) and that are not flammable or toxic are out of the scope of ISO 15649 and ASME B31.3.

If the possibility of toxic gas discharge exists, measures to prevent toxic gas accumulation shall be implemented. Toxic gas accumulation measures shall consider the topography around the EESS for outdoor installations, the building design for indoor installations as well as the physical characteristics of the gas.

Toxic gas detection and alarms can be used as part of these protection measures. See IEC 62990-2 for guidance on toxic gas detection.

Also, appropriate PPE shall be available to persons in the area in the event of a toxic gas discharge. Eye wash stations and emergency shower facilities shall be provided for staff in the case of a toxic release.

See IEC 62933-5-2 for BESS considerations regarding toxic gas safety considerations.

A compliance test to determine the suitability of parts containing hazardous fluids is given in 8.9.

7.4.9 Protection from workplace hazards

7.4.9.1 Remote controls and automatic controls

EES systems which have the ability to be controlled remotely shall be provided with a means to disable the remote control in order to perform inspection or maintenance. The use of a remote control system shall not lead to an unsafe condition as determined by the system hazard analysis and shall not be able to override local safety controls. The same requirements apply for local automatic controls without human intervention, in response to the occurrence of predetermined conditions.

NOTE There can still be the need for remote monitoring, even though the remote control ability is disabled.

7.4.9.2 Working space

Sufficient working space for EES systems and equipment likely to require examination, adjustment, servicing, or maintenance while energized shall be provided. Local codes and regulations can apply. Sufficient space shall be provided and maintained around EES systems to permit ready and safe operation and maintenance of such equipment.

NOTE NFPA 70, National Electrical Code (NEC) is an example of a regional code that provides criteria for minimum electrical working space based upon voltage levels that are required in the USA. NFPA 70E provides guidance on safety for live electrical work to provide electric shock and arc flash hazard protection procedures for technicians doing maintenance on live electrical equipment.

7.4.9.3 Egress and protection from physical hazards

EES systems that are located indoors or are located outdoors in a walk-in type enclosure shall be provided with at least one entrance of sufficient size to give access to and egress from the working space in the system. Local codes and regulations can apply.

Doors provided for egress from EES systems shall open in the direction of egress and be equipped with panic bars, pressure plates, or other devices that are normally latched but open under simple pressure from the inside. Doors shall be equipped with locks to prevent access by unqualified persons. The doors for entrance to and egress from EES systems shall also be in accordance with IEC 60204-1.

Entrances to EES systems or installation areas shall be restricted to authorized person and marked with warning signs forbidding unqualified persons to enter.

Areas of access within the walk-in type EESS shall be designed to prevent tripping, slipping or falling when persons enter or exit, or while within the system.

7.4.9.4 Ventilation

EES systems that are installed indoors, and enclosures associated with self-contained EES systems that can be fully entered by persons shall have adequate ventilation for persons working on the indoor EESS or within an EESS. Local regulations can apply.

7.4.9.5 Task lighting within EES systems

Illumination shall be provided for all working spaces within EES systems. The lighting outlets shall be arranged so that persons changing lamps or making repairs on the lighting system are not endangered by live parts or other equipment. See IEC 60204-1 for guidance on lighting for electrical equipment.

Emergency lighting and signage can be subjected to local regulations.

7.4.10 Staff training

Well-trained workers greatly increase safety at work. Any deviation from the desired process can be detected, and hence corrected, more quickly.

Workers shall be provided with training which informs them of the hazards at the workplace and the protective measures to be taken. This training shall explain how the different types of hazards arise and in what parts of the workplace they are present. The measures taken shall be listed and their operation explained. The correct way of working with the available equipment shall be explained. Workers shall be instructed in safe work practices in or near hazardous places. This also involves explaining the meaning of any cautionary markings or markings of hazardous places and specifying what mobile work equipment can be used there. Workers shall also be instructed in what PPE they shall wear to work in and around the EESS. The available operating instructions shall be covered during the training. See 9.3.1 for additional information on operating instructions.

Workers shall receive training:

- before initially starting work on the EESS;
- when work equipment is introduced for the first time or changed;
- when new technology is introduced.

Training of workers shall be repeated at suitable intervals. The workers' level of understanding shall be checked.

The duty to provide training also applies to the employees of outside contractors. Training shall be given by a competent person. Records shall be kept in writing of the date and content of training activities and the participants.

7.5 EESS disconnection and shutdown

7.5.1 General

Disconnection and shutdown procedures are important for ensuring safety during operation, routine maintenance or fault repair. They will depend on the design of the EESS, the technologies employed (see Figure 7), its size and the reason for the disconnection and shutdown. The EESS shall be capable of being disconnected partially or totally to reflect the likely operation, routine maintenance and credible fault repair activities required. Emergency shutdown shall also be provided and shall be in accordance with 7.5.4 and 7.5.6.

The main circumstances that can require conditions leading to the disconnection of the EESS or of some of its components are:

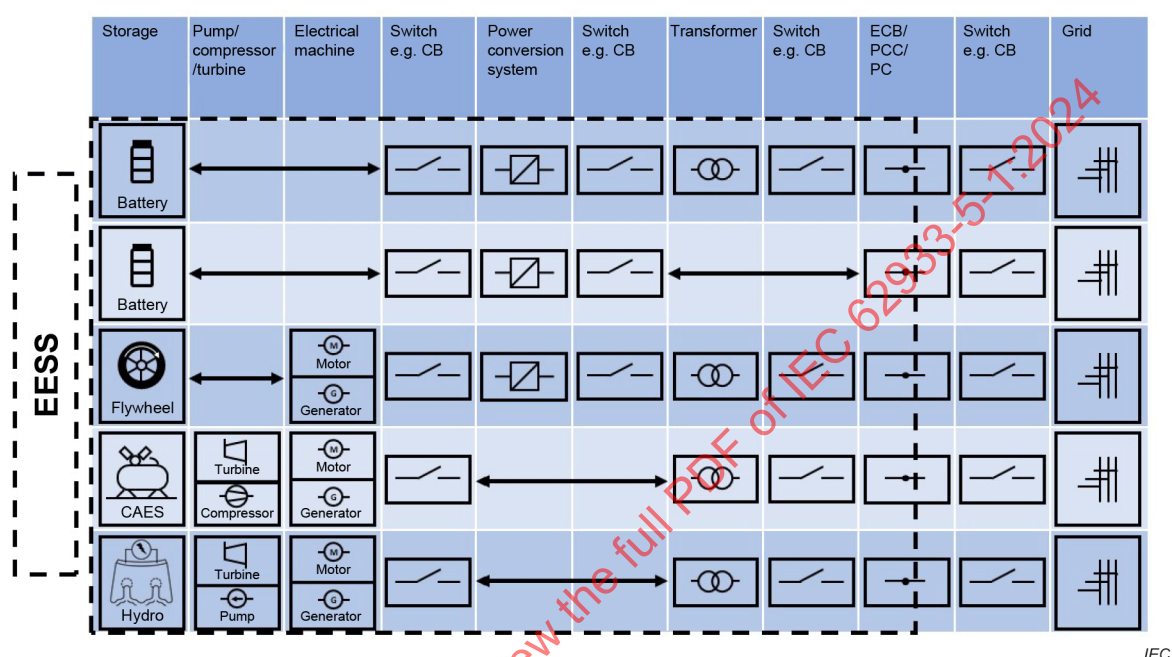
- regular maintenance;
- subsystem or component malfunction, or both;
- external constraints;
- system upgrades;
- end of service life.

Disconnection or partial disconnection can be achieved at different parts of the EESS:

- point of connection to the grid;
- AC facility including transformer;
- switching device (SW);
- power conversion subsystem;
- alternator;

- storage subsystem;
- auxiliary subsystem;
- smaller parts in subsystems.

Where the EESS has high energy levels or high stored energy, special precautions can be required as determined by the risk analysis of Clause 6. The disconnection or shutdown procedure shall not lead to the EESS becoming unsafe.



IEC

Figure 6 – Examples of different EESS architectures

As is shown in Figure 7, switching devices (SWs) are positioned differently for each technology. A detailed sequence of SW opening depends on the technology.

7.5.2 Grid-disconnected state

In the grid-disconnected state, the EESS will be electrically separated from the local grid connection. An EESS shall be provided with a disconnection means that disconnects the unearthed conductors between the EES primary subsystem and the primary point of connection with the grid. If not installed on the EESS, information on the disconnect shall be provided in the installation instructions to indicate:

- the type and rating of the disconnection means,
- that the disconnecting means shall be located where it is accessible and in sight of the EESS, and
- that the disconnecting means shall be provided with markings or signage to identify
 - the EESS output voltage ratings, and
 - the available short circuit current.

7.5.3 Stopped state

When the EESS is disconnected and the accumulation subsystem is not connected to the power conversion subsystem, the EESS is considered to be in a stopped state. In this state the accumulation system can be energized and cannot generally be de-energized without serious damage. In the stopped state, part of the auxiliary subsystem remains powered as it contains critical subsystems for safety and monitoring.

7.5.4 EESS shutdown

EESS shutdown is the command to move the EESS to the stopped state.

As determined by the risk analysis of the system in accordance with Clause 6, an EESS shall be provided with a means for both normal and emergency shutdown.

Conditions that can be safely controlled or that do not pose immediate hazard can be corrected with a normal shutdown of the EESS.

When voltage, current, temperature, pressure, or rotational speed, etc., exceed a safety limit, a hazardous event can occur. It can be the result of the malfunction of a system component or communication error, for example. Abnormal operating conditions that can give rise to a hazardous event shall be identified and processed to initiate an emergency shutdown. When actuated, the EESS is expected to return to a safe condition. The EESS shutdown function including the emergency stop, shall be provided with the means to enable the coordinated shutdown of all necessary parts of the system as well as with equipment upstream or downstream of the system, if continued operation can be hazardous.

An EESS is disconnected by appropriate switching device(s) or other alternative measures.

7.5.5 Partial disconnection

The design of the EESS can permit disconnection of the constituent parts of the EESS separately if appropriate as determined by the risk assessment of Clause 6. For those working on the EESS, it can be possible to disconnect only the parts to be worked on to permit safe access. However, consideration shall be given to risks posed by individual systems adjacent to those being worked on. In the case of appropriately designed multiple accumulation subsystems, individual subsystems can be disconnected for safe working while the EESS can remain operational.

For certain EES systems where it is difficult to de-energize the accumulation subsystem (e.g. battery energy storage systems), hazards shall be minimized in the system design.

NOTE In the case of a flywheel accumulator, it can stop by providing energy to the grid or to other units in the system. This procedure will contribute to minimizing the time that the system is in a hazardous situation.

7.5.6 Equipment guidelines for emergency shutdown

Emergency shutdown shall be incorporated into an EES storage system to avoid hazardous situations that cannot be corrected by other controls, as determined by a risk analysis of the system. This function shall:

- stop the hazardous condition without creating additional hazards,
- trigger or permit the triggering of certain safeguard actions where necessary,
- override those functions and operations as determined necessary by the risk analysis,
- be fitted with restart lock-outs to prevent an inadvertent restart,
- be on normal operation only after the restart lock-outs have been intentionally reset.

Manual emergency stops, if required by the risk analysis, shall be identifiable, clearly visible and accessible in accordance with ISO 13850. Local regulation can apply.

In case of a fault in the control system logic or failure of, or damage to, the control system hardware, the following system requirements shall be met:

- once the emergency stop command has been given, the EESS shall not allow its shutdown sequence to be interrupted,
- the protection devices shall remain fully effective,
- the EESS shall not re-connect or restart unexpectedly.

When a protective device or interlock causes an EESS safety shutdown, that condition shall be signaled to the logic of the control system. The activation and the reset of the shutdown function shall not initiate any hazardous condition as determined by a risk analysis of the system and the fault condition tests of Clause 8. Control or monitoring systems that can operate safely in the hazardous situation can be left energized to provide system information.

7.6 Cyber security

Cyber security is important not only for remote monitoring and control but also for the system connected to the internet. The IEC 62443 series provides guidance and criteria for cyber security.

Industrial or utility scale EESS that are connected to the internet shall be provided with protection against cyber-attack in accordance with IEC 62443-3-3 or an equivalent standard. The level of protection against cyber-attack shall be determined in accordance with the risk assessment.

7.7 Remote monitoring and unattended operation

In order to efficiently perform preventive maintenance, it is crucial to monitor the system regularly and it is in most cases done remotely. Monitoring of the frequency of warnings of EESS parameters such as system efficiency or temperature could be an early indicator of malfunction of a subsystem or components.

Remote monitoring system implementation shall be considered in order to check if the system is operating safely. The data provided automatically by the EESS or through an EESS 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 (e.g. BESS) or changes in the evolution of measured parameters. This data can be transmitted through an information network in a timely manner.

In the case of remote monitoring, reliability of the monitored value is essential to keep the EESS safe. Detection of the measuring system malfunction and measured value error shall be considered.

For unattended operation, the EESS shall be capable of monitoring and detecting abnormal conditions and automatically entering a safe state without the need for operator interaction.

Preventive maintenance schemes to prevent unanticipated conditions are also important for remotely monitored and controlled systems.

The test to determine the reliability of remote monitoring is given in 8.11.

8 System testing

8.1 General

In order to confirm the EESS design and the proper implementation and functionality of the safety mechanisms identified in the risk analysis, the system response to potential failure conditions shall be evaluated. Verification and validation of items shall be determined based on the system level safety analysis in accordance with Clause 6.

In addition, the EESS shall have a safety-related system (SRS) evaluated to an appropriate functional safety standard in accordance with 6.3.4.1.

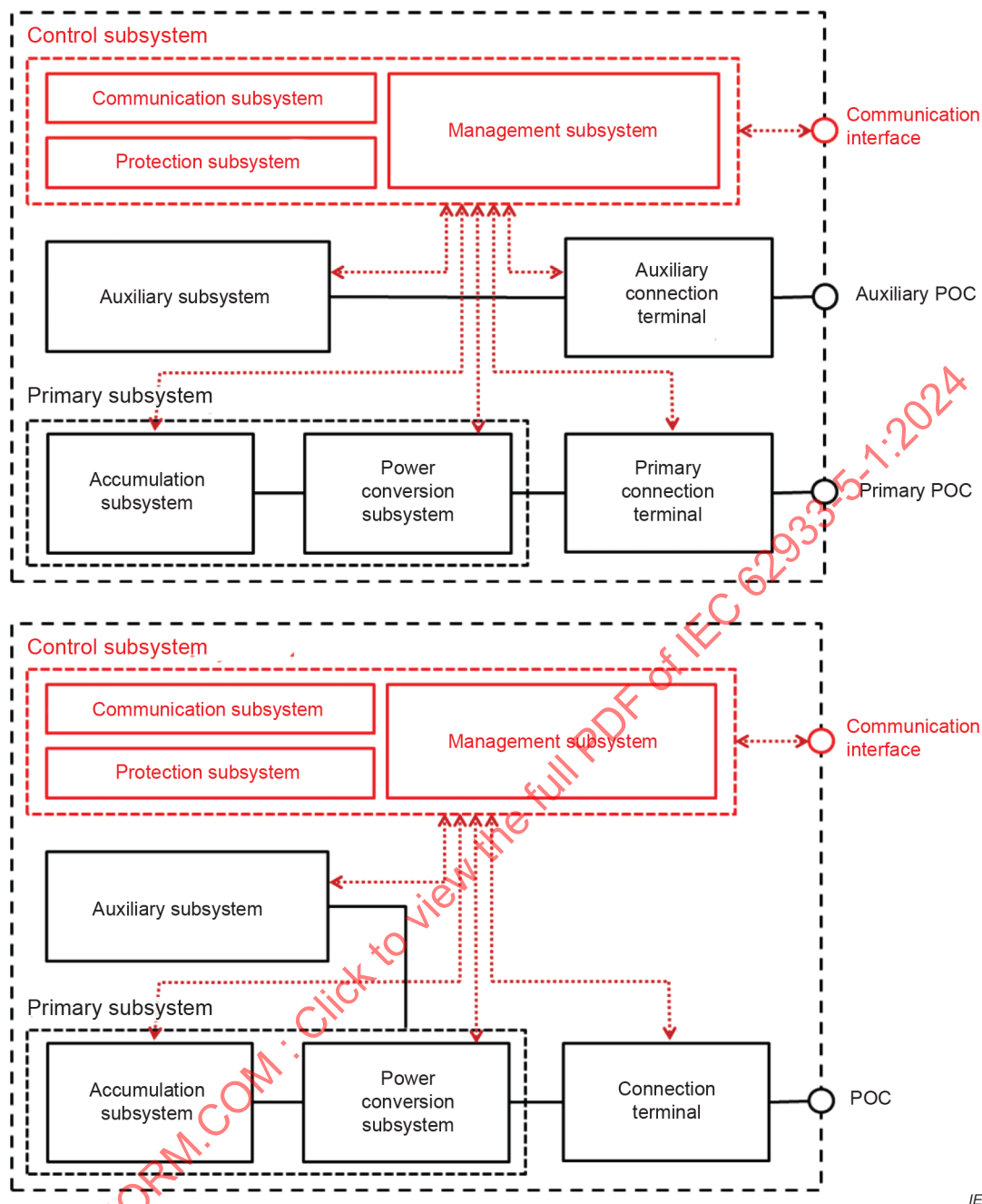
NOTE 1 The EESS components can be designed, verified and validated based on other IEC standards, for example, a lithium-ion battery energy storage system can satisfy IEC 62619, but it is considered that risks can be induced due to the system integration. Refer to 6.3 for system level risk analysis.

The system components used for integration and any communication malfunction shall not affect the safety at the system level.

NOTE 2 The various components within the system can impact each other. For example, electromagnetic noise induced by the power conversion system can cause the malfunction of the energy storage management central processing unit (CPU) and affect the energy storage device operation. The noise tolerance of the EESS components can satisfy IEC 61000 (all parts), but there is some possibility that one of the system components can fail because of the noise induced by the power conversion subsystem. Additionally, the accidental malfunction of the components can also occur.

The EESS includes primary, auxiliary and control subsystems as shown in Figure 7. Each subsystem contains various components. Also, internal communication lines between those components, monitoring lines and control signal lines exist in the EESS.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-5-1:2024



IEC

Figure 7 – EESS architecture in the two main EESS configurations

Test equipment, facilities or the on-site test environment shall be appropriate for test purposes, possible test results, sample size and performance.

Appropriate PPE, standard operating procedures and facilities to protect personnel during testing shall be provided.

Standard procedures for the safe storage, handling, operating, testing and disposal of test samples shall be provided.

Samples used for testing shall be representative of production samples. Testing can be conducted on subassemblies if demonstrated to be representative of the complete EESS to satisfy particular test purposes.

The possibility to do the testing at full scale of the EESS shall be investigated. In case it is proven not feasible, testing shall be conducted at subassemblies level, or through technical assessment, simulation or calculation.

Unless otherwise noted in the test methods, the testing is conducted at ambient temperature conditions in the range specified for the EESS. The ambient conditions during testing shall be measured and documented for each test.

Ultimate conditions are considered to have occurred when either protection mechanisms identified in the risk analysis operate as intended to bring the system to a safe state or noncompliant conditions identified for the specific test method occur.

8.2 Validation and testing of EESS – Electrical hazards

8.2.1 General

Electrochemical EESS (BESS) shall be tested for electrical hazards in accordance with IEC 62933-5-2.

For EES systems that are designated as V-H, the electrical safety approach shall be protected in accordance with IEC 61936-1 or IEC 61936-2 or IEC 60204-11 for electrical hazards. Any tests that are required for V-H ESS systems shall be overseen by competent person familiar with the system design.

8.2.2 Accessibility to hazardous live parts

a) Purpose:

The EESS shall be designed to prevent direct access to hazardous live parts.

NOTE Hazardous live parts are those that are at voltages above the limits for PELV or SELV as defined in IEC 60364-4-41.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for access to energized parts.

b) Requirement:

There shall be no access to hazardous live parts in accordance with 7.4.1.2 and IEC 60529 as a result of the applied protection method.

c) Method:

The effectiveness of the safeguards used to prevent user access to the live parts shall be tested in accordance with the protection provided by the enclosure requirements for IPXXB or IP2X in accordance with IEC 60529 to prevent access to hazardous live parts.

8.2.3 Protection from exposure to moisture and pollution

a) Purpose:

This test is intended to evaluate the suitability of enclosures specified to prevent ingress of moisture that can impact safety as indicated by the planned installation (e.g. outdoor use).

It is also intended to address ingress of pollution in the form of dust if specified in the EESS installation.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for ingress.

b) Requirement:

The enclosure shall comply with the specified IP rating for ingress of moisture for the EESS as noted in 7.4.1.3. There shall be no wetting of live parts or evidence of dielectric breakdown.

c) Method:

The EESS enclosures shall comply with their IP rating for ingress of moisture and pollution in accordance with IEC 60529. At the conclusion of the exposure, the system shall be subjected to a dielectric voltage withstand test of 8.2.4.2 and examined for ingress of moisture or pollution that can create a hazard.

For outdoor installations where there can be exposure to moisture, the minimum IP rating shall be IPX4.

For an EESS installation where there can be exposure to pollution in the form of dust, the minimum IP rating shall be IP5X.

There are two exceptions:

- Exception 1: Another method for evaluating ingress of moisture and dust pollution can be used (e.g. NEMA type rating) if specified for the enclosure.
- Exception 2: An EESS enclosure that has been tested and rated for ingress of moisture in accordance with the manufacturer and installation specifications need not be tested.

8.2.4 Electrical insulation and protection against electrical shock tests**8.2.4.1 General**

The following tests shall be conducted to determine compliance with the criteria for electrical insulation and protection against electrical shock according to 7.4.1.4.

Electrochemical EESS (BEES) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2.

Power electronic converter systems shall be either evaluated in accordance with:

- IEC 62477-1, IEC 62909-1 and IEC 62909-2 if applicable, or IEC 62109-1 and IEC 62109-2 if applicable in case of V-L type EESS, or
- IEC 62477-2 in case of V-H type EESS, or
- tested in accordance with the following tests of 8.2.4.2 to 8.2.4.6 as part of EESS.

8.2.4.2 Dielectric voltage withstand**a) Purpose:**

The electrical insulation of EES systems including creepage and clearance distances shall be sufficient to prevent insulation breakdown due to a voltage surge that can be encountered.

Electrochemical EESS (BEES) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for the dielectric voltage withstand test.

b) Requirement:

There shall be no evidence of dielectric breakdown when subjected to the applied test voltages.

c) Method:

The dielectric test on an EESS shall be tested in accordance with the dielectric test in IEC 60664-1:2020, 6.5.

8.2.4.3 Impulse test

a) Purpose:

The EESS shall be protected against voltage impulses that can occur due to lightening or surges that can arise within the system that can create a breakdown of insulation.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for the impulse test.

b) Requirement:

The system shall safely withstand the applied impulse levels.

c) Method:

The impulse test shall be tested in accordance with the impulse test in IEC 60664-1:2020, 6.2.2.1.

8.2.4.4 Insulation resistance

a) Purpose:

The electrical insulation shall have adequate resistance to protect against the potential for electrical shock.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for the insulation resistance test.

b) Requirement:

The insulation resistance measurements shall meet or exceed the limits outlined in IEC 60364-6:2016, Table 6.1.

c) Method:

The insulation resistance test shall be tested in accordance with the insulation resistance in IEC 60364-6:2016, 6.4.3.3 and 6.4.3.4.

8.2.4.5 Earthing and bonding system test

a) Purpose:

The earthing circuit of the EESS shall have sufficiently low impedance to prevent a hazard in the case of a fault.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for the earthing and bonding system.

b) Requirement:

The impedance of the bonding circuit (earth fault loop impedance) at the areas measured shall be low enough to provide protection as outlined in IEC 60364-4-41:2005 and IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017, 415.2.

c) Method:

The earthing and bonding system impedance of an EESS shall be confirmed in accordance with the methods noted below. The measurements shall be made between any two locations of the earthing system in accordance with IEC 60364-4-41:2005 and IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017, 415.2.

8.2.4.6 Earth fault protection

a) Purpose:

If determined from the risk assessment that an earth fault monitoring and protection system is required, the earth fault protection shall prevent a hazardous condition as a result of an applied earth fault.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for evaluation of an earth fault protection system.

b) Requirement:

As a result of the applied faults, the EESS earth fault protection shall prevent damage to the EESS that would result in a hazardous condition. The protection mechanisms shall operate as designed.

c) Method:

Upon installation, an EESS shall be tested during a normal charging operation with the fault event listed below:

- short circuit between one phase line and earth by a resistive device with a resistance of 50 mΩ

8.2.5 Protection against out of normal operation range tests

8.2.5.1 General

a) Purpose:

The EESS shall be provided with protections that prevent the system from going outside the normal ranges if that condition can result in a hazard as noted in 7.4.1.5.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for protection against out of normal operation range type tests.

b) Requirement:

The protection mechanisms shall operate to prevent an out of normal range condition of the EESS that can result in a hazardous condition.

All functions of the energy accumulation subsystem shall be fully operational as designed during the test.

c) Method:

The EESS shall be subjected to simulated out of normal parameters conditions as determined by the risk analysis to determine if the protection mechanisms operate as intended to prevent a hazardous condition. These conditions can be over or under temperature, overspeed or other out of normal parameters as applicable to the EESS technology.

8.2.5.2 Overload and short-circuit protection

The EESS shall be protected from overload and short-circuit at all output terminals and interconnecting terminals where power can be delivered out as listed below:

- a) any AC or DC output terminals of EESS, including the output cable, if employed;
- b) output terminal of each power conversion subsystem, including output cables, if employed;
- c) output terminal of each energy accumulation subsystem including any interconnecting cables and busbars until the overcurrent protection device in power conversion system;

- d) output terminals of any modules of energy accumulation subsystem that will be interconnected in field, with or without interconnecting cables.

Before the overload or short circuit test, the energy accumulation subsystem shall be in a state of fully charged condition and the EESS input terminal shall be connected as intended.

8.2.5.3 Overload test

a) Purpose:

The EESS shall be provided with overload protections for each output terminal if determined from risk assessment that these overload protections are necessary in order to prevent a hazardous overload condition.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for protection against overload hazards.

This test does not apply to EESS where the overload protections are integrated into some components (e.g. the PCS) and has been verified in accordance with the relevant components standards, and the overload condition verified in the components can be representative of the overload condition in the EESS.

b) Requirement:

The provided overload protections shall operate to prevent a hazardous condition. As a result of the overload test, there shall be no fire or explosion of the EESS system.

c) Method:

For each DC output, the positive terminal/conductor and negative terminal/conductor of the output shall be overloaded at 135 % of the current rating of the main protective device for that DC output utilizing suitable load until the EESS temperature becomes stable, or any protective device switches off the DC output under test and the EESS temperature returns to ambient temperature.

For each AC output, a live and neutral wire of the output shall be overloaded one at a time at 135 % of the current rating of the main protective device for that AC output utilizing suitable load until the EESS temperature becomes stable, or any protective device switches off the AC output under test and the EESS temperature returns to ambient temperature.

8.2.5.4 Short circuit test

a) Purpose:

The EESS shall be provided with short circuit protections for each output terminal if determined from risk assessment that these short circuit protections are necessary in order to prevent a hazardous short circuit condition.

Electrochemical EESS (BESS) shall be evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for protection against short circuit hazards.

This test does not apply to EESS where the short circuit protections are integrated into some components (e.g. the PCS) and has been verified in accordance with the relevant components standards, and the short circuit condition verified in the components can be representative of the short circuit condition in the EESS.

b) Requirement:

The short-circuit protection shall operate to prevent damage to the EESS that can result in a hazardous condition.

c) Method:

For each DC output, the positive terminal/conductor and negative terminal/conductor of the output shall be short circuited by a resistance no greater than 50 mΩ until the EESS temperature becomes stable or any protective device switches off the DC output under test and the EESS temperature returns to ambient temperature.

For each AC output, the live and neutral conductors of the output, two phase lines of the output if applicable, shall be short circuited one at a time by a resistance no greater than 50 mΩ until the EESS temperature becomes stable or any protective device switches off the AC output under test and the EESS temperature returns to ambient temperature.

8.2.6 Anti-islanding

a) Purpose:

EES systems that are not intended to operate in islanded mode, shall be designed to prevent this operating condition in accordance with 7.4.1.7.

If this test has been performed as a type test on the power conditioning system (PCS) it is not necessary to repeat this test on the EESS.

b) Requirement:

The EESS shall shut down in accordance with the requirements of the standard utilized to evaluate the system. Local regulations regarding anti-islanding can apply.

c) Method:

The unintentional islanding test shall be conducted according to IEC 62116:2014, Clause 6, or IEEE Std 1547.1TM-2020, 5.10, or another method. Local regulations for anti-islanding can apply.

8.3 Validation and testing of EESS – Mechanical hazards

8.3.1 Enclosure strength against impact

a) Purpose:

The enclosure of an EESS that is provided to prevent access to hazardous parts and protect internal insulation, shall have sufficient impact strength when tested.

This test applies to an EESS located in an unrestricted access area.

Electrochemical EESS (BEES) are evaluated in accordance with IEC 62933-5-2 for the impact test.

b) Requirement:

As a result of the impact force, there shall be no damage that would result in exposure of hazardous parts as determined by the application of the articulate probe in accordance with 8.2.2, and there is no evidence of dielectric breakdown.

c) Method:

Enclosures of EES systems located in unrestricted access area shall be tested in accordance with IEC 62477-1:2022, 5.2.2.4.3. After the application of the force, the enclosure is examined for signs of damage that can result in access to hazardous parts or loosening of protective barriers through a visual inspection and if openings are created, by using the method outlined in 8.2.2.

To determine damage to insulation or reduced creepage and clearances, the dielectric voltage withstand test of 8.2.4.2 is conducted.

8.3.2 Enclosure strength against static force

a) Purpose:

The enclosure of an EESS that is provided to prevent access to hazardous parts and protect internal insulation, shall have sufficient strength against static forces when tested.

This test applies to an EESS located in an unrestricted access area.

Exception: This test can be waived for EESS with enclosure having enough strength to resist static force based on safety risk analysis.

Electrochemical EESS (BEES) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for the static force test.

b) Requirement:

As a result of the static force, there shall be no damage that would result in exposure of hazardous parts as determined by the application of the articulated probe in accordance with 8.2.2 and there is no evidence of dielectric breakdown.

c) Method:

Enclosures of EES systems located in unrestricted access area shall be tested in accordance with IEC 62477-1:2022, 5.2.2.4.2.3. After the application of the force, the enclosure is examined for signs of damage that can result in access to hazardous parts or loosening of protective barriers through a visual inspection and if openings are created, by using the method outlined in 8.2.2.

To determine damage to insulation or reduced creepage and clearances, the dielectric voltage withstand test of 8.2.4.2 is conducted.

8.3.3 Containment of hazardous moving parts

EESS containing hazardous kinetic energy, such as flywheel energy storage systems, shall be tested as outlined in Annex C.

8.3.4 Mounting means and handle robust test

a) Purpose:

This test applies to EESS that contain handles for carrying or have mounting means such as a rack assembly that have to hold the weight of the supported parts to prevent a hazard as determined by the risk analysis.

Electrochemical EESS (BEES) are tested in accordance with IEC 62933-5-2.

b) Requirement:

As a result of the applied force, there shall be no damage to the mounting apparatus or support structure and the securement means when testing when subjected to a force representative of the supported weight with some additional safety factor. As a result of the applied force, there shall be no damage to handles or the handle mounting or securement means of the equipment under test (EUT).

c) Method:

For the wall mounted apparatus or other support structures, a force equal to 4 times the weight of the EESS parts that the mounting is intended to support is applied to the centre of the mounting or the support structure in a downward direction. The force shall be held for 1 min.

For EESS parts with (a) carrying handle(s), the EUT shall be supported by the carrying handles and a force equal to 4 times the weight of the EUT is applied in a downward direction. If more than one carrying handle is provided, the added weight shall be distributed between the handles.

8.3.5 Impact and vibration during transportation and seismic events

Impact and vibration during transportation and seismic events shall be taken into account as far as relevant in particular when the EESS can be transported. Electrochemical EESS (BEES) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for these hazards.

8.4 Validation and testing of EESS – Fluid hazards (high or low temperature, high pressure, flammable, corrosive, caustic, or toxic)

8.4.1 General

These tests are applicable to systems containing fluids for their operation that are at pressures of 103 kPa or greater; fluid temperatures above 50 °C; fluid temperatures lower than or equal to –10 °C for metallic materials and –25 °C for non-metallic materials; and systems that contain flammable, corrosive or caustic ($\text{pH} \leq 2$ or $\text{pH} \geq 12,5$) or toxic fluids.

For parts that have met the applicable local regulations (e.g. pressure directives), it is not necessary to be subjected to this testing.

8.4.2 Hazardous fluid containing parts strength test

a) Purpose:

Parts containing hazardous fluids as outlined in Table 2 shall have sufficient strength to prevent hazards. These parameters can vary depending upon applicable regulations.

b) Requirement:

As a result of the containment strength test, there shall be no fracture, distortion, rupture or other damage to the fluid containing parts.

c) Method:

Parts of the EESS containing hazardous fluids (gases or liquids) shall be subjected to a hydrostatic strength test of 1,5 times the design pressure of the system for a period of 1 min after reaching the maximum pressure. The pressure shall be gradually increased until the maximum pressure is reached in approximately 1 min using either the liquid used in the system or water. Testing is done at room ambient temperature.

As an alternate method, hazardous fluid containing parts of the EESS can be subjected to a pneumatic strength test of 1,3 times the design pressure of the system for a period of 1 min after reaching the maximum pressure. The pressure shall be gradually increased until the maximum pressure is reached in approximately 1 min using either air or inert gas. Testing is conducted at room ambient temperature.

Table 2 – Test parameters for the strength test

Fluid hazard	Test type	Test parameter ^a
Flammable, corrosive/caustic ^e or toxic	Hydrostatic	1,5 times design pressure
	Pneumatic	1,3 times design pressure
High temperature ^b	Hydrostatic	1,5 times design pressure
	Pneumatic	1,3 times design pressure
Low temperature ^c	Hydrostatic	1,5 times design pressure
	Pneumatic	1,3 times design pressure
High pressure ^d	Hydrostatic	1.5 times design pressure
	Pneumatic	1.3 times design pressure
^a The term "design pressure" is the maximum pressure that the system can achieve under all operating parameters as determined through the operating pressure of the pressure relief device. ^b Temperature greater than or equal to 50 °C. ^c Temperature lower than or equal to –10 °C for metallic materials and –25 °C for non-metallic materials. ^d Pressures greater than or equal to 105 kPa. ^e Corrosive is defined as anything with a pH less than or equal to 2 or a pH greater than or equal to 12,5.		

8.4.3 Hazardous fluid containing parts leakage test

a) Purpose:

Parts containing hazardous fluids as outlined in Table 3 shall be designed to prevent leakage hazards. These parameters can vary depending upon applicable regulations.

b) Requirement:

As a result of the containment leakage test, there shall be no fracture, distortion, rupture or other damage to the fluid containing parts and there shall be no evidence of leakage.

For flammable fluids containment, if relying upon mechanical ventilation to prevent a combustible concentration to maintain a less than or equal to 25 % lower flammability limit (LFL) concentration, the mechanical ventilation evaluation test of 8.5.2 shall additionally be conducted if there is evidence of leakage during this test.

c) Method:

Parts of the EESS containing hazardous fluids (gases or liquids) shall be subjected to a hydrostatic leakage test of 1,5 times the maximum operating pressure of the system for a period of 1 min after reaching the maximum pressure. The pressure shall be gradually increased until the maximum pressure is reached in approximately 1 min using either the liquid used in the system or water. Testing is done at room ambient temperature.

Evidence of leakage when conducting a hydrostatic leakage test shall be determined through evidence of the liquid at piping connections or other areas of potential leakage or by evidence of a pressure decay during the 1 min hold period.

As an alternate method, the above parts of the EESS can be subjected to a pneumatic leakage test of 1,3 times the maximum operating pressure of the system for a period of 1 min after reaching the maximum pressure. The pressure shall be gradually increased until the maximum pressure is reached in approximately 1 min using either air or inert gas. Testing is conducted at room ambient temperature.

Evidence of leakage when conducting a pneumatic leakage test shall be determined through either the use of leakage detection fluids at piping connections areas and other areas of potential leakage or through evidence of a pressure decay during the 1 min hold period.

Table 3 – Test parameters for the leakage test

Fluid hazard	Test type	Test parameter ^a
Flammable, corrosive ^e or toxic	Hydrostatic	1,5 times the maximum operating pressure
	Pneumatic	1,3 times the maximum operating pressure
High temperature ^b	Hydrostatic	1,5 times the maximum operating pressure
	Pneumatic	1,3 times the maximum operating pressure
Low temperature ^c	Hydrostatic	1,5 times the maximum operating pressure
	Pneumatic	1,3 times the maximum operating pressure
High pressure ^d	Hydrostatic	1,5 times the maximum operating pressure
	Pneumatic	1,3 times the maximum operating pressure
^a The term "maximum operating pressure" is the maximum pressure that the system can achieve under all conditions of normal operation. ^b Temperature greater than or equal to 50 °C. ^c Temperature lower than or equal to –10 °C for metallic materials and –25 °C for non-metallic materials. ^d Pressures greater than or equal to 105 kPa. ^e Corrosive is defined as anything with a pH less than or equal to 2 or a pH greater than or equal to 12,5.		

8.4.4 Start-to-discharge pressure test

a) Purpose:

Pressure relief devices shall operate at the intended pressures to prevent a hazard.

This test does not apply to those pressure relief devices that have previously been evaluated to a suitable regional or international standard.

NOTE An example of a standard would be the ASME Boiler and Pressure Vessel code.

b) Requirement:

The start-to-discharge pressure measured shall be in the range of 90 % to 100 % of its rated start-to-discharge pressure setting.

c) Method:

For a resettable pressure relief valve, three samples of resettable pressure relief valve shall be tested, and each sample shall be subjected three times to a gradually increasing air pressure. The pressure at which the device begins to open shall be recorded using a calibrated pressure gauge having a range of at least 150 % of the anticipated maximum operating pressure of the pressure relief device. The start-to-discharge pressure of each sample is the average value of the three trials. The start-to-discharge value of the resettable pressure relief valve is the highest average value for the three samples tested.

For a non-resettable pressure relief device, three samples of the pressure relief device shall be tested, and each sample shall be subjected to a gradually increasing air pressure. The pressure at which the device begins to open shall be recorded using a calibrated pressure gauge having a range of at least 150 % of the anticipated maximum operating pressure of the pressure relief device. The start-to-discharge value of the non-resettable pressure relief device is the highest value for the three samples tested.

8.5 Validation and testing of EESS – Explosion and combustible concentrations hazards

8.5.1 Gas detection and off-gas detection

If the risk analysis according to the output of 6.3 shows that flammable gases can be emitted from EESS, the EESS shall be tested using a suitable test method to verify the effectiveness of the gas detection system.

The electrochemical EESS (BEES) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for gas detection and off-gas detection.

8.5.2 Mechanical ventilation evaluation

a) Purpose:

An EESS that relies upon mechanical ventilation to prevent combustible concentrations shall be evaluated to ensure that the ventilation is sufficient to prevent a combustible concentration (i.e. $\leq 25\%$ LFL).

The electrochemical EESS (BEES) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for ventilation.

b) Requirement:

During the period of release, the concentration of a test gas in the vicinity of potentially ignition-capable equipment that is outside the dilution area shall not exceed twice the value specified in IEC 60079-2:2014, Clause A.2, and shall be reduced below the specified value within 30 min.

c) Method:

A dilution test in accordance with IEC 60079-2:2014, 16.5.4.2, shall be conducted to evaluate the effectiveness of the mechanical ventilation.

8.6 Validation and testing of EESS – Hazards arising from electric, magnetic and electromagnetic fields

Electrochemical EESS (BEES) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for hazards arising from electric, magnetic and electromagnetic fields.

a) Purpose:

The EESS shall have sufficient immunity against electric, magnetic and electromagnetic disturbances to prevent hazards from arising. The safety-related functions of the EESS shall be evaluated for its reliability and safety when exposed to electric, magnetic and electromagnetic fields.

b) Requirement:

The EESS and the safety-related functions of the EESS shall function in accordance with the risk analysis after evaluating for EM exposure.

The EESS EM emissions shall not cause disturbance to the surrounding environment. Local regulation can apply.

c) Method:

The EESS shall be integrated with equipment that comply with IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, IEC 61000-6-4, IEC 61000-6-5 for EM exposure and EM emission as applicable. Other IEC or CISPR standards can be used depending on the site of installation. Local regulation can apply.

The safety functions of the safety-related subsystems of the EESS shall comply with IEC 61000-6-7, or functional safety shall be considered with regard to electromagnetic phenomena according to IEC 61000-1-2, if applicable.

8.7 Validation and testing of EESS – Fire propagation hazards

If the risk analysis shows that there is a need for validation and testing of EESS for fire propagation hazards, this shall be considered. According to current understanding, BESS are the most concerned EESS with this fire propagation hazards issue.

Electrochemical EESS (BESS) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for fire propagation hazards.

8.8 Validation and testing of EESS – Temperature hazards

8.8.1 General

Electrochemical EESS (BESS) shall be tested in accordance with IEC 62933-5-2 for temperature hazards.

8.8.2 Containment of hazardous temperature (low or high) fluids

EESS that contain hazardous temperature fluids (50 °C or above or temperature lower than or equal to –10 °C for metallic materials and –25 °C for non-metallic materials) shall be subjected to the fluid containing parts strength test of 8.4.2 and fluid containing parts leakage test of 8.4.3.

8.8.3 Temperature under normal operation tests

a) Purpose:

The normal operations test is intended to ensure that the EESS operates as intended under maximum normal conditions of charging and discharging.

b) Requirement:

All the functions above shall operate as designed. Temperature of components and energy accumulation subsystems shall not be exceeded.

c) Method:

General temperature test under charging and discharging of the system by looking at temperatures on temperature sensitive components and checking of operating parameters.

The EESS shall be operated at maximum normal loading conditions for charging and discharging. During this operation, temperatures on temperature critical components including energy accumulation subsystems shall be monitored to determine whether or not they are operating within their specified temperature range.

8.9 Validation and testing of EESS – Chemical effects

8.9.1 Strength tests

EESS that contain hazardous fluids (toxic, corrosive or flammable) shall be subjected to the fluid containing parts strength test of 8.4.2.

8.9.2 Leakage tests

EESS that contain hazardous fluids (toxic, corrosive or flammable) shall be subjected to the fluid containing parts leakage test of 8.4.3.

8.10 Validation and testing of EESS – Hazards arising from the environment

8.10.1 General

The environmental exposure tests for electrochemical EESS (BESS) are covered in IEC 62933-5-2.

8.10.2 Ingress of moisture

The EESS shall be provided with sufficient protection against ingress of moisture for its specified installation and ratings to prevent a hazard. The protection from exposure to moisture test is covered in 8.2.3.

8.10.3 Exposure to marine environments

a) Purpose:

The EESS enclosure shall be provided with sufficient protection against salt fog exposure that can result in a hazardous condition if it is specified for installation in a marine environment.

NOTE 1 A marine environment installation would be considered an installation at the shore of a salt water body (e.g. harbour or dock) or on a vessel.

If there are openings in the enclosure, the evaluation shall also consider exposure of internal components. An enclosure IP rating of IP67 (dust ingress and water immersion) or equivalent or higher does not require a salt fog test to evaluate the exposure to internal components.

NOTE 2 NEMA Type 4X and 6P are considered suitable for outdoor installations where there can be salt fog exposure.

The ISO 12944 series coatings (corrosion protection of steel structures) rated C5M are considered resistant to exposure in marine environment and do not require further testing of the enclosure material resistance.

b) Requirement:

The EESS enclosure shall be sufficient to prevent deterioration that can result in a hazardous condition as a result of exposure to salt fog.

c) Method:

The EESS shall be subjected to the evaluation salt fog exposure in accordance with IEC 60068-2-52 using the test procedures for test method 1 (severity 1) for installations on board vessels or test method 2 (severity 2) for installations at the shore of a saltwater body.

For this test, representative subassemblies can be used.

At the conclusion of the conditioning, the EESS is examined for signs of damage that can result in a potentially hazardous condition.

8.11 Validation and testing of EESS – Hazards arising from auxiliary, control and communication subsystem malfunctions

8.11.1 General

The EESS includes primary, auxiliary and control subsystems as shown in Figure 7. A fault arising in any one of these subsystems can impact the overall system and result in a hazard to that system.

8.11.2 Auxiliary system malfunction

8.11.2.1 General

a) Purpose:

When the control power is lost, the protection mechanisms of the system cannot work properly. Control power low or high voltage excursions above specified levels can affect the devices and components that ensure the EESS safety.

b) Requirement:

No potential auxiliary system malfunction shall cause a fire, explosion or an unsafe EESS state. For all conditions tested, the EESS safety functionality shall not be compromised and shall react in accordance with the risk analysis' anticipated outcome.

c) Method:

The verification of auxiliary system fault conditions concerning safety identified by risk analysis, such as the following items shall include testing as applicable to the auxiliary subsystem:

- 1) complete loss of control power;
- 2) partial loss of control power;
- 3) temporary loss of control power;
- 4) control power voltage exceeding a tolerable voltage level;
- 5) control power voltage dropping below a tolerable voltage level;
- 6) cooling system malfunction;
- 7) temporary loss of control input;
- 8) other auxiliary subsystem malfunction.

8.11.2.2 Complete loss of control power to the auxiliary subsystem

With the EESS at approximately 50 % state of charge (SOC), it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min of operation, 100 % of the control power (e.g. the power supply for the programmable logic controller (PLC)) is switched off while the system is still discharging. The system shall then be observed until ultimate results have occurred after the fault condition application.

NOTE 1 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 2 The 100 % of control power is the nominal power supply of the PLC.

NOTE 3 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

8.11.2.3 Partial loss of control power to the auxiliary subsystem

EESS shall be tested based on conditions of power supplies to the PLC for this test.

- If the power supply to the PLC is through one single device, this test does not apply.
- If the PLC is supplied by two sources (e.g. two power supplies):

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min of operation, 50 % of the control power (e.g. power supply to the programmable logic controller) is switched off by switching off one out of two power supplies to the PLC while the system is still discharging. The EESS shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

NOTE 1 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 2 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

NOTE 3 If the power from different power supplies is not equal, each power supply providing a different power will be switched off during test, one at a time.

- If the PLC is supplied by three power sources (e.g. three power supplies):

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min of operation, 33 % of the control power (e.g. power supply to the programmable logic controller) is removed by switching off one out three supplies and then 66 % of the control power is removed by switching off two out of three of power supplies while the system is still discharging. The EESS shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

NOTE 4 This example refers to the case where there is a power supply for a single line PLC. Normally there are different power supply units in the EESS. The total number of power supply units on different lines of different PLCs (e.g. one power supply for line PLC 1 and one power supply for line PLC 2) will be considered. For this case, the test would be conducted by switching off one out of two of the supplies for 50 % of the control power switched off.

NOTE 5 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 6 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

8.11.2.4 Temporary loss of control power to the auxiliary power system

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min, 100 % of control power (e.g. power supply for the programmable logic controller) shall be switched off for 5 min while the system is still discharging. After the 5 min loss of power, 100 % of the power to the control is returned and the system is observed until ultimate results occur while the EESS is still operating.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

NOTE 1 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 2 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

8.11.2.5 Temporary loss of control input

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge for 10 min. After 10 min, remove the control input of the EESS for 30 s and then reconnect it while the system is still discharging. The system shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

NOTE 1 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 2 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

8.11.2.6 Control power voltage exceeds a tolerable voltage level

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min the control power voltage (e.g. power voltage supply of the PLC) is increased to 20 % above the maximum tolerable voltage of the PLC power supply voltage while the system is still discharging. The system shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

NOTE 1 Normally the range of the PLC power supply voltage is 19 V DC to 30 V DC (voltage in this range is considered the tolerable voltage level).

NOTE 2 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 3 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

8.11.2.7 Control power voltage drops below a tolerable voltage level

With the EESS at approximately 50 % state of charge, it shall be subjected to a maximum power discharge. After 10 min, the control power voltage (power voltage supply of the PLC) shall be reduced to 20 % below the minimum tolerable voltage level while the system is still discharging. The system shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

NOTE 1 Normally the range of the PLC power supply voltage is 19 V DC to 30 V DC (voltage in this range is considered the tolerable voltage level).

NOTE 2 The state of charge cannot be critical, so the SOC can be at some mid-level of SOC.

NOTE 3 For systems that cannot sustain 10 min of operation at 50 % SOC, such as some flywheel systems, the EESS SOC can be adjusted to a higher value and the operation time before introducing the fault condition can be reduced to about half of total capable operation time at that SOC.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

8.11.2.8 Cooling system malfunction

With the EESS at the maximum state of charge in accordance with the manufacturer's specifications, subject the EESS to a maximum power discharge until the internal system ambient temperature of the EESS nears its highest temperature, with its cooling system operating. Then the cooling system is switched off to simulate a fault of the cooling system while the EESS is operating. The system shall be observed until ultimate results occur after the fault condition application.

Repeat the test with the EESS subjected to maximum power charging from an initial state of approximately 10 % state of charge.

8.11.2.9 Other auxiliary subsystem malfunction

The test mode for other auxiliary system malfunctions depends on the kind of auxiliary subsystem. Others auxiliary subsystem malfunctions to test shall be determined as result of the risk analysis. Some examples are:

- fire protection system malfunction;
- UPS malfunction.

8.11.3 EES control subsystem malfunction

a) Purpose:

When an EESS control subsystem provides incorrect control information to the power conversion subsystem processing unit, the EESS can be damaged and put into an unsafe state. The fault conditions concerning safety as identified in the risk analysis, such as an EESS management control failure, shall be tested.

b) Requirement:

For the conditions tested, the EESS safety functionality shall not be compromised, and the safety functions shall operate in accordance with the risk analysis anticipated outcomes.

c) Method:

The EESS shall be at a state of charge where there is sufficient energy for testing but not fully charged. The EESS shall be subjected to a maximum power discharge for 10 min.

After 10 min of discharge, apply the incorrect control of the EESS (e.g. set point of active power out of the capability limits of the PLC of the EESS). The system shall be observed until ultimate conditions have occurred after the fault condition application.

Repeat the test with the EESS subjected to a maximum power charging.

8.11.4 EESS internal communication malfunction

a) Purpose:

When the internal communication line is short or open circuited, or when the internal control signal is disturbed, it is possible that the EESS will not work properly.

NOTE All the communication lines inside the EESS (including communication lines between subsystems) are considered as the internal communication lines. Communication lines connected externally at the communication interface of EESS are considered as the external communication lines.

b) Requirement:

For all of the conditions tested, the EESS safety functionality shall not be compromised, and the safety functions shall operate in accordance with the risk analysis' anticipated outcome.

c) Method:

The internal communication fault conditions concerning safety that are identified by risk analysis such as those items noted below shall be tested:

1) Internal communication line is opened

Start condition of the EESS with a state of charge where there is sufficient energy for testing but not fully charged, subjected to a maximum power discharge for 10 min. After 10 min open the internal communication line of the EESS. The system shall be observed until ultimate conditions have occurred after the fault condition application.

Repeat the test with maximum power charging.

2) Internal communication line is short circuited

Start condition of the EESS with a state of charge where there is sufficient energy for testing but not fully charged, subjected to a maximum power discharge for 10 min. After 10 min short circuit the internal communication line of the EESS. The system shall be observed until ultimate conditions have occurred after the fault condition application.

Repeat the test with maximum power charging.

3) Internal communication line is disturbed (applied noise on the communication line)

Start condition of EESS with a state of charge where there is sufficient energy for testing but not fully charged, subjected to a maximum power discharge for 10 min. After 10 min apply noise to the internal communication line of the EESS. The system shall be observed until ultimate conditions have occurred after the fault condition application.

Repeat the test with maximum power charging.

NOTE 1 The opening of the line (internal and external) can be achieved by pulling the plug out of the communication cable (example CAN BUS).

NOTE 2 The short circuit of the line (internal and external) can be achieved with a short circuit on at least two lines of the terminal of the communication cable (example CAN BUS) in accordance with the risk analysis.

NOTE 3 The disturbance of the line (internal and external) will be selected in reference to the environment of the site of installation (i.e. residential, industrial or substation). The following are the reference standards to select the disturbance to apply on the EESS: IEC 61000-1-2, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-5, and IEC 61000-6-7.

8.11.5 EESS external communication malfunction

a) Purpose:

There are a number of factors that can affect the safe operation of the EESS, which are set out below. These factors shall have been considered during the design process; system level risk analysis (e.g. FMEA), and testing shall be performed to ensure that the EESS enters a safe state in each case:

- 1) external communication line is opened;
- 2) external communication line is short circuited;
- 3) external communication line is disturbed.

b) Requirement:

For all conditions tested, the EESS safety functionality shall not be compromised, and the safety functions shall operate in accordance with the risk analysis anticipated outcome.

c) Method:

1) External communication line is opened, test mode

The start condition for the EESS is approximately 50 % state of charge and maximum power in discharge for 10 min. After 10 min open the external communication line of the EESS. The system shall be observed after the open circuit fault condition application until ultimate results occur.

Repeat the test with maximum power in charge.

2) External communication line is short circuited, test mode

The start condition for the EESS is approximately 50 % state of charge and maximum power in discharge for 10 min. After 10 min short circuit the external communication line of the EESS. The system shall be observed after the short circuit fault condition application until ultimate results occur.

Repeat the test with maximum power in charge.

3) External communication line is disturbed, test mode

The start condition for the EESS is approximately 50 % state of charge and maximum power in discharge for 10 min. After 10 min open the external communication line of the EESS and apply a noise on the internal communication line of the EESS. The system shall be observed after the noise fault condition application until ultimate results occur.

Repeat the test with maximum power in charge.

NOTE 1 The opening of the line (internal and external) can be achieved by pulling the plug out of the communication cable (example CAN BUS).

NOTE 2 The short circuit of the line (internal and external) can be achieved with a short circuit on at least two lines of the terminal of the communication cable (example CAN BUS) in accordance with the risk analysis.

NOTE 3 The disturbance of the line (internal and external) will be selected in reference to the environment of the site of installation (i.e. residential, industrial or substation). The following are the reference standards to select the disturbance to apply on the EESS: IEC 61000-1-2, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-5, and IEC 61000-6-7.

9 Instruction manuals and guidelines

9.1 General

The manuals shall include the EESS specifications including electrical input and output ratings, environmental ratings, system overall dimensions, weight and an overall description of the EESS and its operation. All markings and signage for the system shall be included in the manuals. The language for manuals shall either be in English or another language. Local regulations can apply.

The manuals for multi-part EESS shall include a description of all of the parts of the system, and the layout of the parts when installed as a system, with a single-line electrical diagram of the EESS identifying all interconnections and ports.

The electrical schematic and piping and instrument diagram of the systems if applicable shall be included in the manuals of the system.

The manuals shall provide contact information for support with installation, operation, and maintenance for the EESS. There shall also be emergency contact information in the event of a safety incident involving the EESS.

The manuals can be available in either hard copy or digital format (online) that can be printed. The manuals shall be in a format that is accessible when necessary over the life of the system.

If the information in the manuals is not clear or is incomplete in some aspect in the event of residual risk for some complex systems, the manufacturer will have to provide additional information or additional training to address missing or unclear information in the manuals.

9.2 Installation manual

An installation manual shall be provided. The installation manual shall contain at least the following related parts:

- a general description of the characteristics of the facility and system;
- the safety rules for installation including information on the appropriate PPE required to perform the various tasks of the installation;
- the instructions for installation;
- the instructions for commissioning;
- the instructions for the interface control;
- the instructions for troubleshooting during installation;
- instructions on any equipment that is installed on site that is part of the system such as HVAC;
- instructions on protection mechanisms that have to be installed on site such as fire detection and suppression systems;
- the instructions regarding how to decommission the EESS.

The installation information shall include instructions for making all necessary connections for electrical, communications, piping for fuels and other fluids, etc. as well as connections to other equipment that are part of the system. Multi-part EESS shall have all parts identified in the installation instructions with instructions for the installation and interconnection of those parts.

The instructions shall include information on electrical disconnects, shut off valves and other devices required to be installed with the system. The installation instructions shall include the parameters required for electrical connections and installed devices in electrical circuits (communication protocols, circuits and devices) as well as parameters for fuel and other fluid connections and control devices necessary for the operation of the EESS.

Environmental limits of the system installation shall be included in the installation instructions. These will include whether the system is intended for outdoor installations only, limitations regarding installations in seismic or in marine environments. Those EESS that require restricted access shall include instructions for installations in restricted access areas.

9.3 Maintenance manual

9.3.1 General

The EESS shall be provided with maintenance instructions for service personnel as well as a separate set of instructions for any basic maintenance procedures that would be handled by operators of the system. Maintenance instructions shall include instructions for minor repairs that can be considered as part of basic maintenance such as fuse replacement and instructions that indicate when the service personnel are required to handle the repair.

The maintenance instructions shall include safety measures to be followed during maintenance of the system whether by service personnel or for basic maintenance procedures handled by system operators.

Maintenance instructions shall include the frequency of routine maintenance to be performed including annual checks on any subsystems such as the accumulation subsystem including the batteries, any containment systems and pressure vessels, the auxiliary subsystem including any gas detection devices, HVAC systems, fire suppression system, etc., as well as any operational tests to be performed.

When maintenance operations are planned, appropriate analysis of the system shall be conducted prior to the start to ensure that the maintenance can be carried out in a safe manner. This includes determining of the need for electric isolation of any piece of equipment to be performed and documented before any maintenance.

9.3.2 Personal protective equipment (PPE) guidelines

Maintenance instructions shall include information on the appropriate PPE required to perform the various tasks. Areas within and around the EESS requiring special protection measures against inherent dangers (e.g., electrical, mechanical, chemical, heat and stored energy hazards) shall be provided with cautionary signage to identify the hazards and necessary precautions.

Maintenance instructions shall include information on safe working practices. Wherever possible, work shall commence only when conductors normally energized at a dangerous voltage have been securely isolated and earthed. Areas within and around the energy storage system requiring special protection measures against arc flash and shock hazards shall be provided with cautionary signage to identify the electrical hazards and necessary precautions. Where isolation is not possible, for example work on battery terminals, instructions shall be provided on the appropriate PPE required to perform the task.

Maintenance procedures shall ensure that the EESS is operating as intended after maintenance and that protective functions are functioning. Maintenance procedures for equipment and parts in hazardous areas or zones shall ensure that the hazardous area or zone protection is not compromised.

Instructions for walk-in systems and secured areas of the EESS shall indicate that sufficient precautions are to be taken to ensure there is no one inside the door before locking it from the outside.

9.4 Operator manual

The operator manual shall contain at least the following related parts:

- general description of the characteristics of the EESS;
- main safety rules including information on the appropriate PPE required to perform the various tasks;
- instruction for operating the EESS and instructions for interface control;

- instructions regarding the different states of operation and meaning of indicators of operation and how to determine the state of operation;
- how to troubleshoot if there are incorrect state indications during the EESS operation that do not require further maintenance;
- instructions on communication protocols for the EESS;
- instructions on procedures in the event of warning indicators or alarms from the EESS and when to initiate emergency procedures.

If the system can be remotely operated, there shall be instructions regarding how to safely disconnect from remote operation and change to local control of the system. Once local control is no longer necessary, instructions for the safe reconnection of the remote control shall be included.

Instructions for walk-in systems shall indicate that sufficient precautions are to be taken to ensure there is no one inside the door before locking it from the outside.

9.5 Emergency procedure manual

The emergency procedure manual shall contain at least the following information:

Procedures for pre-planning of potential emergency events that can occur based upon the EESS technology, design and mode of operation (e.g., remote or local).

The EESS manufacturer shall provide information on the reasonably foreseeable emergency conditions with the EESS that could occur.

NOTE It is the responsibility of the owner or operator of the EESS that suitable and effective local emergency plans are in place.

The emergency procedure manual shall include:

- a description of the action which should be taken to control the conditions or events and to limit their consequences, including a description of the safety equipment and the resources available for all foreseeable conditions or events which could be significant in bringing about a major accident;
- arrangements for limiting the risks to persons on site including how warnings are to be given and the actions persons are expected to take upon receipt of a warning (first responder guidelines, emergency evacuation plan);
- arrangements for providing early warning of the incident to the authority responsible for setting the external emergency plan in motion, the type of information which should be contained in an initial warning and the arrangements for the provision of more detailed information as it becomes available;
- where necessary, arrangements for training staff in the duties they will be expected to perform and, as appropriate, coordinating this with off-site emergency services.

9.6 First response manual

The first response manual shall describe methods and general steps that have to be taken in the event of an emergency involving the EESS (e.g. fire mitigation, explosion risk prevention). Site specific procedures or instructions shall be developed, and roles and responsibilities clearly noted to identify the individuals required to perform the designated actions or steps.

The operation of an automatic fire suppression system shall be described and the precautions to take when triggered shall be given.

The first response manual shall also describe methods and general steps that shall be taken for other types of non-fire hazards such as chemical spills, electrical hazards, toxic gas releases, etc.

10 Markings and signage

10.1 General

Required markings including the nameplate and warning markings and signage shall be legible and permanent and located on the EESS where they will be visible when the EESS is installed.

10.2 Nameplate

The nameplate of the EESS shall include the manufacturer name or trademark, the model number of the EESS, input and output electrical ratings (voltage, current or power, frequency, phase), energy ratings (kWh, MWh), technology, special environmental limits (e.g. indoor only, seismic ratings), ambient temperature ratings, and emergency contact information or a digital link to emergency contact information, and date of manufacture.

The nameplate shall be located where it is visible on the system after installation.

A digital link (web address, QR code, bar code or other) to the system manuals shall be provided if digital manuals are provided.

For multi-part EES systems, a nameplate marking as noted above shall be provided on at least the accumulation subsystem, and it shall indicate that it is a multi-part EESS and it shall include a marking to read the instructions for additional information on the complete EESS. Other parts of the multi-part EES system shall be provided with their own nameplate marking reporting all the information related to the respective subsystems according to the relevant product standard.

10.3 Cautionary markings and signage

The need for cautionary markings or signage to be provided shall be determined by the risk analysis of the system. Cautionary markings and signage shall be designed in accordance with ISO 7010.

Examples of cautionary markings can include symbols and warnings regarding hot surface markings, electrical shock hazards, chemical hazards and hazardous moving parts hazards.

Cautionary markings and signage shall also be provided as applicable to the EESS technology and design. Local regulations can apply.

Annex A (informative)

Main risks of different storage technologies

A.1 General

Annex A has information on potential failure modes or conditions and their consequences with various EESS technologies and is not a complete list of all hazards that can occur. It is not meant to replace a thorough risk assessment. It is the EESS manufacturers' responsibility to conduct a thorough risk assessment of their system in accordance with this document to identify and mitigate against the potential hazards of their system.

A.2 Pumped hydro storage

Pumped hydro storage is a particular type of hydroelectric facility. These plants have two interconnected water reservoirs located at different elevations. During off-peaks hours, water is pumped to the upper reservoir to store energy. Then, during periods of high electricity consumption, water is released, via water turbines, into the lower reservoir to produce electricity.

The main risk scenarios for pumped hydro storage are given in Table A.1.

Table A.1 – Main risk scenarios for pumped hydro storage

Causes	Failure modes or conditions	Hazard	Consequences
Earthquake, landslide, water infiltration which could damage the structure (dam or embankments)	- Rupture or breach in the dam or retention basin structure - Rupture of a drain device, pipe, turbine or electrical machine	- Formation of a flood wave - Sharp increase in the downstream flow	- Deadly currents sweeping away people - Drowning of people - Submersion of property
Avalanche causing a sudden rise in the water level			
External aggression on the dam or on the retention basin (vegetation, collision of vehicles or machines, burrowing fauna)			
Intrinsic dam or retention basin failure (corrosion, bottom erosion by water, damage to the liner)			
Domino effect by rupture of an upstream dam			
Exceptional flood exceeding the permitted rating			
Upstream intake with insufficient downstream flow			
Pumping causing an overfilling of the upper reservoir			
Failure of mechanical parts (corrosion, ageing, loss of seal...)			

A.3 Flywheel

A flywheel stores energy as kinetic energy. A wheel with significant mass at the rim serves as the storage medium. The wheel is typically sealed in a relative vacuum chamber to reduce kinetic energy loss due to friction forces. When it is necessary to store energy, the rotational speed of the wheel is increased, and when stored energy is to be released, the rotational speed of the wheel is decreased. Conversion of electrical energy to mechanical energy is done with an electrical machine which can function both as a motor and as a generator.

The main risk scenarios for flywheels are given in Table A.2.

See Annex C for tests to evaluate the containment of moving parts for an accumulation subsystem of a flywheel type mechanical EESS.

Table A.2 – Main risk scenarios for flywheel

Causes	Failure modes/conditions	Hazard	Consequences
Overspeed due to defective frequency inverter	- Material fatigue due to excessive stress - Rotor imbalance - Disintegration of rotor - Rotor not contained	- Machine at risk of sudden (violent) failure without warning - Excessive vibration, overheating of bearings, material fatigue - Fire (composite rotor), high speed projectiles (all rotors), forceful disintegration of machine (all rotors) - Forceful disintegration of machine, projectiles, fire	- Sickness, injury or death - Damage to buildings - System perturbation
Sensors disturbance			
Command control disturbance			
Insufficient heat dissipation			
External heat flux			
Defective vacuum pump or vacuum line			
Air intake caused by piercing of the enclosure (corrosion, breakage)			
Defective magnetic levitation of bearings			
Short circuit or rotor block in motor/generator			

A.4 Gravitational EESS

A gravity energy storage is a kind of mechanical energy storage, which lifts the weight to a high place through electricity to increase its gravitational potential energy to complete the energy storage process and converts the gravitational potential energy into kinetic energy through the falling process of the heavy object, and then into electrical energy. The weight can be either solid weight or water.

The main risk scenarios for gravitational EESS storage are given in Table A.3.

Table A.3 – Main risk scenarios for gravitational EESS

Causes	Failure modes/conditions	Hazard	Consequences
Earthquake, landslide, water infiltration which could damage the structure	• Mechanical rupture • Core weight blocked • Seal breakdown • Water leakage • Core weight dropped	• Machine at risk of sudden (violent) failure without warning • Excessive vibration, overheating of bearings, material fatigue • Projectiles and weight from high altitude • Loud noise	• Sickness, injury or death • Damage to buildings • Mechanical damage • Loss of capacity
Cable to lift the weight failure			
Control system to lift weight failure			
Corrosion of cables, and other mechanical parts			
Corrosion of water tank			
Failure or block of pump			
Damage to containment system			

A.5 Battery energy storage systems

The main risk scenarios associated with battery energy storage systems BESS are outlined in IEC 62933-5-2.

A.6 Hydrogen and synthetic natural gas

A typical hydrogen storage system consists of an electrolyser, a hydrogen storage tank and a fuel cell. An electrolyser is an electrochemical converter which splits water using electricity into hydrogen and oxygen. It is an endothermic process, i.e. heat is required during the reaction. Hydrogen is stored under pressure in gas bottles or tanks, or in the form of cryogenic liquid. Hydrogen can be stored by absorption or adsorption on solids or by chemical reaction. To generate electricity, both gases flow into the fuel cell where an electrochemical reaction which is the reverse of water splitting takes place: hydrogen and oxygen react and produce water, heat is released, and electricity is generated. For economic and practical reasons oxygen is not stored but vented to the atmosphere on electrolysis, and oxygen from the air is taken for the power generation.

The main risks scenarios for hydrogen storage are given in Table A.4.

Table A.4 – Main risk scenarios for hydrogen storage

Causes	Failure modes/conditions	Hazard	Consequences
Mechanical shock	• Pressure build up in the vessel • Loss of containment: – liquid or gas hydrogen leak – tank burst • Hydride reaction with air or water • Dispersion of hydride particles in presence of hydrogen	• Possible formation of explosive atmosphere near the leak or within the local if confined • Ignition in presence of an ignition source – jet fire – pool fire • Delayed ignition in presence of an ignition source – explosion of air-hydrogen mixture (thermal effects, projection of debris, blast) • Rapid phase transition • Physical explosion • Ignition of hydrides in contact with water • Hybrid explosion of gas and powder	• Thermal effects • Blast effect • Projection of debris • Anoxia risk in confined conditions • Cryo-burn
Hydrogen embrittlement / corrosion causing degradation, and mechanical failure			
Fatigue and failure by repeated effects of thermal expansion			
External heat flux			
Degradation of the container wall			
Overpressure by failure of control instruments			
Low temperature degradation and ageing of materials			
Performance degradation of thermal insulation			
Tank overfilling by failure of control instruments			
Poor control of exothermic reactions in the absorption and desorption cycles			

A.7 Thermal EESS technologies

The main risks scenarios for thermal storage EESS are given in Table A.5.

Table A.5 – Main risk scenarios for thermal EESS storage

Causes	Failure modes/conditions	Hazard	Consequences
Leakage of toxic, reactive or flammable fluids from failed joints and connections	• Pressure build up in the vessel • Breakdown of thermal insulation and exposure to hazardous thermal conditions • Loss of containment: – hazardous liquid or gas leak – tank burst • Water reactive materials reaction with air or water • Failure of thermal controls leading to an overtemperature condition and breakdown of containment • Leakage of toxic or corrosive materials upon weakening of containment system	• Exposure to toxic or corrosive fluids • Exposure to hazardous temperatures parts (high or low temperature) • Possible formation of explosive atmosphere near the leak or within the local area if confined • Inflammation in presence of an ignition source – jet fire – pool fire • Delayed Inflammation in presence of an ignition source – explosion of air-hydrogen mixture (thermal effects, projection of debris, blast) • Rapid phase transition physical explosion	• Exposure toxic fluids • Exposure to corrosive fluids • Thermal effects • Blast effect • Projection of debris • Anoxia risk in confined conditions • Cryo-burn • Fire propagation to surrounding environment
Fatigue and failure by repeated effects of thermal expansion			
Overpressure by failure of control instruments			
Overtemperature by failure of control instruments			
Low or high temperature degradation and ageing of materials			
Degradation of the container wall or piping due to effects of temperature or chemical exposure			
Performance degradation of thermal insulation			
Failure to purge or insufficient purging of containment vessels when required by design			

A.8 Other EESS technologies

Other EESS technologies exist that are not listed here.

Annex B (informative)

Safety considerations

B.1 General

Annex B provides some information on safety concerns that can apply in general to EESS.

B.2 Electrical hazards

Electricity travels in closed circuits, normally through a conductor. But sometimes a human body and, when proximate, water and even air can be conductors of electricity and inadvertently become part of the electric circuit. Electrically caused pain or injury (electric shock) can occur when electrical energy capable of causing pain or injury is transferred to a body part.

Electrical energy transfer occurs when there are two or more electrical contacts to the body:

- between a body part and a conductive part of the equipment,
- between another body part and earth and water or another conductive part of the equipment.

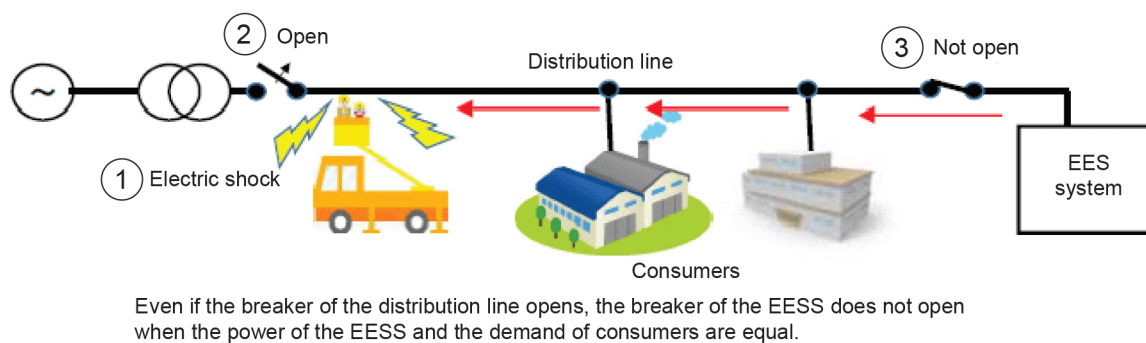
When a person receives a shock, electricity flows between parts of the body or through the body to the ground or the earth. Depending on the magnitude, duration, wave shape, and frequency of the current, the effect to the human body varies from undetectable to detectable to painful to injurious. Burns are the most common shock-related injury, but electric shock can also cause ventricular fibrillation. Refer to IEC 60479-1 for additional information on electric shock and its impact to humans.

In addition to shock and burn hazards, electricity poses other dangers. For example, arcs that result from short circuits during work on energized systems, referred to as "arc flash", can cause serious injury or start a fire.

Thermal burns can also be caused when clothing catches fire, as can occur when an electric arc is produced. Extremely high-energy arcs can damage equipment, causing fragmented metal to fly in all directions. Even low-energy arcs can cause violent explosions in atmospheres that contain flammable gases, vapours, or combustible dusts.

Static electricity can also cause shocks or can just discharge to an object with serious consequences, as when friction causes a high level of static electricity to build up at a specific spot on an object. The discharge of this static charge can ignite a combustible mixture if such a mixture is present. A sudden discharge of static electricity through a person touching an object can cause a startle effect or injury. This can happen simply through handling plastic pipes and materials or during normal operation of rubberized drives or machine belts found in many worksites. In these cases, for example, static electricity can potentially discharge and cause an explosion if enough flammable or combustible substances are located nearby.

Unintentional islanding can have considerable impact on the safety of humans and facilities. The public as well as technical staff might be at risk of electric shock during an incident investigation or during equipment removal operations. In general, a distribution line is at no-voltage during a system blackout because the distribution line circuit breakers are opened (see Figure B.1). However, the distribution lines which are connected to the EESS, the area which should be originally at no-voltage, are energized if the EESS continues to operate and is not separated from the power networks. The state in which distribution lines are energized only by the electric power supplied from the EESS is called unintentional islanding.



IEC

Figure B.1 – Islanding of the EESS

B.3 Mechanical hazards

Mechanically caused injury is due to kinetic energy transfer to a body part when a collision occurs between a body part and an equipment part. The kinetic energy is a function of the relative motion between a body part and accessible parts of the equipment, including parts ejected from the equipment that collide with a body part.

Examples of kinetic energy sources are:

- body motion relative to sharp edges and corners;
- part motion due to rotating or other moving parts, including pinch points;
- part motion due to loosening, exploding, or imploding parts;
- equipment motion due to instability;
- equipment motion due to wall, ceiling, or rack mounting means failure;
- equipment motion due to handling failure;
- part motion due to an exploding battery;
- equipment motion due to cart or stand instability or failure;
- displacement due to mechanical vibration;
- equipment motion due to interaction with natural risks (flood, earthquake).

Mechanical trauma includes friction, pressure, abrasions, lacerations and contusions causing more or less serious injuries.

B.4 Energy hazards

B.4.1 Explosion hazards

Explosions endanger the lives and health of those exposed as a result of the uncontrolled effects of flame and pressure, the presence of noxious reaction products, the discharge of projectiles, and the consumption of the oxygen in the ambient air.

An explosion is a rapid expansion of gases resulting in a rapidly moving pressure or shockwave. Explosions are classified according to the nature of the system "transformation", and usually explosions of physical origin and chemical origin are distinguished.

Physical explosions include boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) which is a violent explosive vaporization leading to the rupture of a tank containing a liquid at a temperature significantly above its normal boiling point at atmospheric pressure. In this case the "transformation" is a variation of internal energy.

In general explosions of solids, liquids or gases are divided into two types: deflagrations and detonations. In both types a reaction zone propagates through the reactant(s). Owing to the density difference, the energy release per unit of volume is much higher for liquids and solids than for gaseous reactants.

Chemical explosion can result from the runaway of exothermic chemical reaction or from the decomposition of unstable substances. The burning of a fuel/air mixture's combustible vapours (gas explosions) and burning of a suspension's air/fuel particles (dust explosions) are also involved, and the transformation is a combustion reaction of an explosive atmosphere. The potential hazards associated with explosive atmosphere are released when ignited by an effective ignition source.

B.4.2 Hazards arising from electrical, magnetic, and electromagnetic fields

High-level electromagnetic energy produced by radio frequency radiation (RFR) can also induce electrical currents or voltages that can be a source of disturbance on other equipment, cause electrical arcs that can ignite flammable materials, or act as an ignition source in explosive atmospheres' hazardous areas.

B.5 Fire hazards

A fire hazard occurs if combustible materials, oxidizer and ignition energy are available in sufficient quantities at the same place and at the same time. The fire hazard depends on the interaction of these three items.

The ease of combustion of materials is affected by the size, shape and deposition of the materials. For example, small pieces of a material loosely collected together can be more easily ignited than a large piece of that material. The combination of materials can also have an influence on the ignitability and the burning behaviour. Consideration should be given as to whether the properties of the materials can change over time or with use. Such changes can include the possibility of decomposition of the material releasing combustible gases and vapours. This can lead to an increased fire hazard.

Certain materials are inherently unstable, or have extraordinary oxidizing properties, or are capable of self-heating. This affects the fire hazard.

Variation in the oxygen concentration (e.g. oxygen enrichment) can also significantly affect the fire hazard.

The fire hazard can arise from the materials used or released by the EESS, from materials in the vicinity of the EESS, or from materials used in the construction of the EESS.

Combustible materials can occur as solids, liquids or gases of organic or inorganic nature.

The most common oxidizer is air but there are other oxidizers which support combustion, for example potassium nitrate (KNO_3), potassium permanganate (KMnO_4), perchloric acid (HClO_4), hydrogen peroxide (H_2O_2), and nitrous oxide (N_2O).

NOTE Possible ignition sources can arise due to the influence of:

- a) heat energy;
- b) electrical energy;
- c) mechanical energy;
- d) chemical energy.

Electrically caused fire is due to conversion of electrical energy to thermal energy where the thermal energy heats a fuel material followed by ignition and combustion. Electrical energy is converted to thermal energy either in a resistance or in an arc and is transferred to a fuel material.

Fire initiation is produced when sufficient energy release allows the heating of a fuel element by conduction, convection, or thermal radiation to a temperature such that a combustion reaction starts. It should be noted that the combustion reaction will always occur between the oxygen and the gaseous fuel. Depending on the nature of the fuel (gas, liquid or solid), the ignition process will be different.

The propagation phase corresponds to the rise of fire related to the path of combustion of the flammable items. During this phase the position of the fuel elements plays an important role as a criterion that enables or impedes the development of the fire.

The fire hazard can result for example from the fire itself, the thermal radiation, the fire effluent, or the escaping materials. An explosion hazard can exist in addition to the fire hazard.

Thermal and chemical fire-induced hazards threaten people and the environment. These fires can vary highly in nature and intensity according to the material that is burning (nature, geometry, quantity) and burning conditions.

For gases, the initiation occurs in a fuel oxidizer mixture with proportions between the lower flammability limit (LFL) and the upper flammability limit (UFL). The energy input to initiate combustion mixture is often very low. This energy is commonly measured in the stoichiometric proportions of the combustion reaction. Hence it is called low energy flammability (LEF). This energy is often of the order of a few millijoules. A spark can be enough to ignite the mixture.

For liquids, combustion occurs from the vapour emitted, provided that the vapour emission rate is sufficient to create a flammable mixture with the ambient air. In addition, ignition of the mixture will only occur if enough energy ($\geq$ LEF) is provided when the temperature of the liquid is higher than its temperature flash point.

For solid fuels, the initiation phenomenon is more complex because it is governed by heat transfer within the material. The energy received by the fuel increases the temperature of the solid until the sublimation or decomposition temperature is reached. This process is called the pyrolysis phenomenon. The initiation time depends on the intensity of the thermal flow, the thermal properties, the ignition temperature and the water content.

B.6 Temperature hazards

Thermal energy transfer occurs when a body touches a hot equipment part or hot liquids. The extent of injury depends on the temperature difference, the thermal mass of the object, rate of thermal energy transfer to the skin, and duration of contact. The perception of the human body varies from warmth to heat that can result in pain or injury (burn).

Exposure to thermal radiation can cause burns to the skin. The radiation types of greatest concern are thermal radiation issued from open flames and explosions. Exposure to extreme cold temperatures can also generate some injury to skin and body parts.

Normal operations as well as abuse conditions can both generate dissipation of heat and therefore potential thermal hazards.

Hot smoke inhalation can cause burn injury. In fact, 60 % to 80 % of burn fatalities come from major smoke inhalation. The immediate effects can include fainting, blockages of airways, singed facial or nose hair, or both, and burns around the face and neck. Smoke inhalation can also lead to pulmonary (lung) injury.

B.7 Chemical hazards

Injury caused by hazardous substances is due to a chemical reaction with a body part. The extent of injury by a given substance depends on both the magnitude and duration of exposure and on the body part's susceptibility to that substance.

A worker's skin and eyes can be exposed to hazardous chemicals through direct contact with contaminated surfaces, deposition of aerosols, immersion, or splashes. Chemical agents are divided into two types: primary irritants and sensitizers. Primary or direct irritants act directly on the skin through chemical reactions. Sensitizers cannot cause immediate skin reactions, but repeated exposure can result in allergic reactions. Contact with strong acids or alkaloids or other corrosive or caustic materials can eat away or "burn" skin and deeper tissue. These can be caused by various chemicals used in workplaces. There are also the immediate and long-term dangers from inhaling, swallowing or absorbing toxic chemicals through the skin.

Chemical effect can be fire induced (e.g. fire gases toxicity) or not (release of effluents during normal operations) or can be induced through heating chemicals beyond decomposition temperature in either normal or abuse conditions. Chemical effect can also encompass creating an explosive atmosphere by production of flammable gases (e.g. hydrogen).

Discharge of previously accumulated toxic gas can generate serious hazards in terms of massive exposure to humans in the area. In addition, severe corrosion issues can be triggered.

B.8 Unsuitable working conditions

Risk factors that can lead to the development of musculoskeletal disorders (MSDs) include:

- exerting excessive force by lifting heavy objects, pushing or pulling heavy loads, manually pouring materials, or maintaining control of equipment or tools;
- performing the same or similar tasks repetitively. Performing the same motion or series of motions continually or frequently for an extended period of time;
- working in awkward postures or being in the same posture for long periods of time;
- pressing the body or part of the body (such as the hand) against hard or sharp edges, or using the hand as a hammer.

Cold temperatures in combination with any one of the above risk factors can also increase the potential for MSDs.

Other risk factors include:

- excessive noise that is continuous and can damage hearing over time for persons in the vicinity that are not using protective hearing equipment;
- exposure to radio frequency energy of sufficient intensity at frequencies between 3 kHz and 300 GHz that can adversely affect personnel.

Annex C (normative)

Test methods for mechanical EESS using a flywheel accumulation subsystem

C.1 General

Mechanical EESS that use a flywheel accumulation subsystem contain parts with hazardous kinetic energy and require a containment means that has sufficient capability to prevent exposure to hazardous moving parts under normal and abnormal conditions. The suitability of the protection system shall be evaluated as outlined in the tests of Clause C.2 to Clause C.4.

C.2 Purpose

Mechanical EESS that use a flywheel accumulation subsystem shall be designed to contain parts with hazardous kinetic energy when there is a potential fault condition in the system that negatively impacts the moving parts.

C.3 Requirement

As a result of the introduction of each of the abnormal conditions, there shall be no explosion or fire.

The moving part(s) shall not become loosened or disconnected in a manner that would result in a hazardous condition. If completely or partially loosened or disconnected as a result of the test, the containment means shall safely contain the part(s).

C.4 Method

EESS containing hazardous kinetic energy such as flywheel energy storage systems shall be tested under the applicable abnormal conditions noted below, as determined by the risk assessment, to ensure that hazard moving parts are contained:

- a) a single fault in the system controls that would allow excessive speed of the moving parts and the EUT is operated at over speed conditions;
- b) a damaged or failed bearing when the system is operated at the maximum speed anticipated during normal operation;
- c) a blocked rotor shaft or moving parts of the system when the system is operated at maximum operating conditions;
- d) failure of the vacuum system for the moving parts containment system.

With the system operating at maximum discharge loading conditions, one of the faults outlined in items a) through d) above is introduced, and the system is then operated until one of the following occurs:

- 1) the system has operated for no less than 30 min and the system temperature has reached a steady state;
- 2) a protection control operates to stop operation of the DUT or the hazardous moving part; or
- 3) the hazardous moving part has loosened and is completely or partially disconnected from its securement means and has completely stopped moving; or
- 4) the containment means has failed.

NOTE More detailed methods for conducting these fault conditions can be found in UL 9540.

Annex D (informative)

Component safety standards

The list of documents in Table D.1 provides examples of component safety standards that can be utilized in EESS to evaluate the reliability of the component.

Table D.1 – Examples of component safety standards for use in EESS

Component	Standard number	Title
Ancillary equipment	IEC 60364 (relevant parts)	Low-voltage electrical installations
Ancillary equipment	IEC 60947-7 (relevant parts)	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment
Batteries, flow batteries	IEC 62932-2-2	Flow battery energy systems for stationary applications – Part 2-2: Safety requirements
Batteries, high temperature	IEC 62984-2	High-temperature secondary batteries – Part 2: Safety requirements and tests
Batteries, lead acid (vented)	IEC 60896-11	Stationary lead-acid batteries – Part 11: Vented types – General requirements and methods of tests
Batteries, lead acid	IEC 60896-21	Stationary lead-acid batteries – Part 21: Valve regulated types – Methods of tests
Batteries, lead acid (valve regulated)	IEC 60896-22	Stationary lead-acid batteries – Part 22: Valve regulated types – Requirements
Batteries, lithium ion	IEC 62619	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications
Batteries, lithium ion	IEC 63056	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries for use in electrical energy storage systems
Batteries, sealed nickel metal hydride	IEC 63115-2	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 2: Safety
Connectors	IEC 60999-1	Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm ² up to 35 mm ² (included)
Connectors	IEC 60999-2	Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 2: Particular requirements for clamping units for conductors from 1,2 mm ² up to 300 mm ² (included)
Connectors	IEC 61984	Connectors – Safety requirements and tests
Electrical cables	IEC 62440	Electric cables with a rated voltage not exceeding 450/750 V – Guide to use
Electrical controls	IEC 60730-1	Automatic electrical controls – Part 1: General requirements
Fuel cell system	IEC 62282-3-100	Fuel cell technologies – Part 3-100: Stationary fuel cell power systems – Safety
Fuses	IEC 60127-1	Miniature fuses – Part 1: definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links
HVAC	IEC 60335-2-40	Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers
Insulation systems	IEC 60085	Electrical insulation – Thermal evaluation and designation

Component	Standard number	Title
ITE, audio/video, communication equipment	UL 62368-1	Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment – Part 1: Safety Requirements
Paints, varnishes	ISO 12944 (relevant parts)	<i>Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems</i>
Plugs, outlets	IEC 60309 (relevant parts)	Plugs, fixed or portable socket-outlets and appliance inlets for industrial purposesP
Power conversion equipment	IEC 62109-1	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements
Power conversion equipment	IEC 62109-2	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters
Power conversion equipment	IEC 62477-1	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General
Power conversion equipment	IEC 62477-2	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC
Power conversion equipment	IEC 62909-1	Bi-directional grid-connected power converters – Part 1: General requirements
Power conversion equipment	IEC 62909-2	Bi-directional grid-connected power converters – Part 2: Interface of GCPC and distributed energy resources
Power supplies	IEC 61204-7	Low-voltage switch mode power supplies – Part 7: Safety requirements
Relays	IEC 61810-1	Electromechanical elementary relays – Part 1: General and safety requirements
Residual current protection devices	IEC 60755	General safety requirements for residual current operated protective devices
Solenoid valves	IEC 60730-2-8	Automatic electrical controls – Part 2-8: Particular requirements for electrically operated water valves, including mechanical requirements
Supply cords, cables	IEC 60227-1	Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirement
Supply cords, cables	IEC 60245-1	Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirements
Surge protection	IEC 61643-11	Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods
Switches	IEC 61058-1	Switches for appliances – Part 1: General requirements
Switchgear and controlgear	IEC 60947-1	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules
Switchgear and controlgear for high voltage	IEC 62271 (relevant parts)	High-voltage switchgear and controlgear
Switchmode power supplies	IEC 61558-2-16	Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units for general applicationsupply units and transformers for switch mode power supply units
Thermal links	IEC 60691	Thermal-links – Requirements and application guide
Thermistors	IEC 60738-1	Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification

Component	Standard number	Title
Transformers	IEC 61558-1	Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests Part 1: General requirements and tests
Varistors	IEC 61643-331	Components for low-voltage surge protection – Part 331: Performance requirements and test methods for metal oxide varistors (MOV)
Winding wires	IEC 60317 (relevant parts)	Specifications for particular types of winding wires
Wiring	IEC 60227-1	Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirements
Wiring	IEC 63294	Test methods for electric cables with rated voltages up to and including 450/750 V

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-5-1:2024

Bibliography

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-395:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation – Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-415:1999, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 415: Wind turbine generator systems* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-448:1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 448: Power system protection* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-617:2009, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 617: Organization/Market of electricity* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-651:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 651: Live working* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-821:2017, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 821: Signalling and security apparatus for railways* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-903:2013, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 903: Risk assessment* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-904:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 904: Environmental standardization for electrical and electronic products and systems* (available at www.electropedia.org)

IEC 60079-0, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

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

IEC 60079-10-2, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Explosive dust atmospheres*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60127-1, *Miniature fuses – Part 1: definitions for miniature fuses and general requirements for miniature fuse-links*

IEC 60227-1, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirement*

IEC 60245-1, *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirements*

IEC 60309 (relevant parts), *Plugs, fixed or portable socket-outlets and appliance inlets for industrial purposes*

IEC 60317 (relevant parts), *Specifications for particular types of winding wires*

IEC 60335-2-40, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers*

IEC 60364-4-42:2014, *Low-voltage electrical installations – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60691, *Thermal-links – Requirements and application guide*

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

IEC 60730-2-8, *Automatic Electrical Controls – Part 2-8: Particular requirements for electrically operated water valves, including mechanical requirements*

IEC 60738-1, *Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient – Part 1: Generic specification*

IEC 60755, *General safety requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60812:2018, *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)*

IEC 60896-11, *Stationary lead-acid batteries – Part 11: Vented types – General requirements and methods of tests*

IEC 60896-21, *Stationary lead-acid batteries – Part 21: Valve regulated types – Methods of tests*

IEC 60896-22, *Stationary lead-acid batteries – Part 22: Valve regulated types – Requirements*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-7 (relevant parts), *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment*

IEC 60999-1, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 1: General requirements and particular requirements for clamping units for conductors from 0,2 mm² up to 35 mm² (included)*

IEC 60999-2, *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units – Part 2: Particular requirements for clamping units for conductors above 35 mm² up to 300 mm² (included)*

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

IEC 61025:2006, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61058-1, *Switches for appliances – Part 1: General requirements*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61204-7, *Low-voltage switch mode power supplies – Part 7: Safety requirements*

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

IEC 61508-4:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations*

IEC 61558-1, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-16, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units for general applications*

IEC 61643-11, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 61643-331, *Components for low-voltage surge protection – Part 331: Performance requirements and test methods for metal oxide varistors (MOV)*

IEC 61810-1, *Electromechanical elementary relays – Part 1: General and safety requirements*

IEC 61882:2016, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 61984, *Connectors – Safety requirements and tests*

IEC 62040-1:2022, *Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: Safety requirements*

IEC 62271 (relevant parts), *High-voltage switchgear and controlgear*

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

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

IEC TS 62351-2:2008, *Power systems management and associated information exchange – Data and communications security – Part 2: Glossary of terms*

IEC 62368-1:2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

IEC 62440, *Electric cables with a rated voltage not exceeding 450/750 V – Guide to use*

IEC TS 62443-1-1:2009, *Industrial communication networks – Network and system security – Part 1-1: Terminology, concepts and models*

IEC 62485-1:2015, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 1: General safety information*

IEC 62531:2012, *Property Specification Language (PSL)*

IEC 62619, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*

IEC TS 62686-1:2020, *Process management for avionics – Electronic components for aerospace, defence and high performance (ADHP) applications – Part 1: General requirements for high reliability integrated circuits and discrete semiconductors*

IEC 62932-2-2, *Flow battery energy systems for stationary applications – Part 2-2: Safety requirements*

IEC 62984-2, *High-temperature secondary batteries – Part 2: Safety requirements and tests*

IEC 62990-2, *Work place atmospheres – Part 2: Gas detectors – Selection, installation, use and maintenance of detectors for toxic gas and vapours*

IEC 63056, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for secondary lithium cells and batteries for use in electrical energy storage systems*

IEC 63115-2, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications – Part 2: Safety*

IEC 63294, *Test methods for electric cables with rated voltages up to and including 450/750 V methods*

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

IEC White paper, *Electrical Energy Storage*

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

IEC/ISO 31010, *Risk management – Risk assessment techniques*

ISO/IEC 14543-2-1:2006, *Information technology – Home electronic systems (HES) architecture – Part 2-1: Introduction and device modularity*

ISO 12944 (relevant parts), *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*

ISO 13732-1:2006, *Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces*

ISO 13850:2015, *Safety of machinery – Emergency stop function – Principles for design*

ISO 13857:2019, *Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*

ISO 13943:2017, *Fire safety – Vocabulary*

ISO 19353:2019, *Safety of machinery – Fire prevention and fire protection*

IEEE 1584-2018, *IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations*

NFPA 68, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*

NFPA 69, *Standard on Explosion Prevention Systems*

NFPA 70:2023, *National Electrical Code (NEC)*

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

UL 9540, *Standard for Energy Storage Systems and Equipment*

UL 9540A, *Standard for Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems*

UL 62368-1, *Audio/Video, Information and Communication Technology Equipment – Part 1: Safety Requirements*

J. C. Das, "Arc-flash hazard calculations in LV and MV DC systems–Part II: analysis," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 50, pp. 1698-1705, May/June 2014.

F. M. Gatta, A. Geri, M. Maccioni, S. Lauria, F. Palone "Arc-flash in large battery energy storage systems – Hazard calculation and mitigation", IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Rome, June, 7-10, 2016

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-5-1:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-5-1:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	88
INTRODUCTION.....	90
1 Domaine d'application	91
2 Références normatives	91
3 Termes et définitions	94
4 Approche de base pour les considérations de sécurité des systèmes EES	99
5 Considérations des phénomènes dangereux pour les systèmes EES.....	99
5.1 Phénomènes dangereux électriques	99
5.2 Phénomènes dangereux mécaniques	99
5.3 Phénomènes dangereux de transfert d'énergie	100
5.3.1 Phénomènes dangereux d'explosion.....	100
5.3.2 Phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.....	100
5.4 Phénomènes dangereux d'incendie.....	100
5.5 Phénomènes dangereux liés à la température.....	100
5.6 Phénomènes dangereux chimiques.....	100
5.7 Conditions de travail inadaptées	101
6 Appréciation du risque liée à l'EES.....	101
6.1 Structure de l'EES	101
6.1.1 Caractéristiques générales	101
6.1.2 Caractéristiques spécifiques	102
6.2 Description des conditions de stockage	103
6.2.1 Types de réseaux, d'applications et d'emplacements.....	103
6.2.2 Éléments vulnérables	103
6.2.3 Dispositions spéciales pour les systèmes EES dans des emplacements généralement accessibles	103
6.2.4 Sources d'agression extérieure.....	103
6.2.5 Fonctionnement sans surveillance	104
6.2.6 Passage en réseau séparé non intentionnel.....	104
6.3 Analyse du risque	104
6.3.1 Généralités	104
6.3.2 Composants	104
6.3.3 Considérations du risque	105
6.3.4 Analyse du risque au niveau du système	106
7 Exigences nécessaires pour réduire les risques	107
7.1 Mesures générales pour réduire les risques.....	107
7.2 Mesures préventives contre tout dommage au voisinage.....	109
7.3 Revue de conception relative à la sécurité	109
7.3.1 Généralités	109
7.3.2 Revue initiale de la conception de la sécurité	110
7.3.3 Révisions de conception ultérieures	110
7.4 Mesures préventives contre tout dommage aux travailleurs et autres personnes exposés à un risque.....	111
7.4.1 Protection contre les phénomènes dangereux électriques.....	111
7.4.2 Protection contre les phénomènes dangereux mécaniques	113
7.4.3 Protection contre les phénomènes dangereux liés à une haute pression.....	114

7.4.4	Protection contre les phénomènes dangereux liés à une atmosphère explosive	114
7.4.5	Protection contre les phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques	115
7.4.6	Protection contre les phénomènes dangereux d'incendie	116
7.4.7	Protection contre les phénomènes dangereux thermiques	117
7.4.8	Protection contre les phénomènes dangereux chimiques	118
7.4.9	Protection contre les phénomènes dangereux liés aux lieux de travail	119
7.4.10	Formation du personnel	120
7.5	Déconnexion et arrêt de l'EESS	120
7.5.1	Généralités	120
7.5.2	État déconnecté du réseau	122
7.5.3	État d'arrêt	122
7.5.4	Arrêt de l'EESS	122
7.5.5	Déconnexion partielle	122
7.5.6	Lignes directrices relatives à l'équipement pour l'arrêt d'urgence	123
7.6	Cybersécurité	123
7.7	Surveillance à distance et fonctionnement sans surveillance	124
8	Essais du système	124
8.1	Généralités	124
8.2	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux électriques	126
8.2.1	Généralités	126
8.2.2	Accessibilité aux parties actives dangereuses	126
8.2.3	Protection contre l'exposition à l'humidité et à la pollution	126
8.2.4	Isolation électrique et essais de protection contre le choc électrique	127
8.2.5	Essais de protection contre tout fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement normal	129
8.2.6	Anti-passage en réseau séparé	131
8.3	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux mécaniques	132
8.3.1	Résistance au choc de l'enveloppe	132
8.3.2	Résistance de l'enveloppe à la force statique	132
8.3.3	Confinement des parties mobiles dangereuses	133
8.3.4	Essai de robustesse des moyens de montage et des poignées	133
8.3.5	Choc et vibrations pendant le transport et les événements sismiques	133
8.4	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux liés à un ou plusieurs fluides (haute ou basse température, haute pression, fluides inflammables, corrosifs, caustiques ou toxiques)	133
8.4.1	Généralités	133
8.4.2	Essai de résistance des parties contenant des fluides dangereux	134
8.4.3	Essai de fuite des parties contenant des fluides dangereux	135
8.4.4	Essai de pression de début de décharge	136
8.5	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux d'explosion et de concentrations combustibles	137
8.5.1	Détection de gaz et détection d'effluents gazeux	137
8.5.2	Évaluation de la ventilation mécanique	137
8.6	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques	137
8.7	Validation et essais de l'EES – Phénomènes dangereux de propagation du feu	138
8.8	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux liés à la température	138

8.8.1	Généralités	138
8.8.2	Confinement des fluides à température (basse ou haute) dangereuse	138
8.8.3	Essai de température dans des conditions de fonctionnement normal.....	138
8.9	Validation et essais de l'EESS – Effets chimiques.....	138
8.9.1	Essais de résistance	138
8.9.2	Essais de fuite	138
8.10	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux provenant de l'environnement	139
8.10.1	Généralités	139
8.10.2	Pénétration d'humidité	139
8.10.3	Exposition aux environnements marins	139
8.11	Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux provenant de dysfonctionnements des sous-systèmes auxiliaires, de commande et de communication	140
8.11.1	Généralités	140
8.11.2	Dysfonctionnement du système auxiliaire	140
8.11.3	Dysfonctionnement du sous-système de commande de l'EES	143
8.11.4	Dysfonctionnement de communication interne de l'EESS	144
8.11.5	Dysfonctionnement de communication externe de l'EESS	145
9	Manuels d'instruction et lignes directrices.....	146
9.1	Généralités	146
9.2	Manuel d'installation	146
9.3	Manuel de maintenance	147
9.3.1	Généralités	147
9.3.2	Lignes directrices relatives aux équipements de protection individuelle (EPI)	147
9.4	Manuel de l'opérateur	148
9.5	Manuel de procédure d'urgence	148
9.6	Manuel de première intervention	149
10	Marquages et signalétique	149
10.1	Généralités	149
10.2	Plaque signalétique	149
10.3	Marquages et signalétique de mise en garde	150
Annexe A (informative)	Principaux risques liés aux différentes technologies de stockage	151
A.1	Généralités	151
A.2	Accumulation hydroélectrique par pompage	151
A.3	Volant d'inertie.....	152
A.4	EESS gravitationnel.....	152
A.5	Systèmes de stockage de l'énergie sur batterie	153
A.6	Hydrogène et gaz naturel synthétique	153
A.7	Technologies EESS thermiques	154
A.8	Autres technologies EESS	155
Annexe B (informative)	Considérations de sécurité	156
B.1	Généralités	156
B.2	Phénomènes dangereux électriques	156
B.3	Phénomènes dangereux mécaniques	157
B.4	Phénomènes dangereux de transfert d'énergie	158
B.4.1	Phénomènes dangereux d'explosion.....	158

B.4.2	Phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.....	158
B.5	Phénomènes dangereux d'incendie.....	158
B.6	Phénomènes dangereux liés à la température.....	160
B.7	Phénomènes dangereux chimiques.....	160
B.8	Conditions de travail inadaptées	161
Annexe C (normative)	Méthodes d'essai pour les EESS mécaniques utilisant un sous-système d'accumulation à volant d'inertie	162
C.1	Généralités	162
C.2	Objet.....	162
C.3	Exigence.....	162
C.4	Méthode	162
Annexe D (informative)	Normes de sécurité des composants	163
Bibliographie.....		166
Figure 1 – Description générale de l'approche visant à traiter les phénomènes dangereux dans les systèmes EES		99
Figure 2 – Séquence de contrôle itératif dans les procédures générales d'appréciation du risque		107
Figure 3 – Mesures générales de réduction du risque pour réduire le plus possible les phénomènes dangereux.....		108
Figure 4 – Propagation des dommages d'un incident maîtrisé à un incident majeur, et mesures à plusieurs niveaux pour réduire le plus possible les dommages		109
Figure 5 – Revue initiale de la conception de la sécurité et révision de conception		110
Figure 6 – Exemples d'architectures EESS différentes.....		121
Figure 7 – Architecture de l'EES dans les deux configurations EESS principales.....		125
Figure B.1 – Passage en réseau séparé de l'EES.....		157
Tableau 1 – Prise en considération des caractéristiques de l'EES pour l'appréciation du risque		102
Tableau 2 – Paramètres d'essai pour l'essai de résistance		134
Tableau 3 – Paramètres d'essai pour l'essai de fuite		136
Tableau A.1 – Principaux scénarios de risques pour l'accumulation hydroélectrique par pompage.....		151
Tableau A.2 – Principaux scénarios de risques pour le volant d'inertie		152
Tableau A.3 – Principaux scénarios de risques pour l'EES gravitationnel		153
Tableau A.4 – Principaux scénarios de risques pour le stockage de l'hydrogène.....		154
Tableau A.5 – Principaux scénarios de risques pour les EES de stockage thermique		155
Tableau D.1 – Exemples de normes de sécurité des composants pour utilisation dans les EES		163

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (EES) –

**Partie 5-1: Considérations de sécurité pour les systèmes EES
intégrés au réseau – Spécifications générales**

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 éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a reçu aucune déclaration relative à des droits de brevets, qui pourraient être exigés pour la mise en œuvre du présent document. Toutefois, il est rappelé aux responsables de cette mise en œuvre qu'il ne s'agit peut-être pas des informations les plus récentes, qui peuvent être obtenues dans la base de données disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62933-5-1 a été établie par le comité d'études 120 de l'IEC: Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES). Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC TS 62933-5-1 parue en 2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC TS 62933-5-1:2017:

- a) révision des énoncés "il convient" en "doit" pour toutes les exigences et déplacement de certains articles à énoncés "il convient" vers l'Annexe B à des fins informatives;
- b) mise à jour des références (normatives);
- c) mise à jour des définitions et ajout ou suppression des définitions si nécessaire;
- d) révision des critères de l'Article 6 et de l'Article 7 pour qu'ils soient exploitables et ajout de références normatives si nécessaire;
- e) révision de l'Article 8 pour approfondir et compléter la méthode d'essai et les critères, ajout d'essais si nécessaire;
- f) ajout de marquages et de critères d'instructions;
- g) révision de l'Annexe A en ajoutant des informations sur la sécurité des technologies concernant l'EES gravitationnel et thermique;
- h) ajout de l'Annexe B et de l'Annexe C pour des considérations de sécurité pour les EES et la méthode d'essai pour les EES mécaniques;
- i) ajout d'une liste informative de normes et mise à jour de la bibliographie.

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

Projet	Rapport de vote
120/368/FDIS	120/377/RVD

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

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les directives ISO/IEC, Partie 1, et les directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62933, publiées sous le titre général *Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES)*, se trouve 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les plans de nombreux gouvernements concernant la manière dont l'électricité sera produite et gérée à l'avenir ont été déterminés. Ces plans actuels ne peuvent être mis en œuvre sans un stockage à long terme avec des capacités dans la plage à grande échelle.

Plusieurs types de technologies de stockage ont vu le jour. Des exemples de ces technologies sont l'accumulation hydroélectrique par pompage (PHS - *pumped hydro storage*), les batteries électrochimiques, les systèmes de stockage par volant d'inertie, l'hydrogène et le gaz naturel synthétique (GNS). L'accumulation hydroélectrique par pompage est largement utilisée en matière de quantité totale d'énergie stockée. Un volant d'inertie est un modèle de stockage de l'énergie cinétique qui présente une densité de puissance élevée, une excellente stabilité de cycle et une longue durée de vie. Alors que certains volants d'inertie sont destinés à un fonctionnement à court terme, d'autres peuvent fonctionner pendant des durées plus longues, jusqu'à quelques heures. Le développement des batteries est exigé principalement pour en réduire le coût et également pour en augmenter la densité énergétique, dans le cas de certaines technologies. Il est vraisemblable que l'hydrogène et le gaz naturel synthétique (GNS) ajouté au gaz naturel seront des éléments essentiels des futurs réseaux électriques en raison de leur durée et de leur capacité de stockage de l'énergie. Il convient que l'hydrogène et le GNS fassent l'objet de recherches et de développements plus poussés sur un large front, notamment en ce qui concerne les installations physiques, les interactions avec les utilisations existantes du gaz pour l'approvisionnement et le réseau de distribution, les processus chimiques optimaux, la sécurité, la fiabilité et l'efficacité. Le livre blanc de l'IEC portant sur le stockage de l'énergie électrique peut fournir des informations contextuelles complémentaires sur les systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES - *electrical energy storage*).

Pour les systèmes EES éprouvés, il existe différentes normes IEC qui couvrent les caractéristiques techniques, les essais et l'intégration des systèmes. Pour d'autres technologies, il n'existe que quelques normes qui couvrent des sujets particuliers.

Jusqu'à présent, aucune norme générale n'a été élaborée concernant la sécurité de l'intégration des EESS dans un réseau électrique.

La croissance rapide et les nouvelles technologies impliquées dans le stockage de l'énergie électrique dans un avenir proche, ainsi que leur installation par les consommateurs, imposeront des exigences particulières en matière de sécurité. Dans le même temps, la société et les gouvernements auront besoin d'une garantie de sécurité avant de pouvoir développer les systèmes indispensables.

Le présent document constitue une étape décisive vers l'alignement progressif sur les technologies et applications spécifiques concernant la sécurité des systèmes de stockage de l'énergie électrique intégrés au réseau (EESS) conditionnés ou assemblés sur site.

Des critères supplémentaires spécifiques aux systèmes de stockage d'énergie électrique (EES) de type électrochimique sont donnés dans l'IEC 62933-5-2.

SYSTÈMES DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (EES) –

Partie 5-1: Considérations de sécurité pour les systèmes EES intégrés au réseau – Spécifications générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62933 spécifie les considérations de sécurité (par exemple, l'identification des phénomènes dangereux, l'appréciation du risque, l'atténuation des risques) applicables aux systèmes EES intégrés au réseau électrique.

Le présent document fournit des critères qui permettent l'application et l'utilisation sûres des systèmes de stockage de l'énergie électrique de tout type ou de toute taille destinés à des applications intégrées au réseau.

Il peut s'appliquer à toutes les technologies EESS. Toutefois, pour les exigences spécifiques aux systèmes EES électrochimiques, se référer également à l'IEC 62933-5-2.

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 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*.

IEC 60079-2:2014, *Atmosphères explosives – Partie 2: Protection du matériel par enveloppe à surpression interne "p"*.

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

IEC 60204-11, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Exigences pour les équipements fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et ne dépassant pas 36 kV*.

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*.

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*
IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017.

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

IEC 60364-4-44, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*.

IEC 60364-6:2016, *Installations électriques à basse tension Partie 6: Vérification*.

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

IEC 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*.

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

IEC 60730-1:2020, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 1: Exigences générales*.

IEC 60730-2-9, *Dispositifs de commande électrique automatiques – Partie 2-9: Exigences particulières pour les dispositifs de commande thermosensibles*.

IEC 60947-5-1, *Appareillage à basse tension – Partie 5-1: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Appareils électromécaniques pour circuits de commande*.

IEC 61000-1-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 1-2: Généralités – Méthodologie pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques et électroniques, y compris les équipements, du point de vue des phénomènes électromagnétiques*.

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

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*.

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission relative aux appareils utilisés dans les environnements résidentiels*.

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

IEC 61000-6-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-5: Normes génériques – Immunité pour les équipements utilisés dans les environnements de centrales électriques et de postes*.

IEC 61000-6-7, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-7: Normes génériques – Exigences d'immunité relative aux équipements visant à exercer des fonctions dans un système lié à la sécurité (sécurité fonctionnelle) dans des sites industriels*.

IEC TR 61340-1, *Électrostatique – Partie 1: Phénomènes électrostatiques – Principes et mesures*.

IEC 61439-1, *Ensembles d'appareillages à basse tension – Partie 1: Règles générales*.

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

IEC 61511 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*.

IEC 61936-1, *Installations électriques de puissance de tension supérieure à 1 kV en courant alternatif et 1,5 kV en courant continu – Partie 1: Courant alternatif*.

IEC TS 61936-2, *Installations électriques de puissance de tension supérieure à 1 kV en courant alternatif et 1,5 kV en courant continu – Partie 1: Courant*.

IEC 62061, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande relatifs à la sécurité.*

IEC 62109-1, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 1: Exigences générales.*

IEC 62109-2, *Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les systèmes photovoltaïques – Partie 2: Exigences particulières pour les onduleurs.*

IEC 62116:2014, *Onduleurs photovoltaïques interconnectés au réseau public – Procédure d'essai des mesures de prévention contre l'îlotage.*

IEC 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2: Évaluation des risques.*

IEC 62443-3-3, *Réseaux industriels de communication – Sécurité dans les réseaux et les systèmes – Partie 3-3: Exigences relatives à la sécurité des systèmes et niveaux sécurité.*

IEC 62477-1:2022, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités.*

IEC 62477-2, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu.*

IEC 62689-2, *Capteurs ou détecteurs de courant et de tension, à utiliser pour indiquer le passage d'un courant de défaut – Partie 2: Aspects systèmes.*

IEC 62909-1, *Convertisseurs de puissance connectés aux réseaux bidirectionnels – Partie 1: Exigences générales.*

IEC 62909-2, *Convertisseurs de puissance connectés aux réseaux bidirectionnels – Partie 2: Interface du GCPC avec les ressources énergétiques réparties.*

IEC 62933-1, *Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) – Partie 1: Vocabulaire.*

IEC 62933-5-2, *Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) – Partie 5-2: Exigences de sécurité pour les systèmes EES intégrés dans un réseau – Systèmes électrochimiques.*

ISO 1182, *Essais de réaction au feu de produits – Essai d'incombustibilité.*

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

ISO 12100:2010, *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque.*

ISO 13849 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité.*

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

ASME B31.1, *ASME B31 Code for Pressure Piping, Section 1: Power Piping.*

ASME B31.3, *ASME B31 Code for Pressure Piping, Section 3: Process piping.*

IEEE Std 1547.1-2020, *Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Energy Resources with Electric Power Systems and Associated Interfaces.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 62933-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

3.1

accès à l'EESS

3.1.1

zone d'accès limité

zone uniquement accessible aux personnes qualifiées munies de l'autorisation adéquate

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-04-04, modifié – Les termes "en électricité" et "et aux personnes averties en électricité" ont été supprimés.]

3.1.2

zone d'accès non limité

zone qui n'est pas une zone d'accès limité

3.2

état d'exploitation

3.2.1

mise en état de fonctionnement

activités mises en œuvre pour mettre au point un système ou un produit avant de démontrer qu'il satisfait aux exigences prescrites

[SOURCE: IEC 60050-821:2017, 821-12-09]

3.2.2

déclassement

mesures administratives et techniques prises pour lever certains ou l'ensemble des EESS sur une installation

Note 1 à l'article: Ces actions peuvent inclure la décharge ou le démantèlement.

[SOURCE: IEC 60050-395: 2014, 395-08-28, modifié – le terme "contrôles réglementaires" est remplacé par "EESS" et le terme "décontamination" par "décharge"]

3.3

EESS

3.3.1

EESS hybride

EESS qui intègre plusieurs technologies de stockage en un seul système

EXEMPLE: EESS hybride qui intègre des batteries et des condensateurs électriques à double couche dans un seul EESS.

Note 1 à l'article: L'abréviation "EESS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electrical energy storage system".

3.3.2

EESS à plusieurs parties

système de stockage de l'énergie électrique constitué d'ensembles ou d'équipements interconnectés sur le terrain pour former un système complet

Note 1 à l'article: L'abréviation "EESS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electrical energy storage system".

3.4

installation électrique

ensemble des équipements électriques utilisé pour la production, le transport, la conversion, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique

Note 1 à l'article: L'installation électrique inclut les sources d'énergie telles que batteries, condensateurs et toutes autres sources d'énergie électrique stockée.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-26-01]

3.5

sous tension, adj.

à un potentiel électrique différent de celui de la terre du lieu de travail et présentant un phénomène électrique dangereux

Note 1 à l'article: Une partie est sous tension lorsqu'elle est raccordée électriquement à une source d'énergie électrique. Elle peut être aussi sous tension lorsqu'elle est chargée électriquement et/ou sous l'influence d'un champ électrique ou magnétique.

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-21-08]

3.5.1

partie active dangereuse

partie sous tension dangereuse

partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

Note 1 à l'article: Une tension dangereuse peut apparaître sur la surface accessible d'une isolation solide. Dans ce cas, cette surface est considérée comme une partie active dangereuse.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-05]

3.6

dommage

blessure physique ou atteinte à la santé des personnes, aux biens et au bétail

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-01]

3.7

phénomène dangereux

source potentielle de dommage

Note 1 à l'article: En anglais, le terme "hazard" peut être qualifié afin de définir l'origine du phénomène dangereux ou la nature du dommage attendu (par exemple, "electric shock hazard", "crushing hazard", "cutting hazard", "toxic hazard", "fire hazard", "drowning hazard").

Note 2 à l'article: En français, le synonyme "risque" est employé avec un qualificatif ou un complément afin de définir l'origine du phénomène dangereux ou la nature du dommage attendu (par exemple, "risque de choc électrique", "risque d'écrasement", "risque de coupure", "risque toxique", "risque d'incendie", "risque de noyade").

Note 3 à l'article: En français, le terme "risque" désigne aussi la combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité, en anglais "risk" (voir 3.9).

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-02]

3.8

incident majeur

événement ou situation qui résulte de développements incontrôlés au cours de l'exploitation de l'EESS et qui entraîne un dommage grave pour la santé humaine ou l'environnement, immédiat ou différé, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et qui exige la mise en œuvre de dispositions spéciales par un ou plusieurs organismes d'intervention d'urgence

3.9

mesures de prévention et de sauvegarde

3.9.1

équipement de protection individuelle

EPI

dispositif ou appareil destiné à être porté ou tenu par un individu en vue de le protéger contre un ou plusieurs phénomènes dangereux pour sa santé ainsi que pour sa sécurité lors de travaux sous tension

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-23-01, modifié – "ou tenu" a été ajouté à la définition.]

3.9.2

mesure de prévention

mesure destinée à obtenir une réduction adaptée des risques, mise en œuvre par le concepteur (conception intrinsèque, mesures de prévention de sauvegarde et complémentaires, informations d'utilisation) et par l'utilisateur (organisation: procédures de travail en toute sécurité, supervision, formation; systèmes d'autorisation de travail; mise à disposition et utilisation de dispositifs de protection supplémentaires; utilisation d'équipement de protection personnelle)

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-17]

3.10

risque

combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité

Note 1 à l'article: En français, le terme "risque" désigne aussi l'origine du phénomène dangereux ou la nature du dommage attendu, en anglais "hazard" (voir 3.7).

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-07]

3.10.1

risque tolérable

risque accepté dans un certain contexte et fondé sur les valeurs admises par la société

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-12]

3.11

analyse des risques et phénomènes dangereux

3.11.1

mode de défaillance

manière selon laquelle une défaillance se produit

Note 1 à l'article: Un mode de défaillance peut être défini par la fonction perdue ou par la transition d'état qui s'est produite.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-03-17]

3.11.2**analyse des modes de défaillance et analyse par arbre de panne****AMDE**

méthode qualitative d'analyse qui consiste à étudier les modes de défaillance possibles et les pannes dans les sous-entités, ainsi que leurs effets à différents niveaux du système et du sous-système

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-05, modifié – le terme "arborescence" a été remplacé par "du système et du sous-système" et la note a été supprimée.]

3.11.3**analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité****AMDEC**

méthode quantitative ou qualitative d'analyse qui comprend une analyse des modes de défaillance et de leurs effets, complétée en considérant la probabilité d'apparition des modes de défaillance et la gravité de leurs effets

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-06, modifié – la note a été supprimée.]

3.11.4**analyse par arbre de panne****AAP**

analyse déductive utilisant des arbres de panne

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-11-08]

3.11.5**études de danger et d'exploitabilité****études HAZOP**

technique structurée et systématique d'examen d'un système défini en vue d'identifier les éventuels phénomènes dangereux du système et les problèmes d'opérabilité au sein du système et, tout particulièrement, d'identifier les causes des perturbations de fonctionnement et des écarts de production susceptibles d'entraîner une non-conformité des produits

Note 1 à l'article: Les phénomènes dangereux en question peuvent à la fois comprendre ceux qui ne concernent essentiellement que la zone immédiate du système et ceux qui ont une portée beaucoup plus vaste, comme certains phénomènes dangereux environnementaux

Note 2 à l'article: L'abréviation "HAZOP" est dérivée du terme anglais développé correspondant "hazard and operability studies".

3.11.6**analyse du risque**

utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-08]

3.11.7**appréciation du risque**

processus englobant une analyse du risque et une évaluation du risque

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-10]

3.11.8**évaluation du risque**

procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-09]

3.12

mauvais usage raisonnablement prévisible

utilisation d'un produit, procédé ou service dans des conditions ou à des fins non prévues par le fournisseur mais qui peut provenir d'un comportement humain envisageable

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-14]

3.13

système relatif à la sécurité

système de commande désigné qui met en œuvre les fonctions de sécurité exigées nécessaires pour atteindre ou maintenir un état de sécurité de l'EESS; et qui est prévu pour atteindre, par lui-même ou grâce à d'autres mesures de réduction du risque, la réduction du risque nécessaire pour satisfaire au risque tolérable exigé

[SOURCE: IEC 61508-4:2010, 3.4.1, modifié – "EESS" remplace "EUC", suppression de "autres systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité, et", remplacement de "l'intégrité de sécurité nécessaire pour les fonctions de sécurité requises" par "la réduction du risque nécessaire pour satisfaire au risque tolérable exigé".]

3.14

coupure

état transitoire d'un EESS de l'état de fonctionnement (soit en chargeant à partir du réseau ou en produisant de l'énergie vers le réseau) à l'état d'arrêt ou de ralenti

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-09, modifié – remplacement de "une éolienne entre la phase de production d'énergie et" par "un EESS de l'état de fonctionnement (soit en chargeant à partir du réseau ou en produisant de l'énergie vers le réseau) à".]

3.14.1

arrêt d'urgence

arrêt rapide de l'EESS provoqué par un dispositif de protection ou par une intervention manuelle pour éviter les dommages à l'équipement ou les phénomènes dangereux liés au personnel, ou les deux

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-11, modifié – remplacement de "l'éolienne" par "l'EESS", et ajout de "pour éviter les dommages à l'équipement ou les phénomènes dangereux liés au personnel, ou les deux".]

3.14.2

arrêt normal

arrêt (de l'EESS) dans lequel toutes les étapes sont sous le contrôle du système de commande

[SOURCE: IEC 60050-415:1999, 415-01-10, modifié – ajout "(de l'EESS)"]

3.15

personne qualifiée

personne ayant l'instruction, la formation, la connaissance et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-651:2014, 651-26-11]

4 Approche de base pour les considérations de sécurité des systèmes EES

L'approche adoptée dans le présent document est représentée à la Figure 1. Le premier aspect couvert par l'Article 5 est l'identification des différents phénomènes dangereux associés à un EESS en fonction de son type de système, de son emplacement, de sa taille et de la manière dont il peut influencer ou être influencé par son environnement. Le deuxième aspect, couvert par l'Article 6, est la réalisation d'une appréciation du risque qui est déterminée sur la base des considérations identifiées à l'Article 5, en fonction de l'utilisation opérationnelle. Le troisième aspect couvert par l'Article 7 traite des mesures à mettre en œuvre pour réduire le risque sur la base de l'appréciation réalisée à l'Article 6.

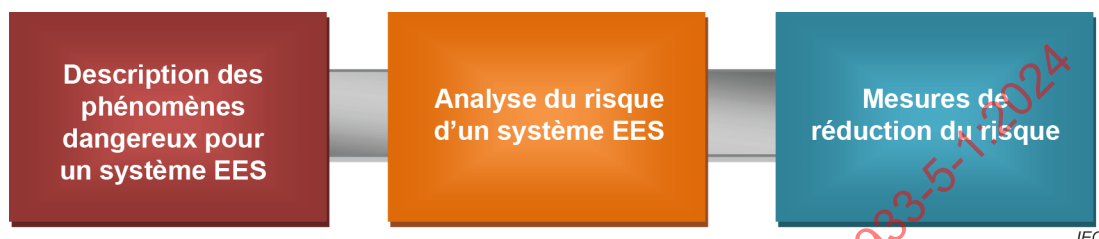


Figure 1 – Description générale de l'approche visant à traiter les phénomènes dangereux dans les systèmes EES

5 Considérations des phénomènes dangereux pour les systèmes EES

5.1 Phénomènes dangereux électriques

Les systèmes EES qui contiennent des niveaux de tension dangereux peuvent présenter un danger de choc électrique pour les personnes. Les limites de tension supérieures à 30 V en courant alternatif en valeur efficace/42,4 V en courant alternatif de crête ou 60 V en courant continu sont considérées comme des tensions dangereuses.

NOTE 1 Les niveaux DVC définis dans l'IEC 62477-1 sont de 30 V en courant alternatif en valeur efficace/42,4 V en courant alternatif de crête ou 60 V en courant continu en condition sèche. Les tensions au-dessus de ces niveaux sont considérées comme des tensions dangereuses.

Des limites d'éclat d'arc doivent être déterminées afin d'établir les niveaux appropriés d'équipement de protection individuelle pour les travailleurs chargés de la maintenance et d'autres actions sur l'équipement sous tension. La limite d'éclat d'arc doit correspondre à la distance à laquelle l'énergie incidente est égale à 5 J/cm².

NOTE 2 La norme NFPA 70E fournit des recommandations sur la sécurité électrique des travailleurs, notamment sur les dangers de choc électrique et les phénomènes dangereux d'éclat d'arc associés au travail sur des parties sous tension. La limite d'éclat d'arc de 5 J/cm² est indiquée dans le présent document.

L'EES doit également être évalué en ce qui concerne les phénomènes dangereux potentiels dus à l'électricité statique, qui peut entraîner des conditions dangereuses, en particulier dans les zones qui contiennent des concentrations inflammables ou explosives de gaz ou de poussières.

Les phénomènes dangereux électriques peuvent également provenir de procédures inappropriées de lutte contre l'incendie d'origine électrique. Les lignes directrices relatives aux interventions d'urgence pour l'EES doivent traiter des procédures appropriées de lutte contre l'incendie applicable à cette technologie EES.

5.2 Phénomènes dangereux mécaniques

Les parties mobiles qui présentent une énergie cinétique potentiellement dangereuse doivent être enfermées ou confinées afin d'éviter toute exposition auxdites parties pendant le fonctionnement ou par suite d'une panne du système, comme des roulements usés, une perte de vide, des conditions de survitesse et des rotors endommagés ou bloqués.

Les parties soumises à une pression dangereuse doivent avoir une résistance suffisante pour supporter ces pressions en toute sécurité. Des règlements locaux pour la conception des parties soumises à une pression dangereuse peuvent s'appliquer. Des limiteurs de pression doivent être prévus pour éviter toute surpression.

5.3 Phénomènes dangereux de transfert d'énergie

5.3.1 Phénomènes dangereux d'explosion

Les explosions mettent en danger la vie et la santé des personnes exposées en raison des effets incontrôlés des flammes et de la pression, de la présence de produits de réaction nocifs, de la décharge d'éclats et de la consommation d'oxygène dans l'air ambiant.

L'appréciation du risque dangereux liée à l'EESS doit déterminer s'il existe un potentiel de phénomène dangereux d'explosion de l'EESS dans des conditions normales et d'utilisation abusive.

5.3.2 Phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques

L'exposition à une énergie de radiofréquence d'une intensité suffisante à des fréquences comprises entre 3 kHz et 300 GHz, susceptible de nuire au personnel qui travaille à proximité de l'EESS, doit être évitée.

Les risques engendrés par des substances radioactives (rayonnement et ingestion) ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

5.4 Phénomènes dangereux d'incendie

Il faut déterminer si des matériaux combustibles existent ou peuvent exister dans l'EESS, en quelle quantité et selon quelle répartition.

Lors de l'évaluation du phénomène dangereux d'incendie, l'existence et la quantité de substances qui favorisent l'incendie, par exemple les substances qui produisent de l'oxygène, ainsi que leur potentiel d'apparition doivent être déterminés.

Les sources d'inflammation, par exemple les fils chauds, les arcs électriques, le frottement entre parties mobiles (voir l'Annexe B pour plus d'informations sur les sources d'inflammation), qui existent dans l'EESS ou à proximité de ce dernier, ou qui peuvent se produire dans certaines circonstances, doivent être déterminées.

5.5 Phénomènes dangereux liés à la température

L'EESS doit être conçu de manière à empêcher l'exposition involontaire de personnes à des parties ou à des fluides chauds ou froids qui peuvent entraîner une blessure.

Les lignes directrices relatives aux interventions d'urgence doivent fournir des instructions pour éviter le risque d'exposition à une chaleur excessive ou à des fumées chaudes.

5.6 Phénomènes dangereux chimiques

L'EESS peut contenir des produits chimiques dangereux pour les personnes qui y sont exposées. Les phénomènes dangereux chimiques associés à l'EESS doivent être identifiés.

5.7 Conditions de travail inadaptées

Tous les systèmes EES doivent être disposés de manière à faciliter l'accès à la zone dans laquelle le système est installé ou enfermé, ainsi que la sortie de cette zone, afin d'éviter que des personnes ne se retrouvent piégées. L'espace et les conditions de travail doivent être adaptés pour prévenir le risque de troubles musculosquelettiques (TMS) (voir l'Annexe B), qui dépend des positions et postures de travail, de la fréquence d'exécution de la tâche, du niveau d'effort exigé et de la durée de la tâche.

Lors de l'évaluation de l'espace de travail pour les travaux d'installation et de maintenance électriques, un espace suffisant doit être prévu pour travailler en toute sécurité sur le système sans risque de phénomènes dangereux électriques pour le personnel chargé de l'installation ou de la maintenance. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

NOTE 1 L'Article 110 de la norme NFPA 70:2023 contient des critères spécifiques relatifs à la sécurité de l'espace de travail électrique qui dépendent de la tension.

Le bruit émis par l'EES doit rester dans les limites de sécurité spécifiées par des mesures de prévention, y compris des marquages d'avertissement, et le port d'un dispositif de protection de l'ouïe doit être mis en œuvre si cela est jugé nécessaire en fonction des limites de l'installation. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

NOTE 2 Exemples de limites imposées sur le lieu de travail: la limite de niveau sonore du NIOSH pour une exposition de 8 h est de 87 dB; la limite de niveau sonore de l'UE pour une exposition de 8 h est de 87 dB; la limite de niveau sonore de l'OSHA pour une exposition de 8 h est de 90 dB.

L'EES ne doit pas présenter d'arêtes vives susceptibles de blesser le personnel.

6 Appréciation du risque liée à l'EES

6.1 Structure de l'EES

6.1.1 Caractéristiques générales

Une appréciation du risque qui comprend des mesures de réduction du risque doit être réalisée sur l'EES. Les principes et la méthodologie de l'ISO 12100 peuvent être utilisés pour l'appréciation du risque. L'IEC/ISO 31010 documente de nombreuses techniques différentes qui peuvent être utilisées pour l'appréciation du risque et fournit des recommandations sur leur applicabilité ainsi que les documents de référence applicables à chaque technique.

NOTE 1 Le présent document couvre les systèmes de stockage de l'énergie par gravité, qui peuvent être considérés comme des machines. Pour un autre type d'EES, l'ISO 12100 peut également être utilisée comme une norme de référence pour l'appréciation du risque.

NOTE 2 Parmi les méthodes couvertes dans l'IEC/ISO 31010 figurent l'analyse des phénomènes dangereux principaux, la méthode "Que se passerait-il si?" (SWIFT - structured what if technique), l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), les études de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) et l'analyse par arbre de panne (AAP).

NOTE 3 Dans de nombreux cas, par exemple, pour les EES de type V-L qui sont connectés au réseau BT avec une énergie et une puissance limitées, une appréciation du risque fondée sur une analyse du risque limitée à des conditions de défaut unique est suffisante. Dans d'autres cas, par exemple, pour les EES de type V-H qui sont connectés au réseau HT avec une énergie et une puissance élevées, lorsqu'une appréciation du risque fondée sur une analyse du risque limitée à une condition de défaut unique n'est pas suffisante, une analyse à double défaut peut être réalisée afin de fournir une évaluation complète des aspects spécifiques et généraux de l'EES et du milieu environnant.

Une description de l'EESS est exigée pour réaliser l'appréciation du risque. Les caractéristiques générales suivantes doivent être notées:

- type, puissance, énergie, durée de vie assignée en fonction du vieillissement calendaire ou cyclique (durée de vie garantie, nombre de cycles);
- type d'application;
- matières dangereuses contenues (formules, état physique, quantités, fiches de données de sécurité);
- fonctions générales, fonctions de sécurité et de sûreté, fonctions de programmation;
- fonctions d'auto essai, commande à distance, présence du personnel;
- dispositifs auxiliaires inclus dans le système;
- mesures prises pour assurer la sécurité théorique et la fiabilité du système;
- mesures disponibles pour atténuer les risques;
- paramètres de fonctionnement;
- phénomènes dangereux connus associés à l'un des composants de l'EESS;
- instructions d'utilisation et de maintenance.

6.1.2 Caractéristiques spécifiques

Le Tableau 1 énumère les caractéristiques spécifiques qui doivent être prises en considération lors de l'appréciation du risque.

Tableau 1 – Prise en considération des caractéristiques de l'EESS pour l'appréciation du risque

Type d'EESS ^a	Type de raccordement au réseau	Application	Emplacement	Tension au point de connexion
Mécanique – accumulation hydroélectrique par pompage (PHS) – air comprimé (CAES) – volant d'inertie (FES) – par gravité (GES) électrochimique – batteries d'accumulateurs – batteries d'accumulateurs à circulation d'électrolyte – supercondensateurs (généralement combinés aux batteries dans un EES hybride) thermique – accumulation de chaleur latente – accumulation de chaleur sensible – stockage thermochimique (adsorption et absorption) chimique – hydrogène	– réseaux de transmission – réseaux de distribution – réseaux commerciaux – réseaux industriels – réseaux résidentiels – réseaux séparés	– écrêtage des pointes (application de longue durée) – nivellement de charge (application de longue durée) – réglage de fréquence (application de courte durée) – stabilisation de l'énergie renouvelable (application de courte durée) – alimentation de secours – applications combinées (applications à usage multiple)	– application résidentielle y compris un groupe de foyers – application commerciale et les bâtiments d'accès public – application industrielle – régie d'électricité – extérieur fermé et/ou non fermé – intérieur fermé et/ou non fermé – souterrain	V-L: ≤ 1 000 V en courant alternatif ou ≤ 1 500 V en courant continu V-H: >1 000 V en courant alternatif ou > 1 500 V en courant continu
^a L'Annexe A décrit brièvement les principaux risques liés aux différentes technologies de stockage mécanique, électrochimique et chimique. Certains EESS peuvent être une combinaison des différents types de technologies dans un seul système, comme un type de système hybride.				

6.2 Description des conditions de stockage

6.2.1 Types de réseaux, d'applications et d'emplacements

Se reporter au Tableau 1 pour les types de réseaux, les applications et les emplacements des EESS qui influent sur l'appréciation du risque.

6.2.2 Éléments vulnérables

Pour évaluer la gravité d'un accident ou d'un incident potentiel, il est essentiel d'identifier clairement les éléments de l'environnement susceptibles d'être affectés. Les éléments suivants doivent généralement être pris en considération:

- les personnes (par exemple, le personnel du site concerné, les populations résidentes ou les personnes qui travaillent autour du site, y compris le nombre, le temps de présence, la distance par rapport à l'usine, le type de personnes et leurs limites);
- les installations et équipements qui ne sont pas directement liés au domaine d'études;
- les équipements de sécurité essentiels;
- les dispositifs qui s'appuient sur l'EES;
- les propriétés et les structures;
- l'environnement naturel (par exemple, les eaux souterraines, les rivières, le sol, l'atmosphère, la direction du vent, les niveaux sismiques, les niveaux de foudre et l'altitude).

6.2.3 Dispositions spéciales pour les systèmes EES dans des emplacements généralement accessibles

La conception des EESS doit assurer que les personnes non autorisées (par exemple, le grand public) ne peuvent pas accéder aux parties dangereuses ou aux commandes du système.

Des EESS connectés à des réseaux résidentiels ou utilisés dans des applications dans lesquelles il peut y avoir un accès de véhicules doivent être protégés pour éviter les dommages dus à des chocs accidentels avec des véhicules, par exemple dans des garages ou à proximité de routes.

Lorsque des EESS sont situés à l'intérieur de résidences, les critères du code local de la construction et de la planification peuvent s'appliquer aux systèmes EES.

L'utilisation de systèmes EES dans des réseaux résidentiels peut limiter certaines technologies, lorsque les phénomènes dangereux ne peuvent pas être suffisamment atténués dans un environnement résidentiel.

6.2.4 Sources d'agression extérieure

Certaines sources d'agression doivent être identifiées:

- sources sur site: autres installations et équipements dangereux, véhicules et autres objets en mouvement, travaux, pertes de services publics, actes de malveillance;
- sources naturelles: conditions météorologiques extrêmes (gel, vent, neige, brouillard, etc.), glissements de terrain et tremblements de terre, foudre, inondations d'eau douce ou salée, et dégâts causés par la vermine.

6.2.5 Fonctionnement sans surveillance

Un EESS conçu pour fonctionner sans surveillance peut être exposé à diverses agressions extérieures et à des problèmes internes pendant son utilisation. Dans de telles conditions de fonctionnement, il est possible que les signes potentiellement annonciateurs de conditions de défaut, tels que des vibrations, des sons ou des odeurs inhabituels générés par l'EESS, puissent ne pas être détectés sur le site en raison du manque de personnel d'exploitation ou de la présence d'habitants à proximité. Un système de surveillance à distance peut envoyer un signal de défaut au poste de commande de l'opérateur. L'opérateur prend les mesures nécessaires à distance et les signaux de fonctionnement sont transmis au système. Les risques associés à des signaux erronés dans les deux sens et les risques associés aux erreurs humaines doivent être pris en considération.

6.2.6 Passage en réseau séparé non intentionnel

Le passage en réseau séparé non intentionnel représente un état indésirable d'une partie du système de puissance, pour lequel les règles de raccordement au réseau spécifient normalement des mesures de prévention. Voir l'Annexe B pour plus d'informations sur le passage en réseau séparé non intentionnel.

Sauf s'il est conçu pour un passage en réseau séparé intentionnel, des mesures doivent être prises pour empêcher l'opération de passage en réseau séparé par sa détection directe ou indirecte à l'aide du relais de protection ou d'autres méthodes et par une déconnexion rapide de l'EESS du réseau de distribution.

6.3 Analyse du risque

6.3.1 Généralités

Lors de l'appréciation du risque, l'effet des phénomènes dangereux doit être pris en considération à tous les stades du cycle de vie (conception et planification, transport, installation, mise en état de fonctionnement, exploitation, maintenance et réparation, fin de vie utile et déclassement).

En outre, l'énergie totale stockée dans l'EESS et la population potentiellement exposée dans la zone doivent être prises en considération.

6.3.2 Composants

Tous les composants de l'EESS, tels que les sous-systèmes de conversion de puissance, les générateurs, les turbines et pompes hydrauliques, les dispositifs de stockage de l'énergie (batterie, volant d'inertie, etc.), les transformateurs, les contrôleurs de système, les disjoncteurs, les fusibles, le câblage, les filtres, les réservoirs, les tuyaux, les ventilateurs, les sources d'énergie de commande, etc., doivent être conçus, fabriqués et soumis à l'essai sur la base des normes pertinentes en matière de sécurité et utilisés conformément à leurs spécifications. Voir l'Annexe D pour une liste des normes de sécurité potentielles des composants de l'EESS. Les connexions entre les composants, telles que les connexions du circuit principal, le câblage des signaux de commande, le câblage des signaux de communication, les tuyaux, les lignes électriques de commande, les fixations aux bâtiments, les tranchées, etc., doivent être adaptées à l'utilisation dans l'EESS et fixées de manière fiable afin d'éviter tout desserrage ou toute déconnexion, ainsi que les phénomènes dangereux potentiels dus au desserrage ou à la déconnexion pendant la durée de vie de l'EESS.

La combinaison des composants de l'EESS ne doit pas être considérée comme étant sûre lorsqu'elle est installée dans le système, et il est donc nécessaire d'effectuer une appréciation du risque du fait de l'intégration des différents composants. En particulier, le risque d'incompatibilité de certains composants qui résulte de l'intégration doit être évalué au moyen de méthodes appropriées d'appréciation du risque.

L'hybridation des systèmes de stockage de l'énergie électrique qui combinent plusieurs sous-systèmes de stockage de l'énergie doit faire l'objet d'une attention particulière en ce qui concerne la sécurité de leur fonctionnement. Tous les sous-systèmes de stockage de l'énergie doivent être analysés dans toutes les conditions de fonctionnement (par exemple, l'état "en attente" d'un sous-système de cet EES ne doit pas exclure la prise en considération de l'état de sûreté et la surveillance axée sur la sûreté de ce sous-système de veille.)

6.3.3 Considérations du risque

6.3.3.1 Généralités

L'appréciation du risque de l'EES doit inclure, entre autres, les considérations du risque spécifiées du 6.3.3.2 au 6.3.3.9. Des dispositions de réduction de ces risques sont décrites à l'Article 7.

Une défaillance importante de certains systèmes EES peut entraîner un incendie, une explosion ou un dégagement de produits chimiques dangereux. En outre, des éclats peuvent être expulsés lors d'une explosion. Ces phénomènes dangereux peuvent entraîner des blessures graves, voire la mort. La prise en considération de ces risques de phénomènes dangereux graves est nécessaire pour une conception appropriée de l'EES. L'appréciation du risque de l'EES doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.2 Politiques de sécurité insuffisantes

Des politiques de sécurité doivent être mises en place afin de réduire le plus possible les phénomènes dangereux dus à l'erreur humaine prévisible, à une conception ou une installation inadéquate, à une inspection ou une maintenance insuffisante, ainsi qu'à une formation et une signalétique inadéquates. L'appréciation du risque de l'EES doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.3 Avertissements, mécanismes de protection et procédures de réponse aux incidents inefficaces

Des avertissements, des mécanismes de protection et des procédures d'extinction des incendies inefficaces, ainsi que des plans, des itinéraires et des procédures d'évacuation inefficaces peuvent amplifier les phénomènes dangereux et les risques d'incendie, d'explosion et chimiques. L'appréciation du risque de l'EES doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.4 Contrôle d'accès inefficace

Un contrôle d'accès inefficace ou l'absence de contrôle d'accès ou des dispositions d'accès dangereuses (par exemple, le manque d'espace pour les opérations de maintenance), une conception inadéquate, la taille des issues de secours ou d'autres lacunes en matière de protection peuvent être à l'origine de causes particulières de phénomènes dangereux. L'appréciation du risque de l'EES doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.5 Coordination inefficace de la protection

Une coordination inefficace de la protection peut éventuellement provoquer un incendie ou des phénomènes dangereux électriques. Par exemple, lorsque le dispositif de protection ne peut pas interrompre un courant élevé en cas de court-circuit accidentel, certaines parties du système peuvent surchauffer et provoquer un incendie. L'appréciation du risque de l'EES doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.6 Détection inefficace d'un dysfonctionnement

L'absence ou l'inefficacité de la détection d'un dysfonctionnement peut entraîner des phénomènes dangereux électriques ou mécaniques, une explosion, un incendie, etc. Par exemple, lorsqu'un défaut électrique donne lieu à une fuite ou à un courant de défaut à la terre et qu'il n'est pas détecté, il peut en résulter des dangers de choc électrique. Lorsque le dysfonctionnement n'est pas détecté, l'EESS peut fonctionner au-delà de la limite de sécurité. Il peut en résulter une explosion ou un incendie. L'appréciation du risque de l'EESS doit examiner ces phénomènes dangereux au niveau de ses sous-systèmes élémentaires et de l'ensemble du fonctionnement.

6.3.3.7 Dysfonctionnement de la commande du système

Le dysfonctionnement de la commande du système et le fonctionnement au-delà des limites de sécurité de l'EESS peuvent entraîner des phénomènes dangereux électriques ou mécaniques, une explosion, un incendie, etc. Le dysfonctionnement de la commande du système et le fonctionnement au-delà des limites de sécurité de l'EESS peuvent être éventuellement provoqués par une perte de communication externe, une perte de communication entre les équipements, un court-circuit ou un circuit ouvert de la ligne du signal de commande, une erreur du signal de commande, un dysfonctionnement de l'équipement, une perte de la puissance de commande, etc. La libération de grandes quantités d'énergie, de matériaux ou de produits chimiques stockés dans l'EESS peut entraîner une explosion, un incendie, une dispersion de produits chimiques, une inondation ou d'autres dommages graves. L'appréciation du risque de l'EESS doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.8 Dysfonctionnement du sous-système auxiliaire

Les dysfonctionnements du sous-système auxiliaire peuvent entraîner différents phénomènes dangereux tels que les phénomènes dangereux liés à la température, et les phénomènes dangereux chimiques, d'explosion et d'incendie. Par exemple, un dysfonctionnement du climatiseur peut entraîner un dépassement de la température de fonctionnement de certains composants. Un dysfonctionnement de la ventilation peut entraîner une intoxication chimique ou une concentration combustible. L'appréciation du risque de l'EESS doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.3.9 Environnement, conditions et équipement de travail inappropriés

Un environnement, des conditions et un équipement de travail inappropriés peuvent entraîner de nombreux phénomènes dangereux. L'EESS doit être conçu et construit de manière à être adapté à l'environnement dans lequel il doit être utilisé. Les critères de conception doivent tenir compte de facteurs tels que l'humidité, la température, les altitudes et les inondations, parmi de nombreux autres facteurs. L'appréciation du risque de l'EESS doit examiner ces phénomènes dangereux.

6.3.4 Analyse du risque au niveau du système

6.3.4.1 Généralités

L'une des mesures clés pour assurer la sécurité d'un EESS consiste à utiliser des techniques d'analyse de la fiabilité du système, telles que les procédures décrites dans l'IEC/ISO 31010.

Le résultat de l'analyse du risque doit être documenté et l'étude doit être tenue à la disposition des organisations responsables de l'exploitation, du suivi et de la supervision de l'EESS. L'analyse du risque doit identifier les composants et les parties du système qui assurent une fonction de sécurité. Lorsque la sécurité critique repose sur des commandes électriques, électroniques et logicielles, ces commandes doivent faire l'objet d'une analyse de sécurité fonctionnelle. L'une des normes suivantes, applicable au système, doit être utilisée pour cette analyse:

- Série IEC 61508;
- Série IEC 61511;
- Série ISO 13849;

- IEC 60730-1: 2020, Annexe H;
- IEC 62061; ou
- une autre norme de sécurité fonctionnelle adaptée à l'application doit être utilisée.

6.3.4.2 Cybersécurité

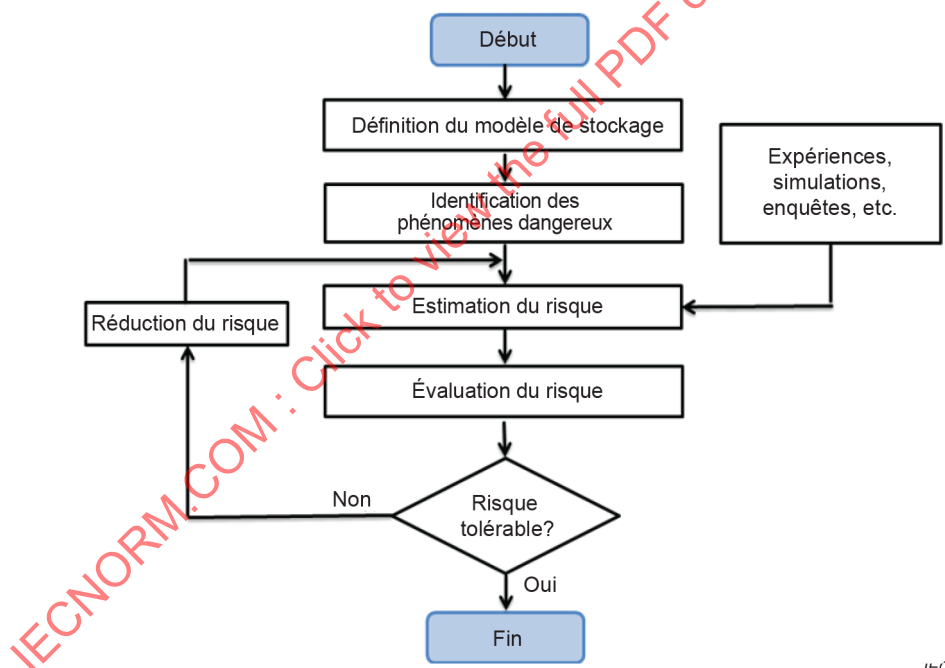
Dans le cadre de l'analyse du risque, la cybersécurité doit être un point central, y compris les risques associés aux lignes de communication.

7 Exigences nécessaires pour réduire les risques

7.1 Mesures générales pour réduire les risques

Par suite de l'analyse du risque au niveau du système, les mesures de prévention et de protection nécessaires doivent être prises pour éviter les accidents et en limiter les conséquences. Cette disposition signifie que pour tous les scénarios dont la probabilité et/ou la gravité des conséquences entraînent un risque intolérable, des mesures de réduction du risque doivent être proposées selon la Figure 2 à l'aide des méthodes décrites à l'Article 6.

Le fabricant doit déterminer les méthodologies de risque spécifiques pour le type d'analyse utilisé et la manière dont elles satisfont aux critères. Les personnes qui participent à l'analyse du risque doivent avoir les compétences nécessaires pour réaliser l'analyse.



IEC

Figure 2 – Séquence de contrôle itératif dans les procédures générales d'appréciation du risque

Les scénarios pris en considération dans l'analyse du risque doivent comprendre les effets externes catastrophiques sur le système, qu'il s'agisse de catastrophes naturelles graves et d'incidences sociales ou humaines négatives. Les catastrophes naturelles englobent tous les types de catastrophes naturelles, dont certaines sont saisonnières et d'autres surviennent avec peu d'anticipation, comme les tremblements de terre, les inondations et les tsunamis. Les incidences sociales ou humaines négatives comprennent les erreurs humaines, le sabotage par une ou plusieurs personnes, les troubles sociaux, le terrorisme et les cyberattaques.

Les mesures préventives à mettre en œuvre dépendent de l'emplacement du système, mais des mesures doivent être identifiées même pour les événements externes rares qui peuvent influencer de manière significative sur l'EESS. Les mesures préventives à identifier ici sont les mesures qui visent à éviter cette influence, à réduire le plus possible les dommages au système et à atténuer les dommages catastrophiques au système.

Malgré les mesures préventives, des dommages partiels peuvent survenir et des mesures doivent être prises immédiatement pour empêcher la propagation des dommages. La lutte contre l'incendie, les moyens de réduction de la propagation interne, les extincteurs d'urgence et l'arrêt d'urgence éprouvés font également partie de cette prévention. En fonction du niveau de dommage, il est possible de faire appel à d'autres intervenants en cas d'incident d'urgence.

La Figure 3 indique des mesures générales de réduction du risque pour un EESS. Lorsqu'un incident dangereux se produit, les mesures qui visent à contrôler la propagation des dommages doivent être prises en considération dans les niveaux de prévention et d'atténuation. En outre, les procédures d'intervention d'urgence dans l'usine et dans la zone doivent être planifiées et préparées en amont afin de réduire le plus possible l'ampleur du phénomène dangereux.

La Figure 4 indique la propagation des dommages d'un incident aux phénomènes dangereux, et les mesures à plusieurs niveaux pour réduire le plus possible les dommages. Un incident mineur tel qu'une influence externe, un dysfonctionnement du matériel ou logiciel et du système, ainsi qu'un mauvais usage raisonnablement prévisible, peuvent provoquer des dommages partiels au système. Lorsque le dommage partiel se propage à une zone plus large du système, un accident plus grave peut se produire. Outre le contrôle et la surveillance habituels, la nécessité de prendre des mesures à plusieurs niveaux pour contrôler la propagation des dommages doit être prise en considération.

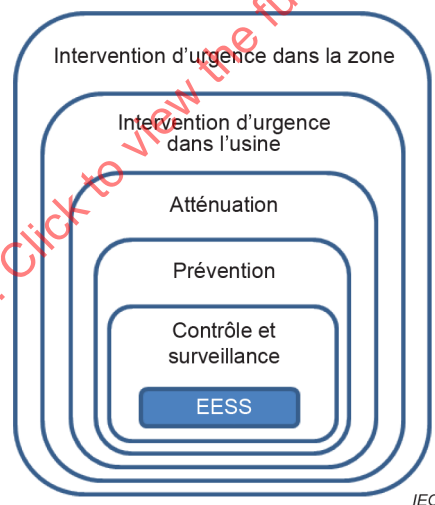
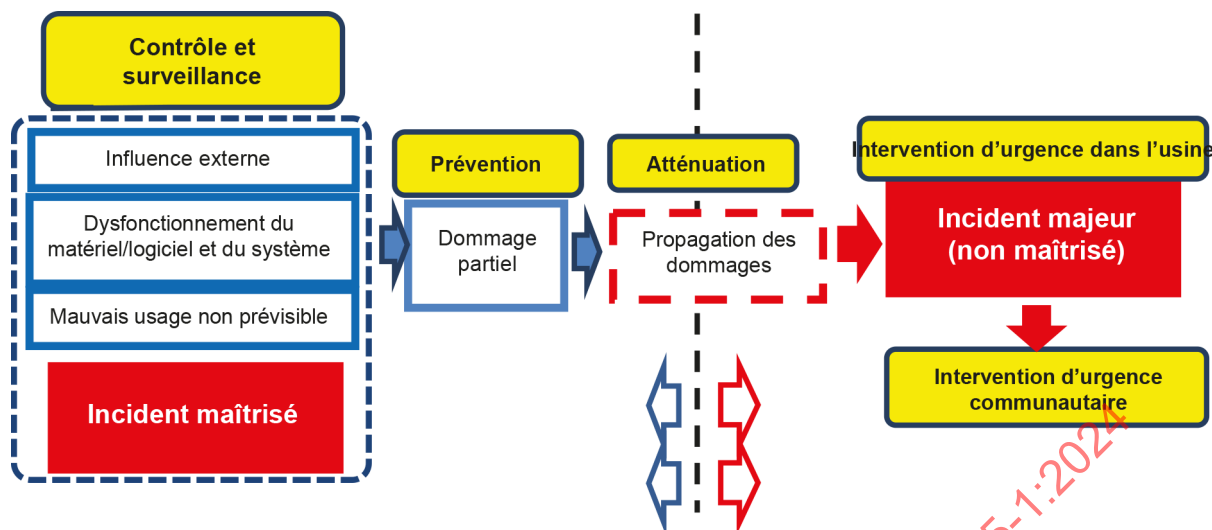


Figure 3 – Mesures générales de réduction du risque pour réduire le plus possible les phénomènes dangereux



IEC

Figure 4 – Propagation des dommages d'un incident maîtrisé à un incident majeur, et mesures à plusieurs niveaux pour réduire le plus possible les dommages

7.2 Mesures préventives contre tout dommage au voisinage

Une attention particulière doit être accordée aux phénomènes accidentels qui entraînent un incident majeur susceptible d'affecter le voisinage et l'environnement. Les événements crédibles détaillés doivent être identifiés, documentés et des méthodes d'atténuation doivent être prévues dans le plan d'intervention d'urgence. Des exemples d'incident majeur peuvent être l'émission de substances dangereuses (par exemple, produits chimiques, gaz, chaleur), les incendies, les explosions, les inondations, etc., dont l'ampleur dépasse les capacités opérationnelles normales du personnel de sécurité de l'établissement.

Les opérateurs, installateurs, techniciens de maintenance et autres responsables de l'EESS doivent disposer d'un plan approprié fondé sur l'analyse du risque décrite à l'Article 6 pour prendre toutes les mesures nécessaires afin de prévenir les incidents majeurs, d'en atténuer les conséquences et de prendre des mesures de récupération. Le plan doit comprendre des informations sur les phénomènes dangereux et les méthodes d'atténuation applicables à la technologie EESS afin d'alimenter le plan d'intervention d'urgence pour le site d'installation. Lors de l'élaboration du plan, tout critère du code ou du règlement local peut être pris en considération.

Lorsque l'appréciation du risque d'incendie, d'explosion, d'inondation ou de rejet de substances toxiques présente une possibilité d'apparition intolérable, l'EESS doit être équipé d'un système relatif à la sécurité (SRS - *safety-related system*) conforme à l'IEC 61508 (toutes les parties) ou à d'autres approches de normes de sécurité fonctionnelle conformément au 6.3.4.1, afin de ramener le risque de phénomènes dangereux à des niveaux tolérables.

7.3 Revue de conception relative à la sécurité

7.3.1 Généralités

Il est prévu que les systèmes EES fonctionnent pendant une durée de vie donnée à condition qu'ils fassent l'objet d'une maintenance correcte. Au cours de cette durée de vie, le fonctionnement de l'EES est susceptible d'être affecté par de nombreux facteurs, tels que, entre autres, les suivants:

- les évolutions technologiques des composants;
- les facteurs environnementaux locaux;
- les conditions du marché;
- les nouveaux règlements.

L'effet de ces facteurs sur l'EESS ne doit pas compromettre la sécurité de son fonctionnement. Pour ce faire, une revue de conception relative à la sécurité doit être effectuée lorsque des modifications sont apportées. Il peut également s'avérer nécessaire de revoir la conception de l'EESS et, par conséquent, l'analyse du risque et l'appréciation du risque de l'EESS, lorsque d'autres informations sont disponibles, par exemple:

- l'expérience opérationnelle;
- la défaillance d'un ou plusieurs composants;
- la défaillance d'un ou plusieurs logiciels;
- les questions inhérentes à la conception.

La Figure 5 représente ce processus au cours de la durée de vie de l'EESS.

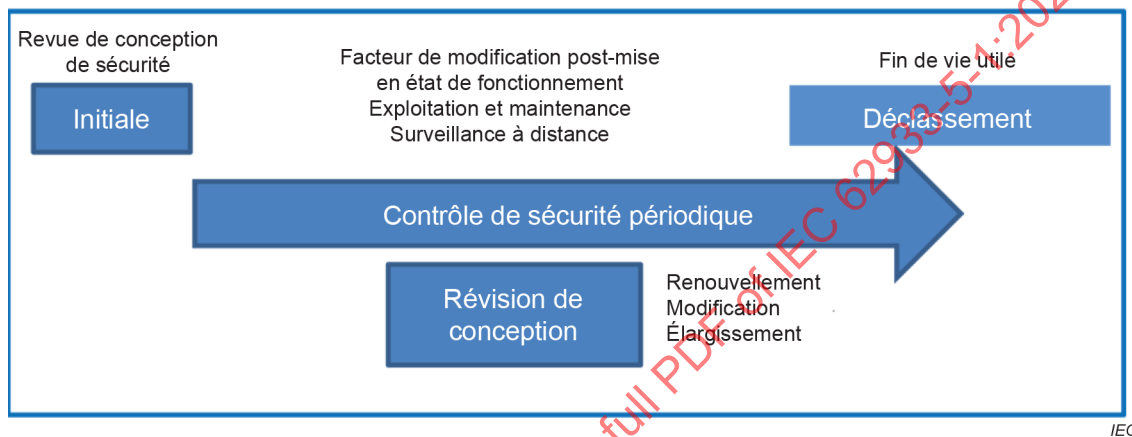


Figure 5 – Revue initiale de la conception de la sécurité et révision de conception

7.3.2 Revue initiale de la conception de la sécurité

La revue de la conception de la sécurité s'effectue tout d'abord au début de la conception de l'ensemble du système. La revue initiale de la conception de la sécurité est fondée sur l'appréciation du risque et se termine lorsqu'il a été déterminé que le système satisfait aux niveaux de sécurité appropriés.

La revue de la conception de la sécurité doit être répétée de manière périodique pendant la durée de vie de l'EESS, en fonction de l'appréciation du risque et d'autres facteurs tels que les exemples mentionnés au 7.3.1.

7.3.3 Révisions de conception ultérieures

7.3.3.1 Généralités

Lorsque le système subit diverses modifications, alors, une nouvelle revue de conception de la sécurité doit être réalisée si nécessaire. Au cours de la nouvelle conception de la sécurité, l'analyse du risque (par exemple, l'AMDE) doit être réalisée à nouveau.

7.3.3.2 Révision de conception pour les modifications mineures et majeures du système

Lorsque le système subit des modifications mineures, une analyse du risque avec une AMDE limitée peut s'avérer plus pratique. Dans le cas d'une modification majeure, par exemple, une augmentation de la capacité totale de stockage (par exemple, le système de stockage de l'énergie sur batterie (BESS - *battery energy storage system*)) ou des modifications majeures dans le milieu environnant, non seulement l'ensemble du système, mais également la zone limite entre le système et le milieu environnant doivent être pris en compte lors de la réalisation de l'analyse du risque.

7.4 Mesures préventives contre tout dommage aux travailleurs et autres personnes exposés à un risque

7.4.1 Protection contre les phénomènes dangereux électriques

7.4.1.1 Sécurité électrique générale

En fonction de la conception du système, le fabricant doit identifier les normes électriques applicables à son système. Les normes relatives à la conception de la sécurité électrique sont les suivantes:

- pour les systèmes EES classés V-L conformément au Tableau 1, l'approche en matière de sécurité électrique doit être conforme soit aux parties pertinentes de la série IEC 60364 ou de l'IEC 60204-1; ou
- pour les systèmes EES classés V-H conformément au Tableau 1, l'approche en matière de sécurité électrique doit être conforme à l'IEC 61936-1, à l'IEC TS 61936-2 ou à l'IEC 60204-11.

7.4.1.2 Accessibilité aux parties actives dangereuses

Toutes les sources d'énergie électrique dans l'EES doivent être contrôlées de manière à réduire le plus possible l'exposition humaine aux phénomènes dangereux électriques et à empêcher l'accès de la faune et de la flore à l'EES. Les parties actives des systèmes EES qui comportent des circuits à tension dangereuse doivent être protégées contre tout contact accidentel par une enveloppe ou par d'autres moyens tels que des clôtures ou des protections, afin d'empêcher l'accès par inadvertance aux parties actives, conformément à la catégorie IPXXB ou IP2X de l'IEC 60529.

Les verrouillages utilisés pour la protection contre les circuits à tension dangereuse doivent être conformes aux exigences relatives aux verrouillages énoncées dans l'IEC 60204-1 et les interrupteurs utilisés à cette fin doivent être conformes à l'IEC 60947-5-1.

L'EES et les équipements électriques associés susceptibles d'exiger un examen, un réglage, un entretien ou une maintenance lorsqu'ils sont sous tension doivent être conçus de manière à réduire le plus possible le risque de choc électrique ou de brûlure par électrocution. Dans les cas où il n'est pas possible d'empêcher l'accès à des parties actives dangereuses, des avertissements doivent être apposés pour avertir les personnes qualifiées des phénomènes dangereux encourus.

La conformité est vérifiée par l'essai de 8.2.2.

7.4.1.3 Protection contre l'exposition à l'humidité et à la pollution

Les composants et circuits électriques qui ont une incidence sur la sécurité (c'est-à-dire au-dessus des niveaux de tension TBTS/TBTP et les autres circuits qui ont une incidence sur la sécurité) doivent être protégés contre la pénétration et l'exposition à l'humidité et à la contamination due à la pollution. Lorsque le câblage et les composants électriques sont exposés à une humidité excessive, ils peuvent être endommagés par la moisissure ou la corrosion, et les lignes de fuite électrique et les distances d'isolement peuvent être réduites à des niveaux dangereux. Ce dommage peut entraîner des défaillances de l'isolation ou des extrémités et générer des phénomènes dangereux électriques supplémentaires. Les enveloppes du matériel électrique et le matériel électrique non contenu dans une enveloppe doivent être adaptés à l'exposition prévue conformément à l'IEC 60529 ou à des méthodes d'évaluation similaires.

La conformité est vérifiée par l'essai de 8.2.3.

7.4.1.4 Isolation électrique et protection contre le choc électrique

L'isolation électrique doit être adaptée aux tensions du circuit et il doit y avoir deux niveaux de protection entre les circuits à tension dangereuse et les parties accessibles (par exemple, double isolation ou isolation renforcée conformément à l'IEC 60364-4-41). Pour les systèmes désignés comme V-L dans le Tableau 1, les lignes de fuite et les distances d'isolement doivent être conformes à l'IEC 60664-1. L'approche de protection décrite dans l'IEC 60364-4-41 doit être utilisée pour les systèmes désignés comme V-L dans le Tableau 1.

Exception: L'IEC 60204-1 peut être utilisée en option pour les exigences relatives à l'isolation électrique et à la protection contre les chocs électriques pour le système EESS V-L.

Pour les systèmes désignés comme V-H dans le Tableau 1, les lignes de fuite et les distances d'isolement ainsi que les mécanismes de protection électrique décrits dans l'IEC 61936-1 ou l'IEC TS 61936-2 doivent être utilisés selon le cas.

Exception: L'IEC 60204-11 peut être utilisée en option pour les exigences relatives à l'isolation électrique et à la protection contre les chocs électriques pour le système EESS V-H.

Les mesures préventives applicables aux phénomènes dangereux électriques doivent prendre en considération les éléments suivants:

- détection de défauts à la terre (par exemple, IEC 62689-2);
- détection des surtensions (par exemple, IEC 60730-1, IEC 61439-1);
- protection contre les surtensions (par exemple, IEC 60730-1);
- détection des surintensités (par exemple, IEC 60730-1);
- détection ou protection contre les températures excessives ou insuffisantes (par exemple, IEC 60730-2-9);
- protection contre la foudre (par exemple, IEC 62305-2);
- dissipation électrostatique (par exemple, IEC TR 61340-1); et
- protection contre les surintensités (par exemple, IEC 60364-4-43).

Pour évaluer un EESS qui comprend une isolation électrique et une protection contre les chocs électriques appropriées, les essais suivants doivent être réalisés: tenue en tension diélectrique, choc, résistance d'isolement et vérification de l'installation de mise à la terre et de liaison équipotentielle.

La conformité doit être déterminée par un examen de la construction et des essais spécifiés en 8.2.4.

7.4.1.5 Protection contre tout fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement normal

Un EESS doit être protégé contre tout fonctionnement en dehors de sa plage de fonctionnement normal, y compris sa tension, son courant et ses températures de fonctionnement de chaque sous-système et de l'ensemble du système. Un fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement normal peut entraîner un choc électrique, un incendie ou d'autres phénomènes dangereux. Les mesures préventives doivent prendre en considération les éléments suivants, dans la mesure où ils s'appliquent à l'EESS:

- détection des surtensions ou sous-tensions (par exemple, IEC 61439-1) et protection;
- détection des surintensités ou sous-intensités (IEC 60730-1);
- protection contre les surintensités (par exemple, IEC 60364-4-43);
- détection ou protection contre les températures excessives ou insuffisantes (par exemple, IEC 60730-2-9).

La conception de la protection contre les surintensités, qui comprend l'emplacement, la capacité et la coordination de la protection, doit être déterminée par un calcul qui prend en considération: le niveau du courant de défaut potentiel, la capacité sous tension des conducteurs dans le circuit à l'étude, le courant de fonctionnement du dispositif de protection et le temps de fonctionnement, ainsi que l'emplacement du dispositif de protection dans le circuit. Le ou les calculs qui permettent de valider la capacité du circuit à résister en toute sécurité à un courant de défaut doivent être documentés et conservés. À cette fin, l'IEC 60364-4-43 doit être utilisée pour déterminer une conception appropriée de la protection contre les surintensités.

La conformité doit être déterminée par un examen de la construction de l'EESS et par la documentation de l'analyse utilisée pour déterminer le type, les caractéristiques assignées et l'emplacement des dispositifs de protection, ainsi que par des essais conformément au 8.2.5 pour évaluer l'adéquation de toutes les protections.

7.4.1.6 Composants électriques ayant une incidence sur la sécurité

Les composants électriques qui ont une incidence sur la sécurité de l'EESS, comme cela est identifié dans l'analyse du risque de l'Article 6, doivent être conformes à une norme de sécurité IEC applicable à ce composant, si une telle norme existe, et doivent être adaptés à l'application et utilisés dans les limites de ses caractéristiques assignées. Lorsqu'il n'existe pas de norme de composant, ce dernier doit être évalué conformément aux exigences du présent document. Voir l'Annexe D pour des recommandations sur les normes de sécurité potentielles des composants.

7.4.1.7 Passage en réseau séparé non intentionnel

Les EESS qui fonctionnent en parallèle avec un système ou réseau de distribution d'électricité peuvent présenter un risque de passage en réseau séparé non intentionnel. La protection contre le passage en réseau séparé non intentionnel et des essais sont exigés par la plupart des codes de réseau internationaux et le système EESS doit être conforme aux règles du code de réseau pour l'emplacement d'installation. Deux procédures d'essai de passage en réseau séparé non intentionnel couramment utilisées sont données au 8.2.6.

Un passage en réseau séparé non intentionnel peut entraîner une défaillance du système avec les conséquences correspondantes, même dans le cas où le système est conçu pour le passage en réseau séparé. Lorsque des opérations de maintenance sont prévues, une analyse de l'isolement électrique des parties concernées du réseau doit être effectuée et documentée avant toute opération d'intervention.

La conformité est vérifiée par l'essai de 8.2.6.

7.4.2 Protection contre les phénomènes dangereux mécaniques

La protection de base contre les blessures d'origine mécanique dépend de l'EESS spécifique. Les protections de base peuvent comprendre:

- des exigences structurelles de l'enveloppe (arêtes et angles arrondis; enveloppe qui empêche l'accès à une partie mobile);
- un verrouillage de sécurité pour contrôler l'accès à une partie mobile qui présente un risque de blessure;
- des moyens qui permettent d'arrêter le mouvement d'une partie mobile;
- des moyens de stabilisation des équipements;
- des poignées robustes;
- des moyens de montage robustes;
- des moyens qui permettent de contenir les parties expulsées lors d'une explosion ou d'une défaillance mécanique.

Lorsque des protecteurs et des dispositifs de protection sont utilisés pour assurer une protection contre les phénomènes dangereux liés aux parties mobiles, les procédures décrites au 6.3.2 et au 6.3.3 de l'ISO 12100:2010 doivent être utilisées pour déterminer l'adéquation de la protection. L'ISO 12100 fournit des recommandations sur les types de dispositifs de protection à mettre en œuvre (par exemple, protecteurs, rideaux lumineux, capteurs, etc.). Le choix, le nombre et l'emplacement du ou des dispositifs de protection mis en œuvre pour assurer une protection contre les phénomènes dangereux liés aux parties mobiles doivent être déterminés dans le cadre de l'analyse du risque de l'EESS. Les verrouillages destinés à empêcher l'accès aux parties dangereuses doivent être conformes aux exigences de l'ISO 12100 pour les parties mobiles dangereuses et fonctionner conformément à l'appréciation du risque. Les interrupteurs utilisés comme verrouillages pour les protecteurs mécaniques doivent être conformes à l'IEC 60947-5-1.

Lorsqu'une enveloppe EESS est utilisée pour empêcher l'accès aux parties dangereuses, l'accessibilité des parties mobiles doit être vérifiée à l'aide de l'outil d'accès approprié en fonction de l'indice de protection de l'enveloppe.

L'évaluation des mécanismes de protection contre l'accès aux parties dangereuses doit consister en une revue de la construction et des essais conformément au 8.3.

Les poignées ou les moyens de montage doivent avoir une résistance suffisante pour supporter le poids qu'ils soutiennent ou portent. La robustesse des poignées ou des moyens de montage doit être vérifiée par essai conformément au 8.3.4.

7.4.3 Protection contre les phénomènes dangereux liés à une haute pression

Les systèmes sous pression doivent être conçus pour supporter le niveau de pression contenu et être conformes aux règlements applicables. Les appareils à pression et les tuyauteries doivent être conçus pour la pression et le fluide qu'ils contiennent. Les systèmes sous pression doivent être équipés de limiteurs de pression qui empêchent toute surpression dangereuse.

Les tuyauteries qui contiennent des fluides à haute pression doivent être conformes à l'ISO 15649, à l'ASME B31.3 ou à l'ASME B31.1.

NOTE Les fluides dont la pression est inférieure à 105 kPa (15 psi) ne relèvent pas du domaine d'application des normes ISO 15649, ASME B31.3 et ASME B31.1. Le domaine d'application de l'ISO 15649 et de l'ASME B31.1 couvre les fluides dans la plage de températures comprise entre -29 °C et 186 °C. Le domaine d'application de l'ASME B31.1 couvre les fluides à des températures supérieures à 250 °C.

Les parties ou un ensemble de parties sous pression doivent être soumis à l'essai conformément au 8.4. Il n'est pas nécessaire de soumettre à l'essai les parties telles que les appareils à pression qui ont déjà fait l'objet d'une évaluation pour les pressions prévues, conformément aux critères locaux ou régionaux.

7.4.4 Protection contre les phénomènes dangereux liés à une atmosphère explosive

La combinaison d'une atmosphère explosive et d'une source d'inflammation efficace en tant que source potentielle d'une explosion exige l'application des principes de base de la prévention et de la protection contre les explosions dans l'ordre suivant:

a) prévention:

- éviter ou réduire les atmosphères explosives; cet objectif peut être atteint principalement par une modification de la concentration de la substance inflammable à une valeur en dehors de la plage d'explosion; ou de la concentration d'oxygène à une valeur inférieure à la concentration limite d'oxygène (LOC - *limiting oxygen concentration*);
- éviter toute source d'inflammation effective possible;

b) protection:

- arrêter l'explosion ou limiter la portée à un niveau suffisant par des méthodes de protection, par exemple l'isolation, l'aération, la suppression et le confinement. Contrairement aux deux mesures décrites au point a), l'occurrence d'une explosion est ici atténuée par des mesures appropriées qui visent à réduire le risque.

NOTE Les normes NFPA 69 et NFPA 68 fournissent des méthodes de prévention et de protection contre les phénomènes dangereux d'explosion.

La norme NFPA 69 s'applique à la conception, à l'exploitation, à la maintenance et aux essais des systèmes destinés à prévenir les explosions par les méthodes de prévention suivantes: contrôle de la concentration d'oxydant et contrôle de la concentration combustible. Cette norme couvre également des mécanismes de protection tels que la détection et le contrôle des sources d'inflammation avant la déflagration, la suppression des explosions, l'isolation active, l'isolation passive, le confinement de la pression de déflagration et la suppression passive des explosions.

La norme NFPA 68 s'applique à la conception, à l'emplacement, à l'installation, à la maintenance et à l'utilisation d'une protection contre les explosions qui évacue les gaz de combustion et les pressions qui résultent d'une déflagration à l'intérieur d'une enveloppe de manière à réduire le plus possible les dommages structurels et mécaniques.

La réduction du risque peut être obtenue par l'application d'un ou plusieurs des principes de prévention ou de protection susmentionnés. Une combinaison de ces principes peut être appliquée.

La prévention d'une atmosphère explosive doit constituer toujours le premier choix.

Pour permettre la sélection des mesures appropriées, une analyse de réduction du risque conformément à l'Article 6 doit être élaborée pour chaque cas individuel. Des recommandations sur la détermination des zones et des emplacements dangereux (classés) pour appliquer les moyens de protection appropriés explosives peuvent être consultées dans l'IEC 60079-10-1 et l'IEC 60079-10-2, selon le cas. Les équipements situés dans des zones ou emplacements dangereux doivent être assignés pour la zone ou l'emplacement en question. L'IEC 60079-0 fournit des recommandations sur les méthodes de protection pour les équipements situés dans des zones ou emplacements dangereux. Les procédures de maintenance doivent assurer que la protection après maintenance est adéquate.

Lors de la planification des mesures de prévention et de protection contre les explosions, le processus d'installation et de mise en état de fonctionnement, ainsi que le fonctionnement normal, qui comprend le démarrage et l'arrêt, doivent être pris en considération. En outre, les éventuels dysfonctionnements techniques ainsi que tout mauvais usage raisonnablement prévisible doivent être pris en compte. L'application des mesures de prévention et de protection contre les explosions exige une connaissance approfondie des phénomènes dangereux potentiels. Les personnes chargées de cette analyse doivent avoir une expérience pertinente dans ce domaine et être qualifiées. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

Lorsque la ventilation mécanique est utilisée pour éliminer ou réduire les zones ou emplacements (classés) dangereux dans l'EESS, son adéquation doit être évaluée conformément au 8.5.

7.4.5 Protection contre les phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques

Les systèmes EES doivent être intégrés aux équipements qui satisfont aux documents IEC pertinents de 8.6 applicables au site d'installation de l'EES afin qu'ils aient une immunité suffisante contre les perturbations électriques, magnétiques et électromagnétiques pour prévenir les phénomènes dangereux, et qu'ils aient une émission électrique, magnétique et électromagnétique aussi faible que l'exige l'application. L'analyse du risque doit fixer les critères de performance des systèmes EES en ce qui concerne l'immunité CEM. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

L'immunité CEM suffisante des composants est confirmée par l'essai d'immunité CEM d'un seul composant, mais il faut prendre en considération le fait que les interactions entre les systèmes peuvent amplifier les perturbations magnétiques et électromagnétiques et entraîner un dysfonctionnement des composants individuels et des communications entre ces composants. Afin d'assurer une sécurité essentielle, les commandes de protection de l'EESS doivent être conçues et soumises à l'essai conformément aux normes CEM applicables énumérées au 8.6, en prenant en considération l'existence de perturbations CEM susceptibles de se produire dans l'environnement dans lequel l'EESS est situé.

Des mesures de protection contre les dysfonctionnements de l'EESS induits par les perturbations doivent être prises à l'aide de méthodes appropriées (voir l'IEC 60364-4-44 pour des recommandations).

La conformité est vérifiée par l'essai de 8.6.

7.4.6 Protection contre les phénomènes dangereux d'incendie

La protection de base contre un incendie d'origine électrique réside dans le fait que la température d'un matériau, dans des conditions de fonctionnement normales et anormales, ne provoque pas l'inflammation dudit matériau. La protection supplémentaire contre un incendie d'origine électrique réduit la probabilité d'inflammation ou, en cas d'inflammation, réduit la probabilité de propagation de l'incendie.

Des informations complémentaires sont fournies dans l'IEC 60364-4-42 qui traite de la protection contre les effets thermiques, y compris la combustion et les flammes provoquées par les installations électriques.

Les mesures de prévention et de protection suivantes doivent être prises en considération pour la protection contre les phénomènes dangereux d'incendie:

- le matériau de l'enveloppe du système doit être incombustible, conformément à l'ISO 1182. Les règlements locaux peuvent s'appliquer;

NOTE L'ISO 1182 définit un essai au cours duquel un matériau est exposé pendant une période de (30 à 60) min dans un four à 750 °C afin de déterminer si le matériau est incombustible. L'ISO 13943 définit le combustible comme un objet susceptible de donner lieu à une combustion, qui est une réaction exothermique d'une substance avec un comburant.

- les matériaux polymères utilisés pour soutenir directement les parties actives dangereuses telles que les cartes de câblage imprimées et l'isolation électrique des bornes, doivent avoir un indice de flamme minimal V-1 conformément à l'IEC 60695-11-10;
- le système doit éliminer ou réduire le plus possible le risque de surchauffe par analyse des écarts de processus susceptibles d'entraîner une surchauffe et par des essais;
- lorsque la possibilité d'un incendie ne peut être éliminée, les effets de cet incendie, y compris les flammes, la chaleur et la fumée, etc., doivent être limités, par exemple par un blindage ou une enveloppe du lieu de stockage, afin d'éliminer ou de réduire le plus possible le risque de blessure aux personnes, de dommages aux biens ou à l'environnement;
- lorsque la possibilité d'un incendie ne peut être éliminée, les effets de cet incendie, y compris les flammes, la chaleur et la fumée, etc. peuvent être alternativement limités par l'utilisation appropriée de systèmes intégrés de détection et de lutte contre l'incendie (composants de sécurité), qui comprennent des dispositifs pour les fonctions de détection, de contrôle, d'alarme et d'extinction;
- lorsque la possibilité d'un incendie ne peut être limitée à l'intérieur de l'enveloppe d'un EESS, la zone d'incendie potentielle doit être couverte par le système de lutte contre l'incendie et la zone protégée doit être isolée, par exemple, par une enveloppe;
- fournir une documentation complète et compréhensible aux utilisateurs afin de vérifier qu'ils peuvent maintenir les installations et les équipements techniques de protection contre l'incendie en bon état et prêts à fonctionner et, le cas échéant, déclencher les mesures de lutte contre l'incendie exigées;

Le niveau de détection et d'extinction des incendies exigé pour un EESS dépend de la taille, de la technologie et de l'emplacement de l'installation du système, ainsi que de la quantité et de la configuration des substances dangereuses. La protection peut être aussi simple que des instructions concernant le matériel d'extinction d'incendie approprié à conserver sur le site, des instructions d'installation et des procédures de base à suivre en matière d'entretien et de sécurité, ou encore l'installation de systèmes de lutte contre l'incendie sur le site d'installation de l'EES.

Pour déterminer le niveau et le type de systèmes de détection et de lutte contre l'incendie exigés, une appréciation du risque d'incendie doit être réalisée pour les installations EESS afin de vérifier que les exigences appropriées en matière de prévention et de protection contre l'incendie pour la protection des personnes, des biens et de l'environnement sont satisfaites. Les codes et règlements locaux peuvent s'appliquer.

Les installations EESS qui doivent être équipées d'un dispositif de lutte contre l'incendie doivent comporter un moyen de détection et de lutte contre l'incendie conforme à l'emplacement du système (c'est-à-dire à l'intérieur, etc.), à la technologie de stockage de l'énergie et aux codes et règlements applicables en matière d'installation, de construction et de sécurité incendie. Lorsqu'elles ne font pas partie de l'EES, des recommandations sur le choix et l'installation de systèmes de détection et de lutte contre l'incendie appropriés doivent être fournies dans les instructions d'installation et de maintenance de l'EES.

L'essai des phénomènes dangereux de propagation du feu pour l'EES est décrit au 8.7.

7.4.7 Protection contre les phénomènes dangereux thermiques

7.4.7.1 Protection contre l'exposition aux phénomènes dangereux liés à la température

Dans un système qui contient des parties chaudes ($> 70\text{ °C}$ pour les matériaux métalliques et $> 95\text{ °C}$ pour les matériaux non métalliques), une isolation thermique ou des moyens de protection appropriés pour protéger les parties chaudes doivent être prévus.

De plus, dans un système qui contient des parties extrêmement froides ($\leq -10\text{ °C}$ pour les matériaux métalliques et $\leq -25\text{ °C}$ pour les matériaux non métalliques), une isolation thermique ou des moyens de protection appropriés pour protéger les parties froides doivent également être prévus.

Pour certaines conceptions d'EES, lorsque le système s'écarte du fonctionnement normal, certaines parties du système peuvent subir un échauffement supérieur au niveau normal pour ces parties. Ces parties doivent être identifiées dans l'analyse du risque du système conformément à l'Article 6. Une protection ou une signalétique appropriée doivent être mises en place.

L'échauffement dû à un écart par rapport au fonctionnement normal doit être surveillé en permanence par des capteurs thermiques, et des alarmes pour la sécurité des travailleurs doivent être prévues en fonction du niveau de phénomène dangereux pour le travailleur, comme cela est déterminé par l'analyse du risque spécifiée à l'Article 6. Toute fuite de liquides à haute température doit également être évitée par des mesures de confinement étanches, par l'acheminement de la tuyauterie pour éviter les phénomènes dangereux et par des mesures de détection des fuites pour donner l'alerte en cas de fuite de liquide à haute température.

7.4.7.2 Protection des parties sensibles à la température

Dans le cadre de l'analyse du risque spécifiée à l'Article 6, la stabilité thermique des parties et des matériaux de l'EES qui peuvent avoir une incidence sur la sécurité s'ils se détériorent par suite d'une exposition à la température doit être prise en considération. Les parties et matériaux identifiés qui peuvent avoir une incidence sur la sécurité conformément à l'appréciation du risque doivent être résistants à la détérioration qui résulte de l'exposition à la température pendant le fonctionnement. L'aptitude des parties et des matériaux à être utilisés dans l'EES doit être déterminée par l'essai de 8.8.

Lorsque l'analyse du risque de l'Article 6 le détermine, un EESS doit être équipé d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) ou d'un système équivalent pour maintenir les parties sensibles à la température dans leurs limites. Les ouvertures de ventilation ne doivent pas être obstruées par d'autres composants ou parties.

7.4.8 Protection contre les phénomènes dangereux chimiques

L'analyse du risque spécifiée à l'Article 6 doit prendre en considération le potentiel d'effets chimiques dangereux des EESS qui contiennent des substances dangereuses. Les systèmes EES ne doivent pas évacuer ou laisser s'échapper des matières dangereuses ou toxiques dans les zones d'accès à l'EES ou dans l'environnement proche. Les codes et règlements locaux peuvent s'appliquer.

La protection de base contre les blessures provoquées par des substances dangereuses est le confinement de la matière.

Des mesures de protection supplémentaires contre les blessures provoquées par des substances dangereuses peuvent inclure:

- un second conteneur ou un conteneur résistant aux déversements, d'une capacité suffisante pour stocker le fluide à l'intérieur de l'EES;
- des bacs de rétention;
- des vis inviolables pour empêcher tout accès non autorisé;
- des protections d'instruction;
- des capteurs et des alarmes; et
- la résistance du matériau aux produits chimiques contenus.

Lorsque l'appréciation du risque le juge nécessaire, des dispositions doivent être prises pour la détection des fuites de liquides, la détection des gaz toxiques et la détection des déversements.

Les tuyauteries qui contiennent des fluides dangereux doivent être conformes à l'ISO 15649 ou à l'ASME B31.3.

NOTE Fluides dont la pression est inférieure à 105 kPa (15 psi), qui ne sont ni inflammables ni toxiques, ne relèvent pas du domaine d'application de l'ISO 15649 et de la norme ASME B31.3.

Lorsqu'il existe une possibilité de rejet de gaz toxiques, des mesures destinées à empêcher l'accumulation de gaz toxiques doivent être mises en œuvre. Les mesures relatives à l'accumulation de gaz toxiques doivent prendre en considération la topographie autour de l'EES pour les installations extérieures, la conception du bâtiment pour les installations intérieures, ainsi que les caractéristiques physiques du gaz.

La détection des gaz toxiques et les alarmes peuvent faire partie de ces mesures de protection. Voir l'IEC 62990-2 pour des recommandations sur la détection des gaz toxiques.

En outre, les personnes présentes dans la zone doivent disposer d'un EPI approprié en cas de rejet de gaz toxiques. Des bassins oculaires et des douches d'urgence doivent être mis à la disposition du personnel en cas de rejet de substances toxiques.

Voir l'IEC 62933-5-2 pour les considérations du BESS concernant la sécurité des gaz toxiques.

Un essai de conformité est décrit au 8.9 pour la détermination de l'adéquation des parties qui contiennent des fluides dangereux.

7.4.9 Protection contre les phénomènes dangereux liés aux lieux de travail

7.4.9.1 Commandes à distance et commandes automatiques

Les systèmes EES qui peuvent être commandés à distance doivent être équipés d'un moyen de désactiver la commande à distance afin de procéder à l'inspection ou à la maintenance. L'utilisation d'un système de commande à distance ne doit pas conduire à une situation dangereuse, comme cela est déterminé par l'analyse des phénomènes dangereux du système, et ne doit pas pouvoir neutraliser les commandes de sécurité locales. Les mêmes exigences s'appliquent aux commandes automatiques locales sans intervention humaine, en réponse à l'apparition de conditions prédéterminées.

NOTE La nécessité d'une surveillance à distance peut subsister, même si la capacité de commande à distance est désactivée.

7.4.9.2 Espace de travail

Un espace de travail suffisant pour les systèmes et équipements EES susceptibles d'exiger un examen, un réglage, un entretien ou une maintenance sous tension doit être prévu. Les codes et règlements locaux peuvent s'appliquer. Un espace suffisant doit être prévu et maintenu autour des systèmes EES pour permettre un fonctionnement et une maintenance immédiats et sûrs de ces équipements.

NOTE La norme NFPA 70, National Electrical Code (NEC) est un exemple de code régional qui fournit des critères pour l'espace de travail électrique minimal fondé sur les niveaux de tension exigés aux États-Unis. La norme NFPA 70E fournit des recommandations sur la sécurité des travaux électriques sous tension afin de fournir des procédures de protection contre les dangers de choc électrique et d'éclair d'arc pour les techniciens chargés des travaux de maintenance sur des équipements électriques sous tension.

7.4.9.3 Sortie et protection contre les phénomènes dangereux physiques

Les systèmes EES situés à l'intérieur ou à l'extérieur dans une enveloppe de type "accessible" doivent être équipés d'au moins une entrée de taille suffisante pour permettre l'accès à l'espace de travail du système et la sortie de celui-ci. Les codes et règlements locaux peuvent s'appliquer.

Les portes prévues pour la sortie des systèmes EES doivent s'ouvrir dans le sens de l'évacuation et être équipées de barres antipanique, de plaques de pression ou d'autres dispositifs qui sont normalement verrouillés, mais qui s'ouvrent sous une simple pression de l'intérieur. Les portes doivent être équipées de serrures pour empêcher l'accès de personnes non qualifiées. Les portes d'entrée et de sortie des systèmes EES doivent également être conformes à l'IEC 60204-1.

Les entrées dans les systèmes EES ou les zones d'installation doivent être réservées aux personnes autorisées et signalées par des panneaux d'avertissement qui interdisent l'accès aux personnes non qualifiées.

Les zones d'accès à l'intérieur de l'EES de type "accessible" doivent être conçues de manière à empêcher les personnes de trébucher, de glisser ou de tomber lorsqu'elles entrent dans le système ou en sortent, ou lorsqu'elles se trouvent à l'intérieur.

7.4.9.4 Ventilation

Les systèmes EES installés à l'intérieur et les enveloppes associées aux systèmes EES autonomes dans lesquelles des personnes peuvent pénétrer entièrement doivent être équipés d'une ventilation adéquate pour les personnes qui travaillent sur l'EES intérieur ou à l'intérieur d'un EES. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

7.4.9.5 Éclairage des tâches dans les systèmes EES

L'éclairage doit être assuré pour tous les espaces de travail dans les systèmes EES. Les prises de courant doivent être disposées de manière que les personnes qui remplacent les lampes ou effectuent des réparations sur le système d'éclairage ne soient pas mises en danger par des parties sous tension ou d'autres équipements. Voir l'IEC 60204-1 pour des recommandations concernant l'éclairage des équipements électriques.

L'éclairage et la signalétique d'urgence peuvent être soumis aux règlements locaux.

7.4.10 Formation du personnel

Des travailleurs bien formés augmentent considérablement la sécurité au travail. Tout écart par rapport au processus souhaité peut être détecté et donc corrigé plus rapidement.

Les travailleurs doivent recevoir une formation qui les informe des phénomènes dangereux sur le lieu de travail et des mesures de prévention à prendre. Cette formation doit expliquer comment les différents types de phénomènes dangereux apparaissent et dans quelles parties du lieu de travail ils sont présents. Les mesures prises doivent être énumérées et leur fonctionnement expliqué. La manière correcte de travailler avec les équipements disponibles doit être expliquée. Les travailleurs doivent recevoir des instructions sur les pratiques de travail sûres à l'intérieur ou à proximité des lieux dangereux. Il s'agit également d'expliquer la signification de tout marquage de mise en garde ou de lieux dangereux et de préciser quels équipements de travail mobiles peuvent être utilisés dans ces lieux. Les travailleurs doivent également être informés des EPI qu'ils doivent porter pour travailler à l'intérieur et à proximité de l'EES. Les instructions d'utilisation disponibles doivent être couvertes au cours de la formation. Voir 9.3.1 pour plus d'informations sur les instructions d'utilisation.

Les travailleurs doivent recevoir une formation:

- avant de commencer à travailler sur l'EES;
- lorsque des équipements de travail sont présentés pour la première fois ou modifiés;
- lorsqu'une nouvelle technologie est présentée.

La formation des travailleurs doit être répétée à des intervalles appropriés. Le niveau de compréhension des travailleurs doit être vérifié.

L'obligation de formation s'applique également aux employés des sous-traitants. La formation doit être assurée par une personne compétente. La date et le contenu des activités de formation ainsi que les participants doivent être consignés dans des registres.

7.5 Déconnexion et arrêt de l'EES

7.5.1 Généralités

Les procédures de déconnexion et d'arrêt sont importantes pour assurer la sécurité pendant le fonctionnement, la maintenance habituelle ou la réparation des pannes. Elles dépendent de la conception de l'EES, des technologies employées (voir la Figure 7), de sa taille et de la raison de la déconnexion et de l'arrêt. L'EES doit pouvoir être déconnecté partiellement ou totalement pour tenir compte des activités probables exigées de fonctionnement, de maintenance habituelle et de réparation crédible des pannes. Un arrêt d'urgence doit également être prévu et doit être conforme aux 7.5.4 et 7.5.6.

Les principales circonstances qui peuvent exiger des conditions qui entraînent la déconnexion de l'EESS ou de certains de ses composants sont les suivantes:

- maintenance régulière;
- dysfonctionnement des sous-systèmes et/ou composants;
- contraintes externes;
- mises à niveau du système;
- fin de vie utile.

La déconnexion ou la déconnexion partielle peut être réalisée à différentes parties de l'EESS:

- point de connexion au réseau;
- installation de courant alternatif avec transformateur;
- appareil de connexion (SW - *switching device*);
- sous-système de conversion de puissance;
- alternateur;
- sous-système de stockage;
- sous-système auxiliaire;
- parties plus petites des sous-systèmes.

Lorsque l'EESS a des niveaux d'énergie ou d'énergie stockée élevés, des précautions spéciales peuvent être exigées, comme cela est déterminé par l'analyse du risque spécifiée à l'Article 6. La procédure de déconnexion ou d'arrêt ne doit pas rendre l'EESS dangereux.

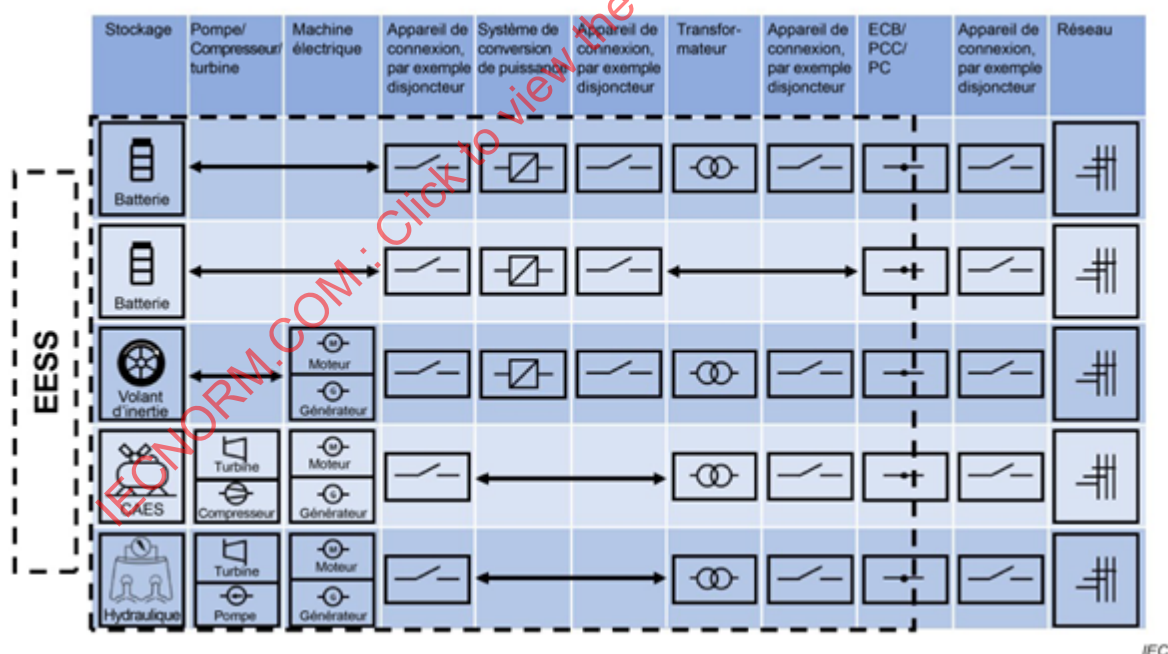


Figure 6 – Exemples d'architectures EESS différentes

Comme le représente la Figure 7, les appareils de connexion (SW) sont positionnés différemment pour chaque technologie. Une séquence détaillée de l'ouverture des SW dépend de la technologie.

7.5.2 État déconnecté du réseau

Dans l'état déconnecté du réseau, l'EESS est séparé électriquement de la connexion au réseau local. Un EESS doit être équipé d'un dispositif de déconnexion qui permet de déconnecter les conducteurs mis à nu entre le sous-système primaire de l'EESS et le point de connexion primaire avec le réseau. Lorsque ce dispositif n'est pas installé sur l'EESS, des informations sur la déconnexion doivent être fournies dans les instructions d'installation pour indiquer:

- le type et les caractéristiques assignées des moyens de déconnexion;
- que les moyens de déconnexion doivent être situés en un emplacement accessible et visible de l'EESS; et
- que les moyens de déconnexion doivent comporter un marquage ou une signalétique d'identification:
 - les caractéristiques assignées de la tension de sortie de l'EESS; et
 - le courant de court-circuit disponible.

7.5.3 État d'arrêt

Lorsque l'EESS est déconnecté et que le sous-système d'accumulation n'est pas connecté au sous-système de conversion de puissance, l'EESS est considéré comme en état d'arrêt. Dans cet état, le système d'accumulation peut être mis sous tension et ne peut généralement pas être mis hors tension sans subir de graves dommages. À l'état d'arrêt, une partie du sous-système auxiliaire reste alimentée, car elle contient des sous-systèmes critiques pour la sécurité et la surveillance.

7.5.4 Arrêt de l'EESS

L'arrêt de l'EESS est la commande qui permet de faire passer le système à l'état d'arrêt.

Comme cela est déterminé par l'analyse du risque du système conformément à l'Article 6, un EESS doit être équipé d'un moyen d'arrêt normal et d'arrêt d'urgence.

Les conditions qui peuvent être contrôlées en toute sécurité ou qui ne présentent pas de phénomène dangereux immédiat peuvent être corrigées par un arrêt normal de l'EESS.

Lorsque la tension, le courant, la température, la pression ou la vitesse de rotation, etc., dépassent une limite de sécurité, un événement dangereux peut se produire. Il peut résulter du mauvais fonctionnement d'un composant du système ou d'une erreur de communication, par exemple. Les conditions de fonctionnement anormales qui peuvent donner lieu à un événement dangereux doivent être identifiées et traitées pour déclencher un arrêt d'urgence. Lorsqu'il est actionné, il est prévu que l'EESS revienne à un état sûr. La fonction d'arrêt de l'EESS, y compris l'arrêt d'urgence, doit comporter des moyens qui permettent l'arrêt coordonné de toutes les parties nécessaires du système, ainsi que des équipements situés en amont ou en aval du système, lorsqu'un fonctionnement continu peut s'avérer dangereux.

Un EESS est déconnecté par un ou plusieurs appareils de connexion appropriés ou par d'autres mesures.

7.5.5 Déconnexion partielle

La conception de l'EESS peut permettre la déconnexion des parties constitutives de l'EESS séparément si cela est approprié, comme cela est déterminé par l'appréciation du risque spécifiée à l'Article 6. Pour les personnes qui travaillent sur l'EESS, la déconnexion des seules parties sur lesquelles un travail est effectué est possible afin de permettre un accès sûr. Toutefois, les risques posés par les systèmes individuels adjacents à ceux sur lesquels un travail est effectué doivent être pris en considération. Dans le cas de sous-systèmes d'accumulation multiples conçus de manière appropriée, les sous-systèmes individuels peuvent être déconnectés pour travailler en toute sécurité, tandis que l'EESS peut rester opérationnel.

Pour certains systèmes EES avec lesquels il est difficile de mettre hors tension le sous-système d'accumulation (par exemple, les systèmes de stockage de l'énergie sur batterie), les phénomènes dangereux doivent être réduits le plus possible lors de la conception du système.

NOTE Dans le cas d'un accumulateur à volant d'inertie, celui-ci peut s'arrêter en fournissant de l'énergie au réseau ou à d'autres unités du système. Cette procédure contribue à réduire le plus possible la durée pendant laquelle le système se trouve dans une situation dangereuse.

7.5.6 Lignes directrices relatives à l'équipement pour l'arrêt d'urgence

Un arrêt d'urgence doit être incorporé dans un système de stockage d'EES pour éviter les situations dangereuses qui ne peuvent être corrigées par d'autres commandes, comme cela est déterminé par une analyse du risque du système. Cette fonction doit:

- mettre fin à la situation dangereuse sans créer de phénomènes dangereux supplémentaires;
- déclencher ou permettre le déclenchement de certaines mesures de sauvegarde si nécessaire;
- neutraliser les fonctions et opérations que l'analyse du risque a jugé nécessaires;
- être équipée de verrouillages de redémarrage pour empêcher un redémarrage involontaire;
- être en fonctionnement normal seulement après que les verrouillages de redémarrage ont été intentionnellement réinitialisés.

Les arrêts d'urgence manuels, lorsque l'analyse du risque l'exige, doivent être identifiables, clairement visibles et accessibles conformément à l'ISO 13850. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

En cas d'anomalie de la logique du système de commande, ou de défaillance, voire d'endommagement du matériel dudit système, les exigences suivantes du système doivent être satisfaites:

- après activation de la commande d'arrêt d'urgence, l'EES ne doit pas permettre l'interruption de sa séquence d'arrêt;
- les dispositifs de protection doivent rester pleinement efficaces;
- l'EES ne doit pas se reconnecter ou redémarrer de manière inattendue.

Lorsqu'un dispositif de protection ou un verrouillage provoque un arrêt de sécurité de l'EES, cette condition doit être signalée à la logique du système de commande. L'activation et la réinitialisation de la fonction d'arrêt ne doivent déclencher aucune condition dangereuse, comme cela est déterminé par une analyse du risque du système et les essais de conditions de défaut de l'Article 8. Les systèmes de commande ou de surveillance qui peuvent fonctionner en toute sécurité dans la situation dangereuse peuvent être laissés sous tension pour fournir des informations sur le système.

7.6 Cybersécurité

La cybersécurité est importante non seulement pour la surveillance et la commande à distance, mais également pour le système connecté à l'Internet. La série IEC 62443 fournit des recommandations et des critères pour la cybersécurité.

Les EES à l'échelle industrielle ou des services publics qui sont connectés à l'Internet doivent être protégés contre les cyberattaques conformément à l'IEC 62443-3-3 ou à une norme équivalente. Le niveau de protection contre les cyberattaques doit être déterminé conformément à l'appréciation du risque.

7.7 Surveillance à distance et fonctionnement sans surveillance

Afin d'assurer une maintenance préventive efficace, il est essentiel de surveiller régulièrement le système, ce qui se fait le plus souvent à distance. La surveillance de la fréquence des avertissements concernant les paramètres de l'EESS, tels que l'efficacité du système ou la température, peut constituer un indicateur précoce du dysfonctionnement d'un sous-système ou de ses composants.

La mise en œuvre d'un système de surveillance à distance doit être prise en considération afin de vérifier si le système fonctionne en toute sécurité. Les données fournies automatiquement par l'EESS ou par le biais d'une requête de ce dernier peuvent aider à évaluer son état et la durée de vie restante de ses composants. Le diagnostic est effectué par surveillance de la modification de la capacité (par exemple BESS) ou des modifications dans l'évolution des paramètres mesurés. Ces données peuvent être transmises en temps utile par le biais d'un réseau d'information.

Dans le cas de la télésurveillance, la fiabilité de la valeur surveillée est essentielle pour assurer la sécurité de l'EESS. La détection du dysfonctionnement du système de mesure et de l'erreur de la valeur mesurée doit être prise en considération.

En cas de fonctionnement sans surveillance, l'EESS doit être capable de surveiller et de détecter les conditions anormales et d'entrer automatiquement dans un état de sécurité sans qu'une interaction avec l'opérateur soit nécessaire.

Les programmes de maintenance préventive qui visent à éviter des conditions imprévues sont également importants pour les systèmes surveillés et commandés à distance.

L'essai de détermination de la fiabilité de la surveillance à distance est décrit au 8.11.

8 Essais du système

8.1 Généralités

Afin de confirmer la conception de l'EESS, ainsi que la bonne mise en œuvre et la fonctionnalité correcte des mécanismes de sécurité identifiés dans l'analyse du risque, la réponse du système aux conditions de défaillance potentielles doit être évaluée. La vérification et la validation des éléments doivent être déterminées sur la base de l'analyse de sécurité au niveau du système conformément à l'Article 6.

En outre, l'EESS doit avoir un système relatif à la sécurité (SRS) évalué selon une norme de sécurité fonctionnelle appropriée conformément au 6.3.4.1.

NOTE 1 Les composants de l'EESS peuvent être conçus, vérifiés et validés sur la base d'autres normes IEC, par exemple, un système de stockage de l'énergie sur batterie lithium-ion peut satisfaire à l'IEC 62619, mais il est admis que l'intégration du système peut entraîner des risques. Se reporter au 6.3 pour l'analyse du risque au niveau du système.

Les composants du système utilisés pour l'intégration et tout dysfonctionnement de la communication ne doivent pas affecter la sécurité au niveau du système.

NOTE 2 Les différents composants du système peuvent influencer les uns sur les autres. Par exemple, le bruit électromagnétique induit par le système de conversion de puissance peut entraîner un dysfonctionnement de l'unité centrale de traitement de gestion du stockage de l'énergie et affecter le fonctionnement du dispositif de stockage de l'énergie. La tolérance au bruit des composants de l'EESS peut satisfaire à l'IEC 61000 (toutes les parties), mais il est possible que l'un des composants du système tombe en panne à cause du bruit induit par le sous-système de conversion de puissance. En outre, le dysfonctionnement accidentel des composants peut également se produire.

L'EESS comprend des sous-systèmes primaires, auxiliaires et de commande, comme cela est représenté à la Figure 7. Chaque sous-système contient différents composants. L'EESS comprend également des lignes de communication interne entre ces composants, des lignes de surveillance et des lignes de signaux de commande.

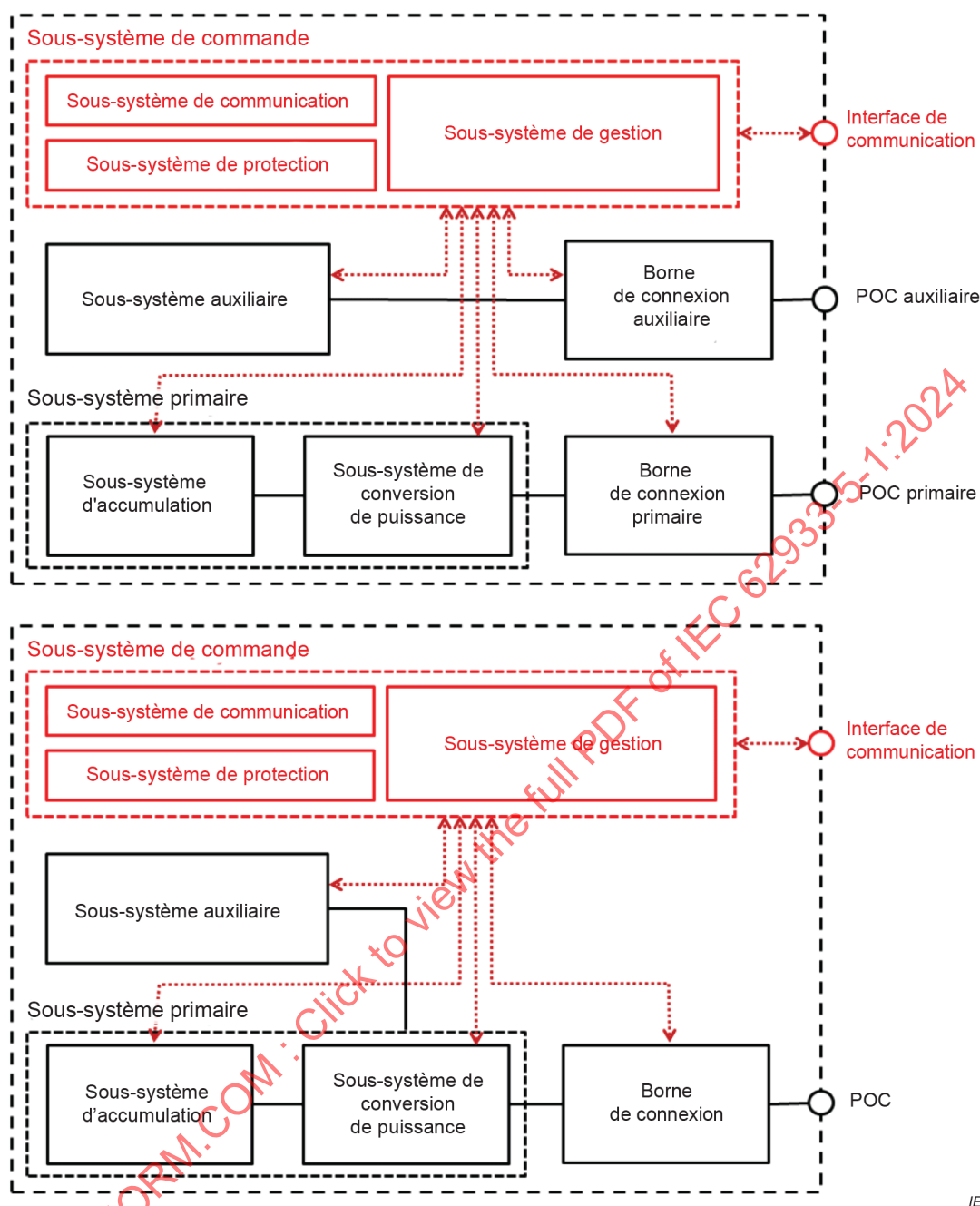


Figure 7 – Architecture de l'EESS dans les deux configurations EESS principales

Le matériel d'essai, les installations ou l'environnement d'essai sur site doivent être adaptés aux objectifs de l'essai, aux résultats possibles de l'essai, à l'effectif d'échantillon et à l'aptitude à la fonction.

Un EPI approprié, des procédures normales d'exploitation et des installations qui permettent de protéger le personnel pendant les essais doivent être fournis.

Des procédures normalisées pour le stockage, la manipulation, l'exploitation, les essais et l'élimination en toute sécurité des échantillons d'essai doivent être prévues.

Les échantillons utilisés pour les essais doivent être représentatifs des échantillons de production. Les essais peuvent être réalisés sur des sous-ensembles s'il est démontré qu'ils sont représentatifs de l'EESS complet pour répondre à des objectifs d'essai particuliers.

La possibilité de réaliser les essais de l'EESS à pleine échelle doit être examinée. Lorsque cela n'est pas réalisable, les essais doivent être effectués au niveau des sous-ensembles, ou par le biais de l'évaluation technique, de la simulation ou du calcul.

Sauf indication contraire dans les méthodes d'essai, les essais sont réalisés à des températures ambiantes comprises dans la plage spécifiée pour l'EESS. Les conditions ambiantes pendant les essais doivent être mesurées et documentées pour chaque essai.

Il est admis que les conditions ultimes se sont produites lorsque les mécanismes de protection identifiés dans l'analyse du risque fonctionnent comme prévu pour amener le système à un état sûr ou lorsque les conditions non conformes identifiées pour la méthode d'essai spécifique se produisent.

8.2 Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux électriques

8.2.1 Généralités

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai pour les phénomènes dangereux électriques conformément à l'IEC 62933-5-2.

Pour les systèmes EES désignés comme V-H, l'approche en matière de sécurité électrique doit être protégée conformément à l'IEC 61936-1, à l'IEC 61936-2 ou à l'IEC 60204-11 pour les phénomènes dangereux électriques. Les personnes compétentes qui ont une bonne connaissance de la conception du système doivent superviser tous les essais exigés pour les systèmes EESS V-H.

8.2.2 Accessibilité aux parties actives dangereuses

a) Objet:

L'EESS doit être conçu de manière à empêcher l'accès direct aux parties actives dangereuses.

NOTE Les parties actives dangereuses sont celles dont la tension est supérieure aux limites de la TBTP ou de la TBTS comme cela est défini dans l'IEC 60364-4-41.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'accès aux parties sous tension.

b) Exigences:

La méthode de protection appliquée ne doit pas permettre d'accéder aux parties actives dangereuses conformément au 7.4.1.2 et à l'IEC 60529.

c) Méthode:

L'efficacité des mesures de protection utilisées pour empêcher l'accès de l'utilisateur aux parties actives doit être vérifiée par essai conformément à la protection fournie par les exigences de l'enveloppe pour IPXXB ou IP2X conformément à l'IEC 60529 afin d'empêcher l'accès aux parties actives dangereuses.

8.2.3 Protection contre l'exposition à l'humidité et à la pollution

a) Objet:

Cet essai a pour objet d'évaluer l'aptitude des enveloppes spécifiées à empêcher la pénétration d'humidité susceptible d'avoir une incidence sur la sécurité, comme cela est indiqué par l'installation prévue (par exemple, utilisation en extérieur).

Il est également destiné à traiter les infiltrations de pollution sous forme de poussière lorsque cela est spécifié dans l'installation EESS.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne la pénétration.

b) Exigence:

L'enveloppe doit satisfaire à l'indice de protection spécifié relatif à la pénétration d'humidité pour l'EESS comme cela est indiqué au 7.4.1.3 Il ne doit pas y avoir de mouillage des parties actives ni de signe de claquage diélectrique.

c) Méthode:

Les enveloppes de l'EESS doivent satisfaire à leurs indices de protection pour la pénétration d'humidité et la pénétration de pollution conformément à l'IEC 60529. À la fin de l'exposition, le système doit être soumis à un essai de tenue en tension diélectrique selon 8.2.4.2 et examiné pour vérifier qu'il n'y a pas eu de pénétration d'humidité ou de pollution susceptible de créer un phénomène dangereux.

Pour les installations extérieures susceptibles d'être exposées à l'humidité, l'indice de protection minimal doit être de IPX4.

Pour une installation EESS susceptible d'être exposée à la pollution sous forme de poussière, l'indice de protection minimal doit être de IP5X.

Il y a deux exceptions:

- exception 1: Une autre méthode d'évaluation de la pénétration d'humidité et de la pollution par la poussière peut être utilisée (par exemple, l'évaluation assignée du type NEMA) lorsqu'elle est spécifiée pour l'enveloppe;
- exception 2: Il n'est pas nécessaire de soumettre à l'essai une enveloppe EESS qui a été soumise à l'essai et assignée pour la pénétration d'humidité conformément aux spécifications du fabricant et de l'installation.

8.2.4 Isolation électrique et essais de protection contre le choc électrique

8.2.4.1 Généralités

Les essais suivants doivent être réalisés pour déterminer la conformité aux critères d'isolation électrique et de protection contre les chocs électriques selon 7.4.1.4.

Les EESS électrochimiques (BEES) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2.

Les systèmes de convertisseurs électroniques de puissance doivent être évalués conformément à:

- l'IEC 62477-1, l'IEC 62909-1 et l'IEC 62909-2, le cas échéant, ou l'IEC 62109-1 et IEC 62109-2, le cas échéant, dans le cas d'un EESS de type V-L; ou
- l'IEC 62477-2 dans le cas d'un EESS de type V-H; ou
- soumis à l'essai conformément aux essais suivants du 8.2.4.2 au 8.2.4.6 dans le cadre de l'EESS.

8.2.4.2 Tenue en tension diélectrique

a) Objet:

L'isolation électrique des systèmes EES, y compris les lignes de fuite et les distances d'isolement, doit être suffisante pour éviter une rupture de l'isolation due à une surtension qui peut se produire.

Les EESS électrochimiques (BEES) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'essai de tenue en tension diélectrique.

b) Exigence:

Il ne doit pas y avoir de claquage diélectrique lorsqu'il est soumis aux tensions d'essai appliquées.

c) Méthode:

L'essai diélectrique d'un EESS doit être soumis à l'essai conformément à l'essai diélectrique conformément au 6.5 de l'IEC 60664-1:2020.

8.2.4.3 Essai de choc

a) Objet:

L'EES doit être protégé contre les chocs de tension qui peuvent se produire en raison de la foudre ou contre les surtensions qui peuvent se produire dans le système et qui peuvent créer une rupture de l'isolation.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'essai de choc.

b) Exigence:

Le système doit résister en toute sécurité aux niveaux de choc appliqués.

c) Méthode:

L'essai de choc doit être réalisé conformément à l'essai de choc décrit au 6.2.2.1 de l'IEC 60664-1:2020.

8.2.4.4 Résistance d'isolement

a) Objet:

L'isolation électrique doit avoir une résistance suffisante pour protéger contre la possibilité de choc électrique.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'essai de résistance d'isolement.

b) Exigence:

Les mesurages de la résistance d'isolement doivent satisfaire ou dépasser les limites présentées dans le Tableau 6.1 de l'IEC 60364-6:2016.

c) Méthode:

L'essai de résistance d'isolement doit être réalisé conformément à la résistance d'isolement des 6.4.3.3 et 6.4.3.4 de l'IEC 60364-6:2016.

8.2.4.5 Essai d'installation de mise à la terre et de liaison équipotentielle

a) Objet:

Le circuit de mise à la terre de l'EES doit avoir une impédance suffisamment faible pour éviter tout phénomène dangereux en cas de panne.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'installation de mise à la terre et de liaison équipotentielle.

b) Exigence:

L'impédance du circuit de liaison (impédance de la boucle de défaut à la terre) aux zones mesurées doit être suffisamment faible pour assurer la protection décrite au 415.2 de l'IEC 60364-4-41:2005 et de l'IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017.

c) Méthode:

L'impédance de l'installation de mise à la terre et de liaison équipotentielle d'un EESS doit être confirmée conformément aux méthodes indiquées ci-dessous. Les mesurages doivent être réalisés entre deux points quelconques de l'installation de mise à la terre conformément au 415.2 de l'IEC 60364-4-41:2005 et de l'IEC 60364-4-41:2005/AMD1:2017.

8.2.4.6 Protection de défaut à la terre

a) Objet:

Lorsque l'appréciation du risque révèle qu'un système de surveillance et de protection de défaut à la terre est exigé, la protection de défaut à la terre doit empêcher toute condition dangereuse par suite d'un défaut à la terre appliqué.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'évaluation d'un système de protection de défaut à la terre.

b) Exigence:

En raison des défauts appliqués, la protection de défaut à la terre de l'EES doit empêcher toute détérioration du système susceptible d'entraîner une situation dangereuse. Les mécanismes de protection doivent fonctionner comme prévu.

c) Méthode:

Lors de l'installation, un EESS doit être soumis à l'essai au cours d'une opération de charge normale avec l'événement de défaut énuméré ci-dessous:

- court-circuit entre une ligne de phase et la terre par un dispositif résistif d'une résistance de 50 mΩ.

8.2.5 Essais de protection contre tout fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement normal**8.2.5.1 Généralités**

a) Objet:

L'EES doit être équipé de protections qui empêchent le système de fonctionner en dehors des plages normales si cette situation peut entraîner un phénomène dangereux, comme cela est indiqué au 7.4.1.5.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne les essais de type de protection contre tout fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement normal.

b) Exigence:

Les mécanismes de protection doivent fonctionner de manière à éviter que l'EES ne fonctionne en dehors de sa plage normale, ce qui peut entraîner une situation dangereuse.

Toutes les fonctions du sous-système d'accumulation d'énergie doivent être pleinement opérationnelles comme cela est conçu pendant l'essai.

c) Méthode:

L'EES doit être soumis à des conditions simulées hors paramètres normaux, comme cela est déterminé par l'analyse du risque, afin de déterminer si les mécanismes de protection fonctionnent comme prévu pour prévenir une situation dangereuse. Ces conditions peuvent être des températures excessives ou des températures insuffisantes, une survitesse ou d'autres paramètres anormaux applicables à la technologie EES.

8.2.5.2 Protection contre les surcharges et les courts-circuits

L'EESS doit être protégé contre les surcharges et les courts-circuits au niveau de toutes les bornes de sortie et des bornes d'interconnexion auxquelles l'énergie peut être délivrée, comme cela est énuméré ci-dessous:

- a) toutes les bornes de sortie en courant alternatif ou en courant continu de l'EESS, y compris le câble de sortie, le cas échéant;
- b) la borne de sortie de chaque sous-système de conversion de puissance, y compris les câbles de sortie, le cas échéant;
- c) la borne de sortie de chaque sous-système d'accumulation d'énergie, y compris les câbles d'interconnexion et les jeux de barres, jusqu'au dispositif de protection contre les surintensités dans le système de conversion de puissance;
- d) les bornes de sortie de tous les modules du sous-système d'accumulation d'énergie qui sont interconnectés sur le terrain, avec ou sans câbles d'interconnexion.

Avant l'essai de surcharge ou de court-circuit, le sous-système d'accumulation d'énergie doit être en état de pleine charge et la borne d'entrée de l'EESS doit être connectée comme prévu.

8.2.5.3 Essai de surcharge

a) Objet:

L'EESS doit être équipé de protections contre les surcharges pour chaque borne de sortie lorsque l'appréciation du risque détermine que ces protections contre les surcharges sont nécessaires afin d'éviter une situation de surcharge dangereuse.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne la protection contre les phénomènes dangereux de surcharge.

Cet essai ne s'applique pas à l'EESS dont les protections contre les surcharges sont intégrées dans certains composants (par exemple, le système de conversion de puissance (PCS - *power conversion system*)), et ont été vérifiées conformément aux normes pertinentes de composants, et la situation de surcharge vérifiée dans les composants peut être représentative de la situation de surcharge de l'EESS.

b) Exigence:

Les protections contre les surcharges prévues doivent fonctionner de manière à éviter une situation dangereuse. L'essai de surcharge ne doit pas provoquer d'incendie ou d'explosion du système EESS.

c) Méthode:

Pour chaque sortie en courant continu, la borne/le conducteur positifs et la borne/le conducteur négatifs de la sortie doivent être soumis à une surcharge de 135 % du courant assigné du dispositif de protection principal pour cette sortie en courant continu, à l'aide d'une charge appropriée jusqu'à ce que la température de l'EESS devienne stable ou qu'un dispositif de protection désactive la sortie en essai et que la température de l'EESS revienne à la température ambiante.

Pour chaque sortie en courant alternatif, un fil sous tension et un fil neutre de la sortie doivent être soumis l'un après l'autre à une surcharge de 135 % du courant assigné du dispositif de protection principal pour cette sortie en courant alternatif, à l'aide d'une charge appropriée jusqu'à ce que la température de l'EESS devienne stable ou qu'un dispositif de protection désactive la sortie en essai et que la température de l'EESS revienne à la température ambiante.

8.2.5.4 Essai de court-circuit

a) Objet:

L'EESS doit être équipé de protections contre les courts-circuits pour chaque borne de sortie lorsque l'appréciation du risque détermine que ces protections contre les courts-circuits sont nécessaires afin d'éviter une situation de court-circuit dangereuse.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne la protection contre les phénomènes dangereux de court-circuit.

Cet essai ne s'applique pas à l'EESS lorsque les protections contre les courts-circuits sont intégrées dans certains composants (par exemple, le PCS) et ont été vérifiées conformément aux normes pertinentes de composants, et la situation de court-circuit vérifiée dans les composants peut être représentative de la situation de court-circuit de l'EESS.

b) Exigence:

La protection contre les courts-circuits doit fonctionner de manière à éviter tout endommagement de l'EESS qui peut entraîner une situation dangereuse.

c) Méthode:

Pour chaque sortie en courant continu, la borne/le conducteur positifs et la borne/le conducteur négatifs de la sortie doivent être soumis à un court-circuit par une résistance maximale de 50 mΩ jusqu'à ce que la température de l'EESS devienne stable ou qu'un dispositif de protection désactive la sortie en essai et que la température de l'EESS revienne à la température ambiante;

Pour chaque sortie en courant alternatif, le conducteur sous tension et le conducteur de neutre de la sortie, ainsi que deux lignes de phase de la sortie le cas échéant, doivent être soumis l'un après l'autre à un court-circuit par une résistance maximale de 50 mΩ jusqu'à ce que la température de l'EESS devienne stable ou qu'un dispositif de protection désactive la sortie en essai et que la température de l'EESS revienne à la température ambiante.

8.2.6 Anti-passage en réseau séparé

a) Objet:

Les systèmes EESS qui ne sont pas destinés à fonctionner en mode réseau séparé doivent être conçus pour empêcher cette condition de fonctionnement conformément au 7.4.1.7.

Lorsque cet essai a été réalisé en tant qu'essai de type sur le système de conditionnement d'énergie (PCS), il n'est pas nécessaire de le répéter sur l'EESS.

b) Exigence:

L'EESS doit s'arrêter conformément aux exigences de la norme utilisée pour évaluer le système. Les règlements locaux concernant l'anti-passage en réseau séparé peuvent s'appliquer.

c) Méthode:

L'essai de passage en réseau séparé non intentionnel doit être réalisé selon l'Article 6 de l'IEC 62116:2014 ou selon 5.10 de l'IEEE Std 1547.1™-2020 ou toute autre méthode. Les règlements locaux concernant l'anti-passage en réseau séparé peuvent s'appliquer.

8.3 Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux mécaniques

8.3.1 Résistance au choc de l'enveloppe

a) Objet:

L'enveloppe d'un EESS qui est prévue pour empêcher l'accès aux parties dangereuses et protéger l'isolation interne doit avoir une résistance au choc suffisante lors de l'essai.

Cet essai s'applique à un EESS situé dans une zone d'accès non limité.

Les EESS électrochimiques (BESS) sont évalués conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'essai de choc.

b) Exigence:

Sous l'effet de la force de choc, aucun dommage ne doit se produire qui entraîne l'exposition des parties dangereuses, comme cela est déterminé par l'application de la sonde articulée conformément au 8.2.2, et il n'y a aucun signe de claquage diélectrique.

c) Méthode:

Les enveloppes des systèmes EES situés dans une zone d'accès non limité doivent être soumises à l'essai conformément au 5.2.2.4.3 de l'IEC 62477-1:2022. Après l'application de la force, l'enveloppe est examinée visuellement afin de détecter des signes de dommage susceptibles de permettre d'accéder à des parties dangereuses ou de desserrer des barrières de protection et de déterminer si des ouvertures sont créées, à l'aide de la méthode décrite au 8.2.2.

Pour déterminer les dommages occasionnés à l'isolation ou la réduction des lignes de fuite et des distances d'isolement, l'essai de tenue en tension diélectrique spécifié au 8.2.4.2 est réalisé.

8.3.2 Résistance de l'enveloppe à la force statique

a) Objet:

L'enveloppe d'un EESS qui est prévue pour empêcher l'accès aux parties dangereuses et protéger l'isolation interne doit avoir une résistance suffisante aux forces statiques lors de l'essai.

Cet essai s'applique à un EESS situé dans une zone d'accès non limité.

Exception: Cet essai peut être supprimé pour l'EESS dont l'enveloppe est suffisamment solide pour résister à la force statique sur la base de l'analyse du risque de sécurité.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne l'essai de force statique.

b) Exigence:

Sous l'effet de la force statique, un ou des dommages doivent se produire qui entraînent l'exposition des parties dangereuses, comme cela est déterminé par l'application de la sonde articulée conformément au 8.2.2, et il n'y a aucun signe de claquage diélectrique.

c) Méthode:

Les enveloppes des systèmes EES situés dans une zone d'accès non limité doivent être soumises à l'essai conformément au 5.2.2.4.2.3 de l'IEC 62477-1:2022. Après l'application de la force, l'enveloppe est examinée visuellement afin de détecter des signes de dommage susceptibles de permettre d'accéder à des parties dangereuses ou de desserrer des barrières de protection et de déterminer si des ouvertures sont créées, à l'aide de la méthode décrite au 8.2.2.

Pour déterminer les dommages occasionnés à l'isolation ou la réduction des lignes de fuite et des distances d'isolement, l'essai de tenue à la tension diélectrique spécifié au 8.2.4.2 est réalisé.

8.3.3 Confinement des parties mobiles dangereuses

Les EESS qui contiennent de l'énergie cinétique dangereuse, comme les systèmes de stockage de l'énergie par volant d'inertie, doivent être soumis à l'essai comme cela est indiqué à l'Annexe C.

8.3.4 Essai de robustesse des moyens de montage et des poignées

a) Objet:

Cet essai s'applique aux EESS qui comportent des poignées pour le transport ou des moyens de montage tels qu'un bâti qui doit supporter le poids des pièces soutenues pour éviter un phénomène dangereux comme cela est déterminé par l'analyse du risque.

Les EESS électrochimiques (BESS) sont soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2.

b) Exigence:

Sous l'effet de la force appliquée, l'appareil de montage ou la structure de support et les moyens de fixation ne doivent pas être endommagés lors des essais lorsqu'ils sont soumis à une force représentative du poids supporté avec un facteur de sécurité supplémentaire. Sous l'effet de la force appliquée, les poignées ou les moyens de montage ou fixation des poignées de l'équipement en essai (EUT - *equipment under test*) ne doivent pas être endommagés.

c) Méthode:

Pour les appareils fixés au mur ou les autres structures de support, une force égale à quatre fois le poids des parties de l'EES qui est prévu que la fixation supporte est appliquée au centre de la fixation ou de la structure de support vers le bas. La force doit être maintenue pendant 1 min.

Pour les parties de l'EES décrites en (a) équipées d'une ou de plusieurs poignées de transport, l'EUT doit être soutenu par les poignées de transport et une force égale à quatre fois le poids dudit EUT est appliquée vers le bas. Lorsque plus d'une poignée de transport est prévue, le poids supplémentaire doit être réparti entre les poignées.

8.3.5 Choc et vibrations pendant le transport et les événements sismiques

Le choc et les vibrations pendant le transport et les événements sismiques doivent être pris en compte dans la mesure où ils sont pertinents, en particulier lorsque l'EES peut être transporté. Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2 pour ces phénomènes dangereux.

8.4 Validation et essais de l'EES – Phénomènes dangereux liés à un ou plusieurs fluides (haute ou basse température, haute pression, fluides inflammables, corrosifs, caustiques ou toxiques)

8.4.1 Généralités

Ces essais sont applicables aux systèmes qui contiennent des fluides pour leur fonctionnement qui sont à des pressions de 103 kPa ou plus, avec des températures de fluides supérieures à 50 °C ou des températures de fluides inférieures ou égales à -10 °C pour les matériaux métalliques et à -25° pour les matériaux non métalliques, ainsi qu'aux systèmes qui contiennent des fluides inflammables, corrosifs, caustiques ($\text{pH} \leq 2$ ou $\text{pH} \geq 12,5$) ou toxiques.

Il n'est pas nécessaire de soumettre à cet essai les parties qui satisfont aux règlements locaux applicables (par exemple, les directives sur la pression).

8.4.2 Essai de résistance des parties contenant des fluides dangereux

a) Objet:

Les parties qui contiennent des fluides dangereux comme cela est décrit dans le Tableau 2 doivent avoir une résistance suffisante pour éviter les phénomènes dangereux. Ces paramètres peuvent varier selon des règlements applicables.

b) Exigence:

L'essai de résistance de l'enceinte de confinement ne doit pas entraîner de fracture, de déformation, de rupture ou d'autre dommage aux parties qui contiennent un ou plusieurs fluides.

c) Méthode:

Les parties de l'EES qui contiennent des fluides dangereux (gaz ou liquides) doivent être soumises à un essai de résistance hydrostatique à une pression égale à 1,5 fois la pression de calcul du système pendant 1 min après avoir atteint la pression maximale. La pression doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que la pression maximale soit atteinte en 1 min environ, à l'aide du liquide utilisé dans le système, ou en utilisant de l'eau. L'essai est réalisé à la température ambiante.

Une autre méthode consiste à soumettre les parties de l'EES qui contiennent des fluides dangereux à un essai de résistance pneumatique à une pression égale à 1,3 fois la pression de calcul du système pendant 1 min après avoir atteint la pression maximale. La pression doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que la pression maximale soit atteinte en 1 min environ, à l'aide de l'air ou d'un gaz inerte. L'essai est réalisé à la température ambiante.

Tableau 2 – Paramètres d'essai pour l'essai de résistance

Phénomène dangereux lié à un ou plusieurs fluides	Type d'essai	Paramètre d'essai ^a
Fluide(s) inflammable(s), corrosif(s)/caustique(s) ^e ou toxique(s)	Hydrostatique	1,5 fois la pression de calcul
	Pneumatique	1,3 fois la pression de calcul
Haute température ^b	Hydrostatique	1,5 fois la pression de calcul
	Pneumatique	1,3 fois la pression de calcul
Basse température ^c	Hydrostatique	1,5 fois la pression de calcul
	Pneumatique	1,3 fois la pression de calcul
Haute pression ^d	Hydrostatique	1,5 fois la pression de calcul
	Pneumatique	1,3 fois la pression de calcul

^a Le terme "pression de calcul" désigne la pression maximale que le système peut atteindre avec tous les paramètres de fonctionnement, comme cela est déterminé par la pression de service du limiteur de pression.

^b Température supérieure ou égale à 50 °C.

^c Température inférieure ou égale à –10 °C pour les matériaux métalliques et à –25 °C pour les matériaux non métalliques.

^d Pressions supérieures ou égales à 105 kPa.

^e La définition du terme "corrosif" désigne tout fluide dont le pH est inférieur ou égal à 2 ou supérieur ou égal à 12,5.

8.4.3 Essai de fuite des parties contenant des fluides dangereux

a) Objet:

Les parties qui contiennent des fluides dangereux comme cela est décrit dans le Tableau 3 doivent être conçues pour éviter les phénomènes dangereux de fuite. Ces paramètres peuvent varier selon des règlements applicables.

b) Exigence:

L'essai de fuite de l'enceinte de confinement ne doit pas entraîner de fracture, de déformation, de rupture ou d'autre dommage aux parties contenant des fluides. Par ailleurs, il ne doit y avoir aucune trace de fuite.

Pour le confinement des fluides inflammables, lorsque la prévention du maintien d'une concentration combustible inférieure ou égale à 25 % de la limite inférieure d'inflammabilité (LII) repose sur la ventilation mécanique, l'essai d'évaluation de la ventilation mécanique spécifié au 8.5.2 doit également être réalisé en cas de signes de fuite au cours de cet essai.

c) Méthode:

Les parties de l'EES qui contiennent des fluides dangereux (gaz ou liquides) doivent être soumises à un essai d'étanchéité hydrostatique à une pression égale à 1,5 fois la pression maximale de service du système pendant 1 min après avoir atteint la pression maximale. La pression doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que la pression maximale soit atteinte en 1 min environ, à l'aide du liquide utilisé dans le système, ou en utilisant de l'eau. L'essai est réalisé à la température ambiante.

La preuve de l'existence d'une fuite lors d'un essai d'étanchéité hydrostatique doit être déterminée par la présence de liquide au niveau des raccords de tuyauterie ou d'autres zones de fuite potentielle, ou par la preuve d'une baisse de pression pendant la période de maintien d'une minute.

Une autre méthode peut consister à soumettre les parties supérieures de l'EES à un essai d'étanchéité pneumatique à une pression égale à 1,3 fois la pression maximale de service du système pendant 1 min après avoir atteint la pression maximale. La pression doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que la pression maximale soit atteinte en 1 min environ, à l'aide de l'air ou d'un gaz inerte. L'essai est réalisé à la température ambiante.

La preuve de l'existence d'une fuite lors d'un essai d'étanchéité pneumatique doit être déterminée par l'utilisation de fluides de détection de fuite au niveau des raccords de tuyauterie et d'autres zones de fuite potentielle, ou par la preuve d'une baisse de pression pendant la période de maintien d'une minute.

Tableau 3 – Paramètres d'essai pour l'essai de fuite

Phénomène dangereux lié à un ou plusieurs fluides	Type d'essai	Paramètre d'essai ^a
Fluide(s) inflammable(s), corrosif(s) ^e ou toxique(s)	Hydrostatique	1,5 fois la pression maximale de service
	Pneumatique	1,3 fois la pression maximale de service
Haute température ^b	Hydrostatique	1,5 fois la pression maximale de service
	Pneumatique	1,3 fois la pression maximale de service
Basse température ^c	Hydrostatique	1,5 fois la pression maximale de service
	Pneumatique	1,3 fois la pression maximale de service
Haute pression ^d	Hydrostatique	1,5 fois la pression maximale de service
	Pneumatique	1,3 fois la pression maximale de service
^a Le terme "pression maximale de service" est la pression maximale que le système peut atteindre dans toutes les conditions de fonctionnement normal. ^b Température supérieure ou égale à 50 °C. ^c Température inférieure ou égale à –10 °C pour les matériaux métalliques et à –25 °C pour les matériaux non métalliques. ^d Pressions supérieures ou égales à 105 kPa. ^e La définition du terme "corrosif" désigne tout fluide dont le pH est inférieur ou égal à 2 ou supérieur ou égal à 12,5.		

8.4.4 Essai de pression de début de décharge

a) Objet:

Les limiteurs de pression doivent fonctionner aux pressions prévues pour éviter tout phénomène dangereux.

Cet essai ne s'applique pas aux limiteurs de pression qui ont déjà été évalués selon une norme régionale ou internationale appropriée.

NOTE Le code ASME Boiler and Pressure Vessel est un exemple de norme.

b) Exigence:

La pression de début de décharge mesurée doit se situer dans la plage comprise entre 90 % et 100 % de sa pression de début de décharge réglée assignée.

c) Méthode:

Pour une soupape de décharge réarmable, trois échantillons de soupape de décharge à pression réarmable doivent être soumis à l'essai. Chaque échantillon doit être soumis trois fois à une pression d'air qui augmente de manière progressive. La pression à laquelle le limiteur de pression commence à s'ouvrir doit être enregistrée à l'aide d'un manomètre étalonné dont la plage correspond à au moins 150 % de la pression maximale de service prévue du limiteur de pression. La pression de début de décharge de chaque échantillon est la valeur moyenne des trois essais. La valeur de début de décharge de la soupape de décharge réarmable est la valeur moyenne la plus élevée pour les trois échantillons soumis à l'essai.

Pour un limiteur de pression non réarmable, trois échantillons du limiteur de pression doivent être soumis à l'essai. Chaque échantillon doit être soumis à une pression d'air qui augmente de manière progressive. La pression à laquelle le limiteur de pression commence à s'ouvrir doit être enregistrée à l'aide d'un manomètre étalonné dont la plage correspond à au moins 150 % de la pression maximale de service prévue du limiteur de pression. La valeur de début de décharge du limiteur de pression non réarmable est la valeur la plus élevée pour les trois échantillons soumis à l'essai.

8.5 Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux d'explosion et de concentrations combustibles

8.5.1 Détection de gaz et détection d'effluents gazeux

Si l'analyse du risque effectuée selon les résultats du 6.3 indique que des gaz inflammables peuvent être émis par l'EESS, ce dernier doit être soumis à l'essai à l'aide d'une méthode d'essai appropriée afin de vérifier l'efficacité du système de détection des gaz.

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2 pour la détection de gaz et la détection d'effluents gazeux.

8.5.2 Évaluation de la ventilation mécanique

a) Objet:

Un EESS qui fait appel à la ventilation mécanique pour éviter les concentrations combustibles doit être évalué pour vérifier que la ventilation est suffisante pour éviter une concentration combustible (c'est-à-dire $\leq 25\%$ LII).

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne la ventilation.

b) Exigence:

Pendant la période de dégagement, la concentration d'un gaz d'essai à proximité d'un équipement potentiellement inflammable situé en dehors de la zone de dilution ne doit pas dépasser le double de la valeur spécifiée à l'Article A.2 de l'IEC 60079-2:2014 et doit être ramenée au-dessous de la valeur spécifiée dans un délai de 30 min.

c) Méthode:

Un essai de dilution conformément au 16.5.4.2 de l'IEC 60079-2:2014 doit être réalisé afin d'évaluer l'efficacité de la ventilation mécanique.

8.6 Validation et essais de l'EESS – Phénomènes dangereux provenant des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques

Les EESS électrochimiques (BESS) doivent être soumis à l'essai conformément à l'IEC 62933-5-2 en ce qui concerne les phénomènes dangereux provenant des champs électriques magnétiques et électromagnétiques.

a) Objet:

L'EESS doit avoir une immunité suffisante contre les perturbations électriques, magnétiques et électromagnétiques pour prévenir les phénomènes dangereux. Les fonctions relatives à la sécurité de l'EESS doivent être évaluées pour leur fiabilité et sécurité lorsqu'il est exposé aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.

b) Exigence:

L'EESS et ses fonctions relatives à la sécurité doivent fonctionner conformément à l'analyse du risque après évaluation de l'exposition EM.

Les émissions EM de l'EESS ne doivent pas provoquer de perturbations au milieu environnant. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.

c) Méthode:

L'EESS doit être intégré à des équipements conformes à l'IEC 61000-6-1, à l'IEC 61000-6-2, à l'IEC 61000-6-3, à l'IEC 61000-6-4 et à l'IEC 61000-6-5 pour l'exposition EM et l'émission EM, le cas échéant. D'autres normes IEC ou CISPR peuvent être utilisées selon le site d'installation. Les règlements locaux peuvent s'appliquer.