IEC 62933-5-1

Edition 1.0 2024-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

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

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*

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'EESS 101
6.1 Structure de l'EESS 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'EESS dans les deux configurations EESS principales 125
Figure B.1 – Passage en réseau séparé de l'EESS 157

Tableau 1 – Prise en considération des caractéristiques de l'EESS 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'EESS 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 EESS de stockage thermique 155
Tableau D.1 – Exemples de normes de sécurité des composants pour utilisation dans les EESS 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 des 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'EESS gravitationnel et thermique;

h) ajout de l'Annexe B et de l'Annexe C pour des considérations de sécurité pour les EESS et la méthode d'essai pour les EESS 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.*