

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Rolling stock – Onboard lithium-ion traction batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries d'accumulateurs de traction embarquées au lithium-ion

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Rolling stock – Onboard lithium-ion traction batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries d'accumulateurs de traction embarquées au lithium-ion

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-5019-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and abbreviated terms	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Abbreviated terms.....	17
4 Configuration of battery system	17
4.1 Battery system.....	17
4.2 Battery pack/module	18
4.3 Battery management system (BMS)	19
4.4 Battery thermal management system (BTMS)	20
5 Parameter measurement tolerances	20
6 Operational conditions.....	20
6.1 General.....	20
6.2 Mechanical conditions.....	21
6.3 Environmental conditions	21
6.3.1 General	21
6.3.2 Ambient temperature	21
6.3.3 Temperature in battery enclosure	21
6.3.4 Temperature for life time calculation	21
6.4 Electrical conditions.....	21
6.4.1 Traction circuits	21
6.4.2 Control circuits	21
6.4.3 Insulation coordination.....	22
6.5 Electromagnetic compatibility (EMC).....	22
6.6 Software	22
7 Designation and marking	22
7.1 Nameplate.....	22
7.2 Designations for cells and battery system	22
7.3 Marking.....	23
7.3.1 General	23
7.3.2 Battery pack/module and cells	23
7.3.3 Other components	23
7.3.4 Additional information	23
8 Safety requirements	23
8.1 General safety consideration	23
8.2 Safety signs.....	24
8.2.1 Outside the battery box.....	24
8.2.2 Inside the battery box	24
8.3 Isolation for maintenance or service.....	24
8.4 Fire protection	25
9 Dimensions	25
10 Electrical requirements	25
10.1 Operating voltage range of the battery system	25

10.2	Ripple current	25
10.3	Charge and discharge control of the battery system	25
10.4	Communication	25
10.5	Starting of disabled battery system	26
10.6	Insulation status.....	26
10.7	Battery management system (BMS)	26
11	Mechanical requirement	26
11.1	Mechanical integration	26
11.2	Shock and vibration	26
11.3	Degree of protection	27
12	Performance requirement	27
12.1	Design energy and power calculation methodology	27
12.1.1	General	27
12.1.2	Sizing	27
12.1.3	Documentation	28
12.2	Cooling / heating requirement	28
12.3	End of life performance	28
13	Storage and transportation conditions.....	29
13.1	Transportation	29
13.2	Storage of battery systems	29
13.3	Self-discharge.....	29
14	Tests	29
14.1	Kind of tests.....	29
14.1.1	General	29
14.1.2	Test categories.....	30
14.2	Electrical tests	31
14.2.1	Electrical characteristics tests	31
14.2.2	Battery management system (BMS) tests	32
14.2.3	Performance test	33
14.2.4	Endurance in cycles	34
14.2.5	Dielectric test	37
14.2.6	Self-discharge test.....	37
14.2.7	Operational balancing test	39
14.3	Mechanical tests	40
14.3.1	Physical appearance	40
14.3.2	Mass measurement	40
14.3.3	Shock and vibration test	40
14.3.4	Test of the degree of protection	40
14.4	Safety tests.....	40
14.4.1	Safety test according to IEC 62619:2017	40
14.4.2	Special tests for rolling stock	41
Annex A (informative)	Examples of battery system configuration	45
Annex B (informative)	Examples of parameter ranges for additional high power cycling tests	49
Bibliography.....		50

Figure 1 – Hierarchy of standards related to IEC 62928 8

Figure 2 – Functional block of battery system 18

Figure 3 – Illustration of definitions for cell, cell block and battery pack/module	19
Figure 4 – Illustration of self-discharge test	38
Figure A.1 – Example of configuration for contactor inside of the battery box.....	45
Figure A.2 – Examples of battery box configurations with the contactor outside battery box..	47
Figure A.3 – Example of configuration of a BTMS outside of battery box.....	48
Figure A.4 – Example of configuration of a BMS and a BTMS included in another system outside of battery box	48
Table 1 – List of tests	30
Table B.1 – Examples of parameter ranges for additional high power cycling tests	49

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –
ONBOARD LITHIUM-ION TRACTION BATTERIES**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62928 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

FDIS	Report on voting
9/2317/FDIS	9/2329/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

INTRODUCTION

In the 90s the market started developing mainly portable lithium technology batteries. Existing standards for lithium-ion batteries currently focus on small portable batteries:

- IEC 61960-3:2017, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications – Part 3: Prismatic and cylindrical lithium secondary cells and batteries made from them
- IEC 62133 (all parts): Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications.

These above mentioned documents do not cover large cells and batteries for industrial and railway applications, which are non-portable and weigh hundreds of kilograms.

TC 21 and SC 21A decided to start work on large capacity lithium cells and batteries:

- IEC 62619:2017, 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 62620:2014, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications.

The documents are often generic and mention railway applications only as an example.

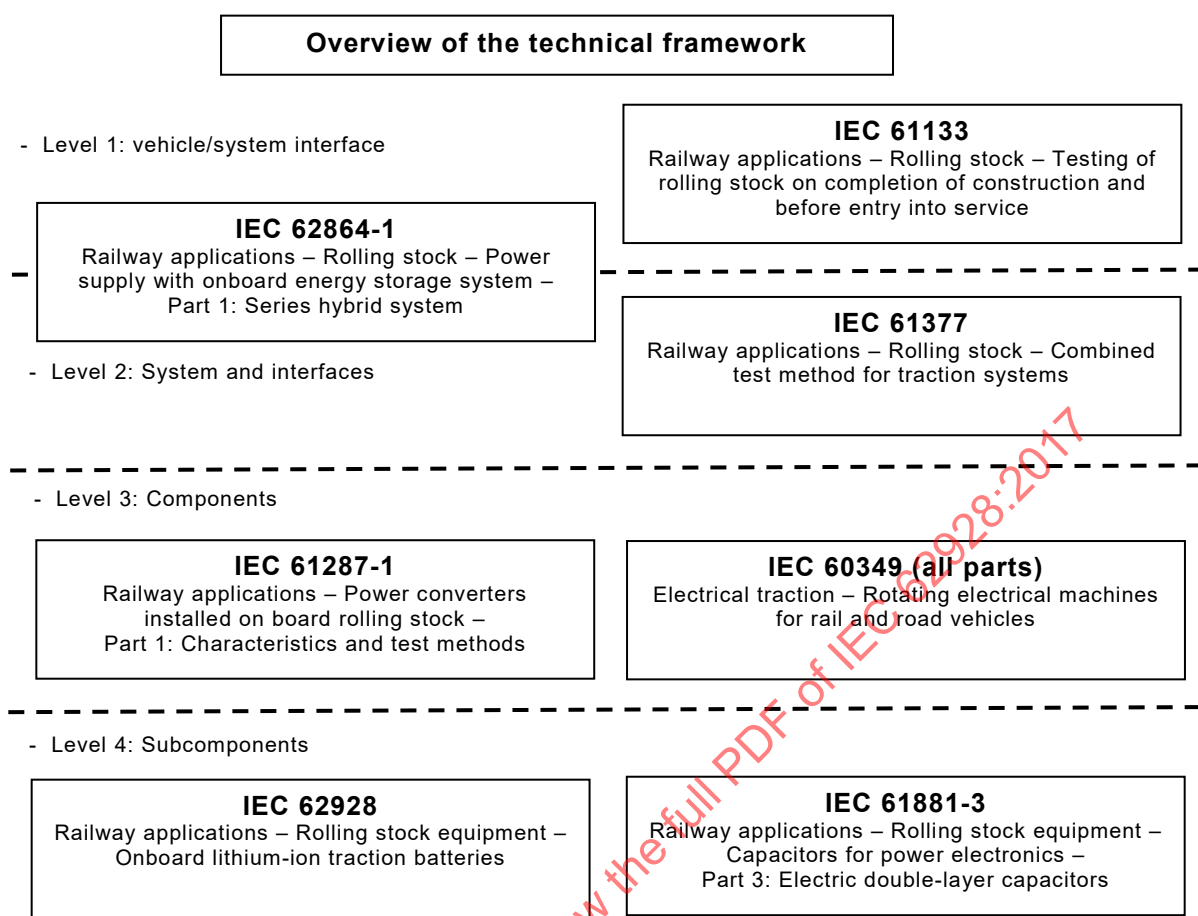
Therefore, this document is developed for specifying the requirements for railway traction applications.

In addition, TC 9 has developed the following document:

- IEC 62864-1:2016, Railway applications – Rolling stock – Power supply with onboard energy storage system – Part 1: Series hybrid system

IEC 62864-1:2016 specifies the general requirements for the onboard energy storage system as a system level. The hierarchy of standards is shown in Figure 1 of IEC 62864-1:2016.

It is part of a series of standards, referring to each other. The hierarchy of the standards used in the railway specific area related to IEC 62928 is as follows:



IEC

Figure 1 – Hierarchy of standards related to IEC 62928

The standards listed in Figure 1 are not exhaustive.

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – ONBOARD LITHIUM-ION TRACTION BATTERIES

1 Scope

This document applies to onboard lithium-ion traction batteries for railway applications.

This document specifies the design, operation parameters, safety recommendations, data exchange, routine and type tests, as well as marking and designation.

Battery systems described in this document are used for the energy storage system (ESS) for the traction power of railway vehicles such as hybrid vehicles as defined in IEC 62864-1:2016. Auxiliary batteries to supply power only to the auxiliary equipment are excluded.

Subcomponents within the battery systems, e.g. battery management system (BMS) and battery thermal management system (BTMS), are also covered in this document.

Power conversion equipment (e.g. chopper, converter, etc.), inductors, capacitors and switchgear are excluded from the scope of this document.

General requirements for onboard ESS are described in IEC 62864-1:2016.

This document specifies the lithium-ion battery technology but does not prevent the use of battery technologies other than lithium-ion technology for application as traction batteries.

A hybrid energy storage system, which uses two or more energy storage technologies combined, e.g. a traction battery and double layer capacitors, is not covered in this document. However, if different technologies of energy storage systems are used on the same railway vehicle and managed independently, each independent energy storage system is covered by its own document.

2 Normative references

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

IEC 60050-482:2004, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries*

IEC 60050-811:2017, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60077-1, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60077-5, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 5: Electrotechnical components – Rules for HV fuses*

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

IEC 60571, *Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61991, *Railway applications – Rolling stock – Protective provisions against electrical hazards*

IEC 62236-3-2, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

IEC 62278:2002, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

IEC 62279, *Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems*

IEC 62497-1, *Railway application – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-1:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62619:2017, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications*

IEC 62620:2014, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications*

IEC 62864-1:2016, *Railway applications – Rolling stock – Power supply with onboard energy storage system – Part 1: Series hybrid system*

ISO/IEC Guide 51: 2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

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

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-482, IEC 60050-811 and ISO/IEC Guide 51, as well as 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>

3.1.1**charge retention**

capacity retention

ability of battery system to retain capacity on open circuit under specified conditions

Note 1 to entry: See also self-discharge.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-35, modified – “a cell or battery” has been changed to “battery system”]

3.1.2**self-discharge**

phenomenon by which a cell or battery system loses energy in other ways than by discharge into an external circuit

Note 1 to entry: See also charge retention.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-27, modified – “battery” has been changed to “battery system”.]

3.1.3**final voltage**

end-of-discharge voltage

specified closed circuit voltage at which a discharge of a cell or battery system is terminated

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.3 modified – “battery” has been changed to “battery system”.]

3.1.4**nominal voltage**

suitable approximate value of voltage used to designate or identify the voltage of a cell or battery system

Note 1 to entry: The cell and/ or battery system manufacturer may provide the nominal voltage.

Note 2 to entry: The nominal voltage of a battery system of n series connected cells is equal to n times the nominal voltage of a single cell.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.4, modified – “identify a cell” has been changed to “identify the voltage of a cell” and “battery” is changed to “battery system”.]

3.1.5**rated capacity**

capacity value of a cell or battery system determined under specified conditions and declared by the manufacturer

Note 1 to entry: The rated capacity is the quantity of electricity C_n Ah (ampere-hours) declared by the manufacturer which a single cell or battery can deliver during a n h period when charging, storing and discharging under the conditions specified in 6.3.1 of IEC 62620:2014. n is 5 for an E, M and H discharge rate type cell or battery.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modified – “battery” has been changed to “battery system” and Note 1 to entry has been added.]

3.1.6**state of charge****SOC**

remaining capacity to be discharged, normally expressed as a percentage of full capacity by selected expression as defined in Annex A of IEC 62864-1:2016

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.13, modified – “as expressed in relevant standards” has been changed to “by selected expression as defined in Annex A of IEC 62864-1:2016” and Note 1 to entry has been deleted.]

3.1.7

cell

secondary lithium cell

secondary cell where electrical energy is derived from the insertion/extraction reactions of lithium-ions or oxidation/reduction reaction of lithium between the negative electrode and the positive electrode

Note 1 to entry: The cell typically has an electrolyte that consists of a lithium salt and organic solvent compound in liquid, gel or solid form and has a metal or a laminate film casing. It is not ready for use in an application because it is not yet fitted with its final housing, terminal arrangement and electronic control device.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.6]

3.1.8

cell block

group of cells connected together in parallel configuration with or without protective devices (e.g. fuse or PTC) and monitoring circuitry

Note 1 to entry: It is not ready for use in an application because it is not yet fitted with its final housing, terminal arrangement and electronic control device.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.7]

3.1.9

battery pack/module

energy storage device, which is comprised of one or more cells electrically connected

Note 1 to entry: In this document a module is same as a battery pack.

Note 2 to entry: It incorporates a protective housing and be provided with terminals or other interconnection arrangement.

Note 3 to entry: It includes at least monitoring circuitry, which provides information (e.g. cell voltage, temperature) to a battery system.

Note 4 to entry: It may include a protective device and control circuitry.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.9, modified – “/module” has been added in the term and “or module” has been deleted in the definition. Note 1 to entry has been divided into Note 2 to entry to Note 4 to entry and Note 1 to entry has been added.]

3.1.10

battery branch

group of battery packs/modules connected together either in a series and/or parallel configuration, which has the voltage equal to that of the battery system and is the smallest electrically isolatable subsystem

Note 1 to entry: Electrical isolation is done by means of disconnecting devices, e.g. contactors, switchgears, circuit breakers, etc.

Note 2 to entry: A battery branch may be contained in a single enclosure or multiple enclosures.

3.1.11

battery system

system which incorporates one or more cells, modules or battery packs including battery management system and thermal management system as well as disconnecting and/ or isolating devices, e.g. contactors, disconnectors, fuses, etc.

Note 1 to entry: Refer to Figure 2, Figure 3 and Figure A.1 to Figure A.4.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.10, modified – Definition after “battery packs” has been changed. Note 1 to entry has been replaced.]

3.1.12

hybrid vehicle

vehicle that can store energy in an onboard ESS and is driven by using the stored energy as well as electric power from a generator or overhead lines

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.14]

3.1.13

safety

freedom from risk which is not tolerable

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014, 3.14]

3.1.14

hazard

potential source of harm

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-02, modified – Note 1 to entry, Note 2 to entry and Note 3 to entry have been deleted.]

3.1.15

intended use

use in accordance with information provided with a product or system, or, in the absence of such information, by generally understood patterns of usage

Note 1 to entry: Intended use can include load profile agreed between the integrator and the battery system manufacturer.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:2014, 3.6, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.16

leakage

visible escape of liquid electrolyte

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.13]

3.1.17

venting

release of excessive internal pressure from a cell, module, battery pack, or battery system in a manner intended by design to preclude rupture or explosion

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.14]

3.1.18

rupture

mechanical failure of a cell container or battery case induced by an internal or external cause, resulting in exposure or spillage but not ejection of materials

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.15]

3.1.19

explosion

failure that occurs when a cell container or battery case opens violently and solid components are forcibly expelled

Note 1 to entry: Releasing liquid, gas, and/ or smoke is not explosion.

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.16, modified – Note 1 to entry has been modified.]

3.1.20

fire

emission of flames from a cell, battery pack/module or battery system

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.17, modified – “module, battery pack,” has been changed to “battery pack/module”.]

3.1.21

upper limit charging voltage of cell

highest charging voltage in the cell operating region from a safety stand point specified by the cell manufacturer

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.19, modified – “from a safety stand point” has been added before “by the cell”.]

3.1.22

maximum voltage of the battery system

highest voltage of the battery system in which the maximum voltage of any individual cell is below the upper limit charging voltage of cell as defined in 3.1.21 and any components operate in its specified/ permissible operating range under all operating conditions

3.1.23

lower limit discharging voltage of cell

lowest discharging voltage in the cell operating region from a safety stand point specified by the cell manufacturer

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.22, modified – “in the cell ... stand point” has been added.]

3.1.24

minimum voltage of battery system

lowest voltage of the battery system in which the minimum voltage of any individual cell is above the lower limit discharging voltage of cell as defined in 3.1.23 and any components operate in its specified/ permissible operating range under all operating conditions

3.1.25

maximum charging current

highest current for charging in the cell operating region from a safety stand point specified by the cell manufacturer

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.20, modified – “maximum” has been replaced with “highest”, “which is” has been changed to “from a safety stand point”.]

3.1.26

maximum discharging current

highest current for discharging in the cell operating region from a safety stand point specified by the cell manufacturer

3.1.27**energy storage system****ESS**

physical system which consists of one or more ESUs and the other equipment required to connect to the DC link such as converters, control and monitoring systems, inductors, protection devices, cooling systems, etc.

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.22]

3.1.28**energy storage unit****ESU**

physical equipment which is comprised of an energy storage technology, especially lithium-ion traction battery system in the context of this document

Note 1 to entry: Balancing the traction power among ESUs is a function of the upper system level.

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.20, modified – “technology” is specified to “lithium-ion traction battery system”, “standard” has been replaced with “document” and Note 1 to entry has been changed.]

3.1.29**battery management system****BMS**

system associated with a battery pack which monitors and/or manages its state, disconnects or isolates the battery pack, calculates secondary data, communicates data outside of the battery system and/or controls its environment to influence the battery's safety, performance and/or service life

Note 1 to entry: The function of the BMS can be assigned to the battery pack or to equipment that uses the battery pack.

Note 2 to entry: Its functions include thermal control.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.11, modified – “electronic” has been deleted, “disconnect or isolate the battery pack,” has been added, “reports that data” has been replaced with “communicates data outside of the battery system” and “and has the functions to cut ...” has been deleted. Note 2 to entry has been replaced.]

3.1.30**battery thermal management system****BTMS**

system associated with a battery pack which monitors and/or manages its thermal behaviour in order to maintain the temperature of the battery pack in the intended range for load profile agreed between the integrator and the battery system manufacturers

3.1.31**user**

organization which operates the traction system including ESS

Note 1 to entry: The user is normally an organization which operates the vehicle equipped with the traction system, unless the responsibility is delegated to a main contractor or consultant.

[SOURCE: IEC 61377:2016, 3.4, modified – “(see Figure 3)” has been deleted and “including ESS” has been added.]

3.1.32**integrator**

organization which has the technical responsibility of the complete traction system including ESS

Note 1 to entry: The integrator can be the user or the train builder or the manufacturer of a traction system, or none of them.

3.1.33

manufacturer

organization which has the technical responsibility for its scope of supply

Note 1 to entry: The manufacturer can be the train builder or the system integrator of a traction system, a cell manufacturer, etc. If necessary to explicitly distinguish, "traction system manufacturer", "battery system manufacturer" or "cell manufacturer" is expressed.

3.1.34

operational pattern

definition by the user and/or the manufacturers in order to fulfil the needs of operations including auxiliaries, e.g. duty cycle, auxiliary loads, safety margin of energy content, degraded mode, etc.

Note 1 to entry: For the purposes of this document, operational pattern is considered at the vehicle level.

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.19 modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.35

load profile

electric power against time of occurrence to illustrate the variance in a load during a given time interval

Note 1 to entry: For the purposes of this document, the load profile is defined at the terminals of the battery system.

[SOURCE: IEC 60050-617:2009, 617-04-05 modified – "curve representing supplied" has been deleted. Note 1 to entry has been added.]

3.1.36

end of life

EOL

point at which the battery system cannot fulfil the required functionality or operational pattern as initially agreed among the user/ the integrator and the manufacturers

Note 1 to entry: The internal resistance or capacity may be used as a parameter of the end of life.

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.15, modified – "the user" has been replaced with "the user/ the integrator". Note 1 to entry has been added.]

3.1.37

beginning of life

BOL

point at which the battery system has the rated capacity or energy fully available as minimum performance at manufacturer's delivery

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.16, modified – "the ESU" has been replaced with "the battery system".]

3.1.38

down time of battery system

time interval for which the battery system is not in traction operation

Note 1 to entry: Down time includes times for standstill, maintenance, storage in depot, transport, etc., under switched off or switched on condition.

3.2 Abbreviated terms

AC	Alternating current
BMS	Battery management system
BOL	Beginning of life
BTMS	Battery thermal management system
DC	Direct current
EOL	End of life
ESS	Energy storage system
ESU	Energy storage unit
IP	International protection
PPS	Primary power source
PTC	Positive temperature coefficient
SOC	State of charge
SOE	State of energy
SOH	State of health

4 Configuration of battery system

4.1 Battery system

The battery system is composed of battery cells, cell blocks, battery packs and subsystems, e.g. BMS, BTMS, etc. There are many possibilities for the configuration of a battery system. Such subsystems can be located outside the battery box, e.g. in a traction converter.

The battery box is the unit in the battery system directly accessible by the user. The battery system can be separated in several battery boxes (several mechanical enclosures).

In some battery boxes cells need not to be included (e.g., separated BMS).

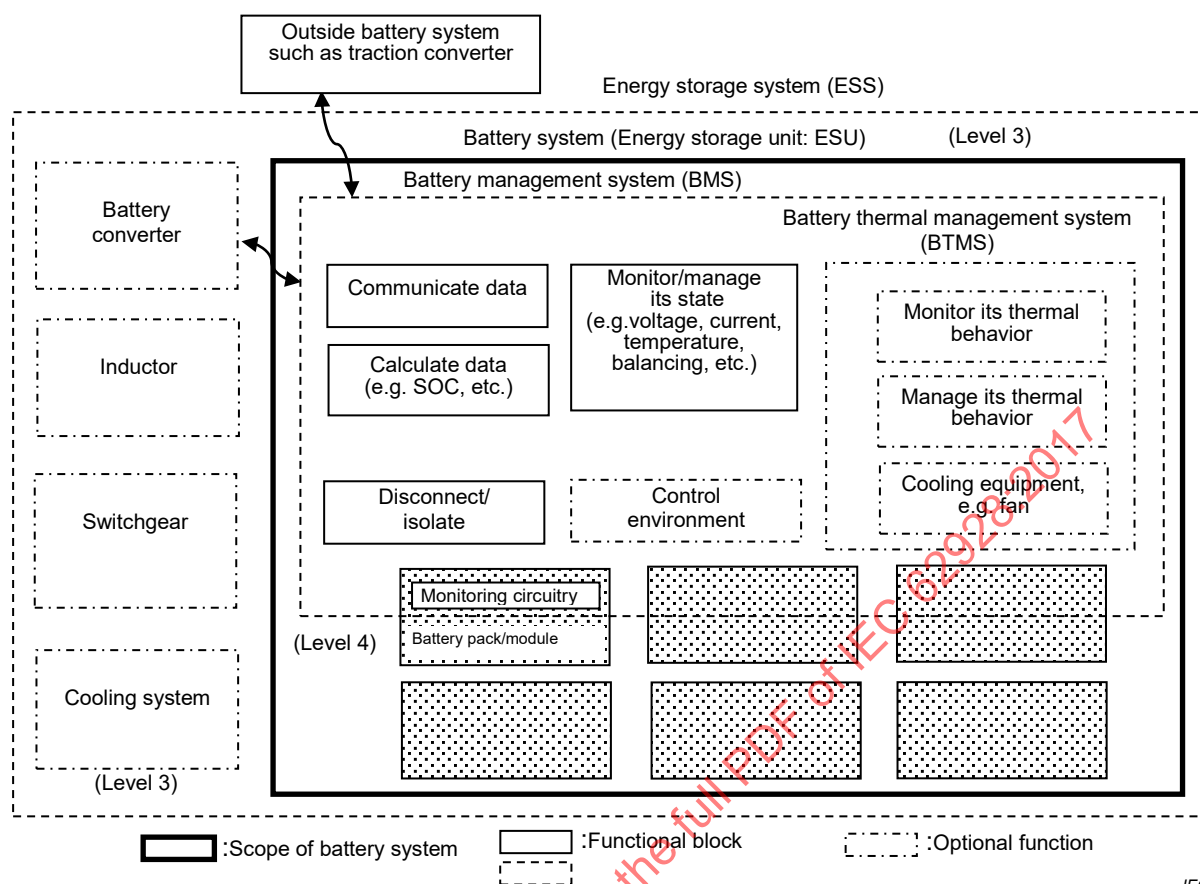
Refer to Figure 4 of IEC 62864-1:2016 as an example for ESU as a constituent of an ESS within a series hybrid system on rolling stock.

Functional configuration of the battery system is shown in Figure 2.

Applying a battery management system (BMS) is mandatory. Whereas, the application of a battery thermal management system (BTMS) is optional.

The level is defined according to IEC 62864-1:2016.

- a) level 1: vehicle/system interface;
- b) level 2: systems and interfaces;
- c) level 3: components; and
- d) level 4: subcomponents.



IEC

Figure 2 – Functional block of battery system

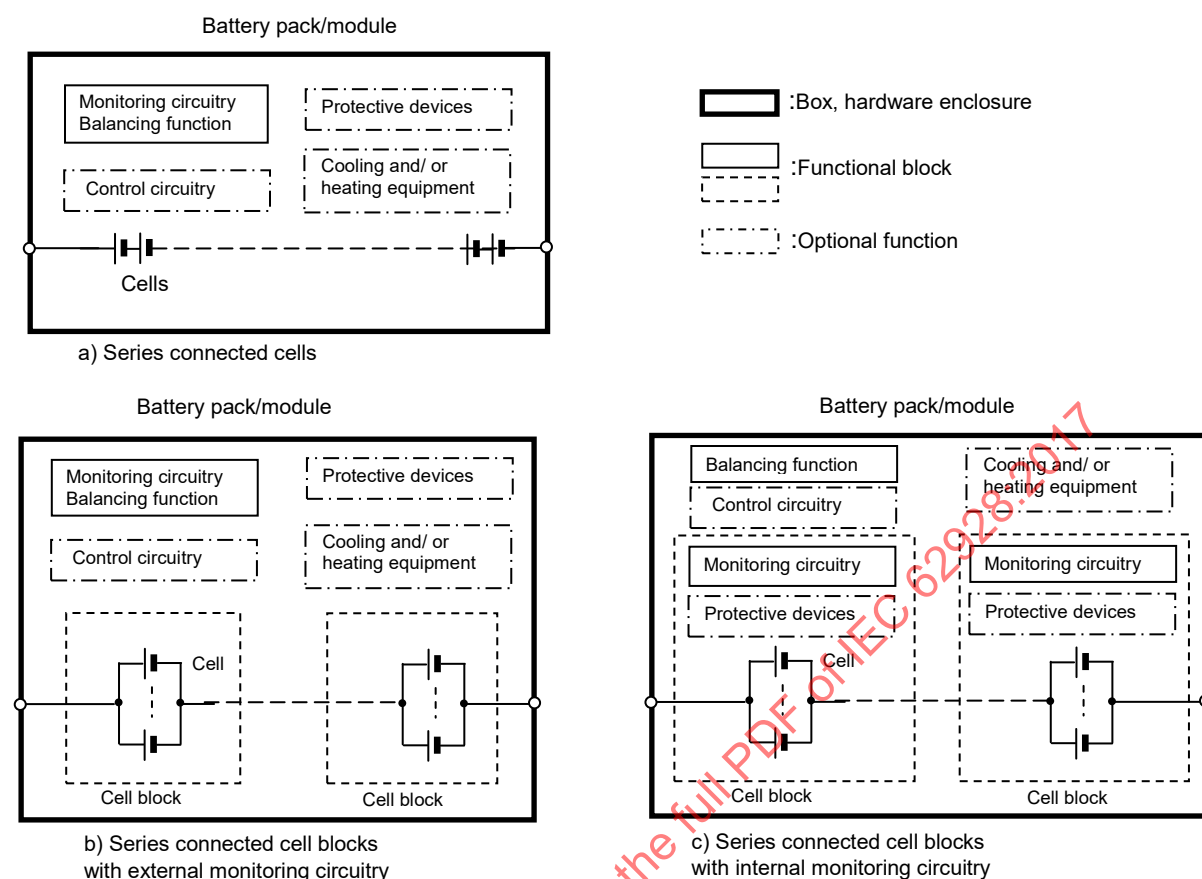
The examples of the battery system configuration are described in Annex A.

4.2 Battery pack/module

Functional configuration of the cell, cell block and battery pack/module is shown in Figure 3. Some functions incorporate cells.

The monitoring circuit, which monitors the state of cells such as voltage, current, temperature, etc., and provides the information to BMS, is mandatory for battery pack.

The control circuitry and protective devices may be included as optional functions.



IEC

Figure 3 – Illustration of definitions for cell, cell block and battery pack/module

4.3 Battery management system (BMS)

The battery management system (BMS) is a subsystem to provide safe operation and optimized performance of the battery system.

The BMS has several functions:

- to monitor voltage of every cell or every cell block;
- to monitor current of every cell block or every battery branch;
- to monitor temperature of representative cells;
- to disconnect or isolate battery packs, battery branches if abnormal operating parameters are detected;
- to calculate state of charge (SOC), etc., from the data obtained by the monitoring function;
- to communicate the data obtained to the outside of the battery system;

NOTE 1 In case of systems with some autonomous safety functions, a short temporary loss of communication for the intended intervals is accepted, as agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturer, and documented,

- to manage the cells or battery packs/ modules in order to establish the balance of voltage or SOC;

NOTE 2 Balancing the traction power among ESUs is a function of the upper system level.

- optionally to control ambient conditions inside the battery system, e.g. air conditioning (temperature, humidity) etc., which may include BTMS.

In some cases, parts of BMS functions can be integrated in other systems such as a traction converter, vehicle control unit, passive balancing battery module, etc.

4.4 Battery thermal management system (BTMS)

The battery thermal management system (BTMS) is an optional subsystem to maintain the temperature of battery pack/module in order to achieve the defined performance and life time according to the specified operational pattern.

If required, the temperature range may be agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturer.

The BTMS may include the following functions:

- to monitor temperature of cells, cooling medium, ambient, etc.;
- to control cooling fans and/ or heaters;
- to communicate BTMS data to outside.

Cooling equipment such as cooling fans, etc., may be installed inside the battery box or outside the battery box or as part of the traction cooling system, etc.

5 Parameter measurement tolerances

The overall accuracy of specific measuring instrument for the tests for the battery system in this document, relative to the specified or actual values, shall be within these tolerances as specified in IEC 62620:2014, Clause 4:

- a) $\pm 0,5 \%$ for voltage;
- b) $\pm 1 \%$ for current;
- c) $\pm 2 \text{ K}$ for temperature;
- d) $\pm 0,1 \%$ for time;
- e) $\pm 1 \%$ for dimensions.

These tolerances comprise the combined overall accuracy of the measuring instruments, the measurement techniques used, and all other sources of error in the test procedure.

For assistance in selecting instrumentation see IEC 60051 for analogue instruments. The details of the instrumentation used shall be provided in any report of results.

Unless other levels of overall accuracies are defined in the subclauses of the individual test items in this document, above accuracies shall apply.

6 Operational conditions

6.1 General

Service conditions for the electrical equipment on rolling stock are defined in IEC 60077-1. Special conditions, which are different from those conditions in IEC 60077-1, are defined in the relevant product standards.

The major conditions extracted from IEC 60077-1 and the specific conditions for the battery system are described in 6.2 to 6.6.

Other standards relevant to rolling stock are listed in the bibliography.

6.2 Mechanical conditions

The battery system shall withstand vibration and shock as stated in IEC 61373.

NOTE Welding conditions and strength are well performed according to the relevant standards.

6.3 Environmental conditions

6.3.1 General

Environmental conditions are given in IEC 62864-1:2016, IEC 60077-1 and IEC 62498-1:2010, unless otherwise specified.

6.3.2 Ambient temperature

T1: from – 25 °C to + 40 °C in IEC 62498-1:2010 shall apply unless otherwise specified.

Ambient temperature is the air temperature outside rolling stock.

Higher and lower operational temperature outside the above range, if any, shall be specified by the user/the integrator.

6.3.3 Temperature in battery enclosure

Components inside the battery enclosure shall be designed to operate within inside temperature ranges according to column (2) or column (3) of Table 2 in IEC 62498-1:2010, unless otherwise specified.

6.3.4 Temperature for life time calculation

TR1 in IEC 62498-1:2010, Table 3 shall apply for life time calculation, unless otherwise specified. The temperature is an open air temperature. For the battery system installed in the enclosure, the temperature rise of the air inside the enclosure shall be considered taking into consideration the cooling conditions (BTMS in operation, etc.).

An ambient temperature histogram provided by the user or the integrator shall be used, if available. This temperature histogram may be discussed and agreed between the user/the integrator and the battery system manufacturer.

6.4 Electrical conditions

6.4.1 Traction circuits

The voltage ranges of the battery system connected to traction circuits, directly or indirectly shall be in accordance with IEC 60850. Other voltages than those listed in IEC 60850 may be used by agreement between the user/the integrator and the battery system manufacturer.

The voltages of the traction circuits connected to the onboard PPS shall be based on specifications of PPS.

6.4.2 Control circuits

The control voltage shall be in accordance with IEC 60077-1 in case the power for the control circuits of the battery system is supplied from the outside of the battery system.

In case electronic circuits are used in the battery system for BMS the requirements specified in IEC 60571 shall apply.

6.4.3 Insulation coordination

Clearances, creepage distances and dielectric test voltages are given in IEC 62497-1. Dielectric test for equipment is given in IEC 60077-1.

6.5 Electromagnetic compatibility (EMC)

The common EMC standard for rolling stock apparatus: IEC 62236-3-2 shall apply to the battery system.

6.6 Software

BMS software architecture and validation shall fulfil the common railway standards: IEC 62279 and IEC 62278:2002.

7 Designation and marking

7.1 Nameplate

Nameplates of the battery system or each separable battery box shall be placed on the surface, where easily visible and accessible. Nameplate shall not be easily detached nor disappear.

NOTE As for a battery box see 4.1.

Mandatory information for the nameplates is as follows:

- lithium-ion or li-ion (considered part, if applicable);
- name or identification of the manufacturer;
- month and year of manufacturing (date may be indicated if possible);
- unique serial number for a complete battery system (separable boxes shall have individual unique serial numbers);
- designations (see 7.2);
- nominal voltage (considered part, if applicable);
- rated capacity or calculated rated capacity (see the last paragraph) (considered part, if applicable);
- weight;
- type of cooling;
- revision level (if applicable);
- part number for a complete battery system or any separable parts.

If evaluated by testing the split unit of a battery system, it shall be indicated as the rated capacity and shall be the amount calculated by a reasonable method.

7.2 Designations for cells and battery system

The cells shall be designated with the following form:

A1A2A3/N2/N3/N4/ A4/TLTH/ NC

Refer to IEC 62620:2014, 5.2.

The battery pack/module and the battery system shall be designated with the following form:

A1A2A3/N2/N3/N4/[S1]A4/TLTH/Nc

Refer to IEC 62620:2014, 5.3.

7.3 Marking

7.3.1 General

Durable markings shall be carried on a visible and non removable surface (considering railways harsh environment) of the relevant products.

7.3.2 Battery pack/module and cells

Information for the battery pack/module and cells shall meet the requirement specified in IEC 62620:2014, 5.1.

7.3.3 Other components

Nameplates or markings of other components, e.g. BMS, contactor, cooling fan, etc., shall meet the relevant product standards.

7.3.4 Additional information

The following information should be indicated, if applicable:

- polarity (terminal) (may be omitted if alternative arrangement is provided to ensure correct connection.);
- wiring number, etc.

The following information shall be included in the manual or instruction documents, if not marked on the battery system or battery boxes:

- method for calculating the rated capacity;
- appropriate caution statement (including disposal instructions);
- recommended charging instructions.

For safety markings, see 8.2.

8 Safety requirements

8.1 General safety consideration

The battery system manufacturer shall provide recommendations for the safe handling of the battery pack/module as high voltages always remain at the terminals of batteries.

Safety requirements for the cell, battery pack/module and battery system are given in IEC 62619:2017.

The specification and verification of the safety requirements shall be in accordance with IEC 62278.

Protection for electrical shock shall comply with IEC 61991.

At least the following potential hazards should be considered:

- a) fire;
- b) burst/ explosion;
- c) leakage of cell electrolyte;
- d) continuous venting of flammable and/or toxic gases;
- e) rupture of the battery case with exposure of internal components.

8.2 Safety signs

8.2.1 Outside the battery box

As a minimum the following safety signs according to ISO 7010 should be placed on the outside of the battery box. Details are subject to agreement between the user/the integrator and the battery system manufacturer:

Warning signs:

- W012 – Warning; electricity
- W026 – Warning; battery charging

Prohibition sign:

- P003 – No open flame; fire, open ignition source and smoking prohibited.

Additional signs should be agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturer. E.g. “No step”, if the battery system is installed on the roof.

8.2.2 Inside the battery box

Following safety signs according to ISO 7010 should be considered to be placed inside the battery box. Details are subject to agreement between the user/the integrator and the battery system manufacturer:

Warning signs:

- W012 – Warning; electricity
- W026 – Warning; battery charging
- W002 – Warning; explosive material

Prohibition sign:

- P003 – No open flame; fire, open ignition source and smoking prohibited

Mandatory action signs:

- M002 – Refer to instruction manual/booklet
- M004 – Wear eye protection
- M009 – Wear protective gloves
- M010 – Wear protective clothing

If the safety signs are fixed on the tray or crate, the signs may be in black and white or colour.

8.3 Isolation for maintenance or service

Isolation of the battery system for maintenance or service shall be agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturer.

8.4 Fire protection

Lithium-ion battery has high energy content in a relatively small volume. In many cases the electrolyte is flammable and therefore special consideration for fire safety shall be taken.

Non-exhaustive examples of possible mitigation measures are listed below:

- enclosing battery system in a metallic frame;
- employing smoke detector and/ or fire detector;
- employing smoke exhausting equipment, etc.

Fire retardant measures shall be considered according to national practices. National laws for fire protection are listed in IEC 62864-1:2016, Annex C for information.

9 Dimensions

Outline dimensions of components of the battery system, such as a battery pack/module, battery box shall be within the tolerances agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturers.

Dimensions of terminals and fixing points shall be within the tolerances specified in the drawings.

10 Electrical requirements

10.1 Operating voltage range of the battery system

The battery system voltage range shall be specified based on the application requirements and the traction system architecture.

The maximum and minimum of operating voltages shall be specified by the integrator considering the maximum voltage and the minimum voltage of the battery system. The maximum voltage and the minimum voltage of the battery system shall be provided by the battery system manufacturer.

10.2 Ripple current

The ripple current level and range of fundamental frequencies shall be specified and agreed between the integrator and the battery system manufacturer.

10.3 Charge and discharge control of the battery system

Control of the battery system shall be in accordance with IEC 62619:2017 and IEC 62620:2014 to ensure every cell remains within the cell operating region (voltage, current and temperature).

NOTE For the cell operating region, see Annex A in IEC 62619:2017.

10.4 Communication

There are different means for communication between the battery system and the external system (e.g. traction system, vehicle control system, etc.); the choice of the communication method should be the subject of agreement between the user/ the integrator and the battery system manufacturer. The internal communication between subsystems of the battery system may be different from the type of the communication network used in the train.

10.5 Starting of disabled battery system

The battery system shall be considered as disabled in the following cases:

- no voltage at the terminals of the battery system after the defined delay time; or
- no communication with BMS; or
- BMS sending the battery system disabled status signals.

NOTE No voltage at the terminals of the battery system can occur due to internal start up procedures, environmental conditions, etc. Reconnection of the battery system can occur after a defined delay time by the integrator and the battery system manufacturer.

The detailed conditions of these cases shall be agreed between the integrator and the battery system manufacturer. In case the battery system is disabled, it is not recommended to use the battery system any further, e.g. occurrence of over discharge, etc.

However, in case of an emergency the possibility to ignore the disable status received from BMS may be considered. Such an operation should be agreed between the user/ the integrator and the battery system manufacturer and documented.

The user should contact the integrator or the battery system manufacturer in case there is no documentation regarding usage of the battery system, which is disabled.

10.6 Insulation status

Insulation status of the battery system between the terminals and the battery box (under the battery system manufacturer responsibility) or vehicle's body (under the integrator responsibility) is an important safety measure. The insulation status, e.g. insulation resistance should be checked or monitored.

These may be performed periodically by manual inspection or automatically within the battery system.

Automatic monitoring may be an option for a DC traction power supply system.

Automatic monitoring should be used for an AC traction power supply system and vehicles used with the isolated body from earth, e.g. rubber tired vehicles.

10.7 Battery management system (BMS)

The BMS shall have the functions and selected option as described in 4.3.

The permissible range of unbalance, which is measured as difference of voltage and/ or SOC of all cells within an ESU, shall be agreed between the integrator and the battery system manufacturer. The BMS shall keep the cells within an ESU (see Figure 3) balanced during operation, e.g. during operating hours, after or during down times of battery system.

11 Mechanical requirement

11.1 Mechanical integration

Integration of the cell, battery pack and battery system shall be considered so that electrolyte, coolant or gasses shall not be dropped out or exhausted in an uncontrollable manner.

11.2 Shock and vibration

Shock and vibration shall comply with the mechanical conditions in 6.2.

NOTE Welding conditions and strength are well performed according to the relevant standards. E.g. for European countries, refer to EN 15085 series.

11.3 Degree of protection

The degree of protection shall be selected from those defined in IEC 60529.

IP requirement shall be fulfilled at least at the highest mechanical integration level, e.g. battery box, traction converter box including a part of battery system (see Annex A), etc.

12 Performance requirement

12.1 Design energy and power calculation methodology

12.1.1 General

Application of rolling stock requires the following performances:

- high power design;
 - at accelerating the train, a high power discharge is required;
 - at regenerative braking, a high power charge is required;
 - at charging station, a high power charge is required;
- high energy design;

In case the battery systems are used as the only power source for systems consuming energy for a long time, e.g. traction and/or auxiliaries, a high energy capability is required.

There are also different sizing requirements:

- special or seldom happening conditions, e.g. overload conditions, that are not regularly repeated;
- normal conditions, when the rolling stock is operated on a regular route profile.

These requirements for the onboard energy storage system are described in the system specifications or system level standard of IEC 62864-1:2016.

12.1.2 Sizing

The battery systems shall be sized in accordance with the required operational pattern (e.g. normal operation, overload conditions, long-time discharge, low or high temperature performance), including the end of life (EOL). It is therefore necessary to have a clear definition of the different operational patterns, as well as of their expected repetition over daily operation (with possible insertion of special conditions). It should be noted that the operational patterns are dependent on application and/ or seasons (e.g. winter / summer / mid-season variations, especially when comfort auxiliaries take a significant part of the operational pattern).

Sizing is of key importance in that the battery system can fulfil its function without operating beyond its intended use (meaning a loss of operational availability with safety protection features activation if necessary).

The user specifies the operational patterns of rolling stock based on time, speed, loads, stops, gradients, environmental conditions, etc.

The integrator shall then define the specifications, e.g. load profile, energy reserve, etc., requested along the operational pattern. These specifications shall be used for verification for the battery system test.

The battery system manufacturer shall propose the sizing of the battery system, e.g. including manufacturing tolerances, permissible range of unbalance, ageing behaviour, etc. The operating current calculated according to the load profile specified by the integrator shall be provided by the battery system manufacturer. The battery system manufacturer shall consider the cell operating region, e.g. the maximum charging current and maximum discharging current of the cell.

According to the sign defined in IEC 62864-1:2016, the positive power at the battery system level is defined as corresponding to the train acceleration (taking energy from the battery system to accelerate or power the auxiliaries for an example), when the negative power at battery system level corresponds to a deceleration (and recuperation of the energy into the battery system). The sign is used for a drawing load profile.

12.1.3 Documentation

The results of the calculations and simulations for sizing shall be documented in a report. The minimum reporting contents are:

- key data for the battery system: type, capacity and quantity of cells, electrical architecture as initially defined by the integrator,
- description of the battery system behaviour over an intended operational pattern, with indication of compliance versus requested conditions (e.g. minimum voltage) for each load profile segment in their occurrence order,
- environmental conditions (e.g. temperatures for charge and discharge) and derating factors.

12.2 Cooling / heating requirement

The ambient temperature required for the railway vehicle stated in 6.3.2 may differ from the permissible temperature of cells. Also non-uniform cell temperatures may occur. In such a case adequate methods, e.g. cooling or heating, etc., to control temperature of cells shall be equipped in the battery system. The heating-cooling requirement shall be proposed by the battery system manufacturer.

Energy consumption of the BTMS shall be calculated by the BTMS manufacturer based on the temperature of lifetime calculation in 6.3.4.

12.3 End of life performance

The ESU shall perform the operational pattern until the point where it reaches the end of life as defined in the battery system sizing as agreed between the user/the integrator and the battery system manufacturer. Refer to IEC 62864-1:2016, 6.7.

NOTE State of health (SOH) is one of the figures to evaluate the conditions of the ESU. There are various approaches for definitions of SOH (parameters and/ or evaluating methods, etc.). Several influencing parameters (capacity, internal resistance, mechanical durability, etc.) and operational conditions (temperature, SOE reserve, etc.) exist. Such parameters and operational conditions will be defined by the battery manufacturer, the integrator and the user using percentage scaling based on agreed parameters.

For example,

- at EOL, SOH is defined as 0 % and is related to the load profile. When the operational pattern cannot be fulfilled, the value of 0 % is reached. The battery system might still have a useful capacity for other application.
- at BOL, SOH is defined as 100 % and is related to the rated capacity as indicated on the name plate and/ or the initial internal DC or AC resistance (refer to 14.2.1).

13 Storage and transportation conditions

13.1 Transportation

According to the valid standards of the respective country, the battery system manual should accompany the battery systems.

NOTE 1 For European countries EN 50272-2 applies.

NOTE 2 For United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, 5th revised edition, part III, section 38.3 – Ref. ST/SG/AC.10/11/rev.5,amd.1 (UN 38.3) applies.

13.2 Storage of battery systems

The battery system manufacturer shall specify the method of storage in the manual.

13.3 Self-discharge

Especially for the railway application, a long time storage or transportation can occur before and/ or after commissioning of rolling stock. The battery system shall be operable for commissioning and operation.

Charge retention of cells, which is reduced by self-discharge, is specified in IEC 62620:2014, 6.4.

Additional components, e.g. balancing function of the BMS, increase the self-discharge rate of the battery system. Guidance for the battery system shall be stated by the battery system manufacturer to ensure a safe transport as well as an appropriate operation after a long time transportation and/ or storage before installation on rolling stock and commissioning.

NOTE Detailed guidance can be found in UN 38.3.

The time period after commissioning and delivery of the built rolling stock to the user's site until revenue operation starts should be defined by the user, and considered in the battery system design.

The battery system manufacturer shall define an additional maintenance equipment, software, procedure, etc., for a long time storage.

14 Tests

14.1 Kind of tests

14.1.1 General

The type test conditions shall be agreed between the cell manufacturer and the battery system manufacturer, to validate the design and performance of the battery system. It shall be done according to 14.1.2.

Routine tests are carried out to verify that each system is correctly assembled and that all components and system operate properly and safely. It shall be done according to 14.1.2.

If a routine test of all cells or all battery pack/modules is done, it is not necessary to repeat the same test at a different level except upon agreement between the cell manufacturer and the battery system manufacturer and/ or the integrator.

The test items listed in Table 1 are not exhaustive. Other test items may be carried out under agreement between the cell manufacturer and the battery system manufacturer and/ or the integrator, if necessary.

14.1.2 Test categories

The test items are listed in Table 1.

Table 1 – List of tests

Test item	Test object		Clause number
	Type test	Routine test	
Electrical tests			
Electrical characteristics tests			14.2.1
a) discharge performance at 25 °C	C and B	C or B ^a	14.2.1
b) discharge performance at low temperature	C	-	14.2.1
c) high rate permissible current	C	-	14.2.1
d) charge retention and recovery	C	-	14.2.1
e) internal AC resistance	C	-	14.2.1
f) internal DC resistance	C and B	B	14.2.1
g) endurance in cycles	C	-	14.2.1
Battery management system (BMS) tests	B	-	14.2.2
Performance test	B	-	14.2.3
Endurance in cycles	C	-	14.2.4
Endurance in cycles test (General)	C		14.2.4.2
Endurance in cycles test (High power)	C ^b		14.2.4.3
Dielectric test	B	B	14.2.5
Self-discharge test	B	-	14.2.6
Operational balancing test	B	-	14.2.7
Mechanical tests			
Physical appearance	B ^c	B ^c	14.3.1
Mass measurement	B	-	14.3.2
Shock and vibration test	B	-	14.3.3
Test of the degree of protection	B	-	14.3.4
Safety tests			
Safety test according to IEC 62619			14.4.1
Product safety tests			14.4.1.2
a) external short circuit test	C	-	14.4.1.2
b) impact test	C	-	14.4.1.2
c) drop test	C and B	-	14.4.1.2
d) thermal abuse test	C	-	14.4.1.2
e) overcharge test	C	-	14.4.1.2
f) forced discharge test	C	-	14.4.1.2
g) consideration for internal short circuit	Either:	-	
– internal short circuit test	C	-	14.4.1.2
– propagation test	B	-	14.4.1.2
Functional safety tests			14.4.1.3
a) overcharge control of voltage	B	-	14.4.1.3
b) overcharge control of current	B	-	14.4.1.3
c) overheating control	B	-	14.4.1.3

Test item	Test object		Clause number
	Type test	Routine test	
Special tests for rolling stock			14.4.2
Safety signs	B	-	14.4.2.2
External short circuit test			14.4.2.3
Combined test	B	-	14.4.2.3.2
Component test	B or C	-	14.4.2.3.3
Isolation system	B	-	14.4.2.4
Fire protection	B	-	14.4.2.5
Test of electromagnetic compatibility	B	-	14.4.2.6
NOTE 1 Abbreviation of location of the test in the test object column is as follows: C: Cell test at the cell manufacturer site B: Battery system NOTE 2 Cell test is carried out according to IEC 62620:2014.			
a The test object of the routine test for the discharge performance at 25 °C test is made under agreement between the cell manufacturer and the battery system manufacturer and/ or the integrator. b The test is mandatory for applications of the high power charge and discharge performance required. c Measurement of dimensions of components of the battery system, such as the battery pack/module, battery box should be carried out based on the supplied units.			

Results of the cell tests according to IEC 62620:2014 may be used.

Simulation results based on a reliable modelling (successfully verified with previous measurements) may be applied instead of the tests under agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

If a battery system can be divided into smaller units, the divided unit may be used for the tests if it represents the behaviour of the battery system under agreement between the integrator and the battery system manufacturer. When the smaller unit is used, the test shall be performed with the functions equipped in the battery system. If the smaller divided unit is used for the tests, the tests should be performed under the same charge and discharge conditions as the battery system. The test report should clearly indicate about the tested unit.

The characteristics of the battery pack/module may be calculated and demonstrated by the cell manufacturer based on the electrical test results of the cells. If the tests of the battery pack/module are required, the tests shall be carried out under agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

The test results shall be reported with necessary parameters. The contents of the report shall be agreed between the integrator and the battery system manufacturer.

14.2 Electrical tests

14.2.1 Electrical characteristics tests

Electrical characteristics tests for the cells and battery system are specified in IEC 62620:2014.

The test items are selective and as follows:

- discharge performance at 25 °C (verification of rated capacity);
- discharge performance at low temperature (capacity at low temperature);

- c) high rate permissible current;
- d) charge retention and recovery;
- e) internal AC resistance;
- f) internal DC resistance;
- g) endurance in cycles.

The test of the internal DC resistance may be carried out with the different current and/ or duration from those of IEC 62620:2014. The conditions shall be agreed between the cell manufacturer and the battery system manufacturer and/ or the integrator.

14.2.2 Battery management system (BMS) tests

14.2.2.1 General

The purpose of this test is to verify the function equipped in the battery system as explained in 4.3.

The functions depend on the application and system specifications. Test items are selective.

The functions can be shared by various subsystems on the rolling stock, e.g. cooling, control, etc. According to divisions arrangement is considered for testing.

14.2.2.2 Overcharge, overheating control

The overcharge control of voltage, overcharge control of current and overheating control are specified in IEC 62619:2017. The test shall be carried out according to IEC 62619:2017.

14.2.2.3 Isolation and disconnection test

If the disconnecting or isolating function is provided, the control of disconnecting or isolating function shall be verified, for example over discharge, etc.

Abnormal conditions are simulated and the disconnecting or isolating function, e.g. contactor shall work properly.

14.2.2.4 Communication test

If the communication function to the outside of the battery system is provided, the communication shall be verified.

If the methods of the test necessitate the use of some components or a control unit outside of the battery system different from those of series production, it is necessary to define the adequate components and the localization of the test site with agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

It shall be verified that data are transmitted between the BMS and the equipment outside of the battery system.

14.2.2.5 Calculation of the state of charge (SOC)

The test shall be carried out at an initial ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ and under normal operating conditions. The test shall start in the condition that the battery system is fully charged. The battery system shall be discharged at a constant specified current. The detail conditions should be agreed between the integrator and the battery system manufacturer.

The voltage and current of the battery system shall be monitored.

SOC calculated in the BMS and SOC calculated by the monitored voltage and current shall be verified.

The error shall be within the specified value by agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

14.2.3 Performance test

14.2.3.1 General

This subclause is applicable for the verification of the battery system's capability to fulfil the requested load profiles, as specified by the integrator. The aim is to verify the design with the relevant specifications. It is recommended that the number of load profiles is limited to those which are proven to be necessary.

14.2.3.2 Test conditions

Temperature: maximum and minimum temperature specified in 6.3.2 ± 2 K, unless otherwise specified.

The air temperature shall start at the above condition. The average temperature of the temperature chamber shall be within ± 5 K.

Performance test shall be based on the load profile: power versus time;

- to supply the requested power of the load profiles, especially;
- the maximum power values within the specified load profiles for charging and discharging;
- the requested dynamics from the load profile, dP/dt .

In this test tolerances for voltage and current measurement may be considered to be increased up to ± 3 %, considering the measuring sensors of the equipment, e.g. a traction converter, used for the combined test, under agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

If there are restrictions due to a testing infrastructure, the test method shall be defined by agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

NOTE Without using a power converter, no current ripple is considered.

14.2.3.3 Preparation

The battery system should be submitted to a suitable number of pre-activation cycles:

- complete charge as per IEC 62620:2014, 6.2;
- applying the derating factor and adjusting the initial SOC.

The derating factor is a rate to consider the loss of capacity versus the capacity at the beginning of life (BOL).

The derating factor and the initial SOC are calculated and agreed at the design stage by simulation and are used at this test stage to check the performance of the battery system in an aged condition.

The internal resistance increase cannot be simulated by the derating factor. It is done at this test stage by considering a margin to the minimum voltage at the battery system.

The battery system should then be placed in the temperature chamber to reach the temperature condition (agreed temperature), until the stable temperature is obtained.

If the cooling system is separated in other subsystem and is not able to be combined with, an alternative cooling system, simulated, may be used.

14.2.3.4 Test

The load profile as stated in 12.1.2 shall then be performed to be well controlled along time using appropriate means, and detailed parameters (time, voltage, current, temperature) shall be recorded.

14.2.3.5 Acceptance criterion

The measured minimum voltage shall be higher or equal to the specified minimum voltage plus the margin mentioned in 14.2.3.3 all along the tested load profile.

14.2.4 Endurance in cycles

14.2.4.1 General

The purpose of this test is to evaluate the general life property of cells.

The end of life defined in 3.1.36 depends on the load profiles. The end of life should be calculated according to the test results of this general life time test, other information and/ or experiences. The estimation of the end of life should be agreed between the cell manufacturer and the battery system manufacturer.

Charge and discharge currents for the tests shall be based on the value of the rated capacity (C_n Ah). These currents are expressed as a multiple of I_t A, where: $I_t \text{ A} = C_n \text{ Ah} / 1 \text{ h}$.

C_n is the rated capacity declared by the cell manufacturer in ampere hours (Ah), and n is the time based in hours (h) for which the rated capacity is declared.

14.2.4.2 Endurance in cycles test (General)

14.2.4.2.1 General

This test verifies the capacity of the cell after 500 cycles according to IEC 62620:2014, 6.6.1. It shall be measured in accordance with the following steps.

14.2.4.2.2 Measurement

Step 1 – The cell shall be discharged at $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$ at a constant current of $1/n I_t \text{ A}$, down to a specified final voltage. The final voltage shall be the same as that declared by the cell manufacturer according to IEC 62620:2014, 6.2.

Step 2 – The cell shall be charged, in an ambient temperature of $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$, using the method declared by the cell manufacturer.

Step 3 – The cell shall be discharged, in an ambient temperature of $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$, at a constant current of $1/n I_t \text{ A}$, until its voltage is equal to the specified final voltage. The final voltage shall be the same as that declared by the cell manufacturer according to IEC 62620:2014, 6.2.

NOTE 1 If the cell manufacturer would like to shorten the time to conduct step 3, the following discharge currents are declared and used: $0,5 I_t \text{ A}$ for E type cell or battery, $1,0 I_t \text{ A}$ for M and H type cell or battery.

Step 4 – Steps 2 and 3 shall be repeated for 500 cycles.

Step 5 – After completing 500 cycles, the energy and the capacity measured in discharge at $1/n I_t \text{ A}$ is determined according to IEC 62620:2014, 6.3.1.

Step 6 – The capacity retention rate shall be calculated from the rated capacity and the capacity measured in step 5.

Step 7 – The energy retention rate shall be calculated from the rated energy and the energy measured in step 5.

NOTE 2 n is 5 for E, M and H discharge rate type cells or batteries.

NOTE 3 E is a low rate long-time discharge type;

M is a medium rate discharge type;

H is a high rate discharge type.

See IEC 62620:2014.

NOTE 4 For the definition of the energy retention, refer to IEC 62864-1:2016, A.2.3.

14.2.4.2.3 Acceptance criterion

The capacity retention of the cell shall not be less than 80 % of the rated capacity after 500 cycles.

The energy retention shall be reported.

14.2.4.3 Endurance in cycles test (High power)

14.2.4.3.1 General

For some applications a high power charge and discharge performance is required. In application fields charge and discharge are carried out not in the range of SOC between the fully charged and fully discharged state, but in the smaller range of SOC, e.g. 20 % of the rated capacity.

This test verifies the capacity of the cell after 6 000 cycles of a high power charging and discharging in the SOC range of 20 % of the rated capacity at a given cell surface temperature.

Also this test verifies the remaining capacity of the cell after the six thousandth discharging.

The parameters defined in 14.2.4.3.2 are representative ones. Additional tests may be agreed between the integrator and the battery system manufacturer. Examples of parameter ranges are listed in Annex B.

14.2.4.3.2 Measurement

Step 1 – The cell shall be discharged at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ at a constant current of $1/n I_t$ A, down to a specified final voltage. The final voltage shall be the same as that declared by the cell manufacturer according to IEC 62620:2014, 6.2.

Step 2 – The cell shall be charged, at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 5\text{ K}$, to 100 % SOC with the cell manufacturer declared method.

Step 3 – Discharge to 80 % SOC (current equal to $4,0 I_t$ A, for 3 min).

Step 4 – Rest for 1 min.

Step 5 – The cell shall be discharged, at the daily average cell surface temperature of $30\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, at a constant discharging current of $4,0 I_t$ for 3 min. Devices, e.g. heat sink, may be used to keep the cell temperature homogenous.

Step 6 – Rest for 1 min.

Step 7 – The cell shall be charged, at the daily average cell surface temperature of $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$, at the same constant charging current of $4,0\text{ }I_t$ for 3 min. Devices, e.g. heat sink, may be used to keep the cell temperature homogenous.

Step 8 – Steps 4 to 7 shall be repeated for 150 cycles followed by the daily rest time of 4 h at an ambient temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$.

NOTE 1 “Daily rest time” is considered for calendar ageing.

For step 4 to step 7, the average cell surface temperature in daily cycling after the thermal condition reaching the equilibrium shall be controlled to $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$. Devices, e.g. heat sink, may be used to maintain the thermal equilibrium. Peak temperature may exceed the average temperature tolerance, in such a case maximum and minimum temperature shall be reported.

NOTE 2 The charging current will be decreased if the cell voltage reaches the defined upper limit charging voltage of the cell for the test. However, the charging time will be kept 3 min even the charged capacity (Ah) is reduced due to the decreased current.

To compensate for a shift in SOC during cycling, the following additional charging and/ or discharging is allowed, if necessary:

- Rest the cell for 5 min.
- Apply an additional compensation charging and/or discharging.

Some examples are given as:

- constant voltage charge or discharge with maximum current of $1,0\text{ }I_t$, where the voltage should correspond to 80 % SOC;
- full charge, and then discharge to 80 % SOC, where the condition should be the same as step 1 to 3 or corresponding ones;
- constant current charge or discharge, where the current and duration should be determined with a reasonable method.

- Rest the cell for the remaining daily rest time.

The total time of the rest and compensation process shall be 4 h. Current, accumulated ampere hour and voltage shall be recorded and reported. The voltage behaviour during cycling after this process should be similar to those after step 1 to 3 to confirm reasonable compensation without excessive charging.

NOTE 3 A shift of SOC occurs due to cell high power performance, design, electrode material, etc., or accuracy of the test equipment.

Compensation process shall not be allowed before any reference performance test.

Step 9 – Reference performance test in 14.2.4.3.3 shall be performed after 150 cycles and at every 3 000 cycles or less. Performance test shall be initiated immediately after step 5.

NOTE 4 150 cycles are equivalent to 20 h.

Repeat step 8 for a minimum of 40 times in total.

14.2.4.3.3 Reference performance test

Reference performance test verifies the capacity and the peak power performance.

Step 1 – After completing the last step 5 in 14.2.4.3.2, the remaining capacity and energy shall be measured in discharging at $1/n\text{ }I_t$ A at the daily average cell surface temperature of $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$.

Step 2 – The remaining capacity ratio after the last discharging shall be calculated from the rated capacity and the capacity measured in step 1.

Step 3 – The remaining energy ratio after the last discharging shall be calculated from the rated energy and the energy measured in step 1.

Step 4 – Soak the cell at $25^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ K}$ for more than 10 h.

Step 5 – Capacity check. Capacity test shall be carried out according to IEC 62620:2014, 6.2 and 6.3.1.

Step 6 – The capacity retention rate shall be calculated from the rated capacity and the capacity measured in step 5.

Step 7 – The energy retention rate shall be calculated from the rated energy and the energy measured in step 5.

Step 8 – Peak power test

- charge the cell to the voltage as indicated by the cell manufacturer, according to IEC 62620:2014, 6.2;
- discharge the cell to 50 % SOC (at $4,0 I_t$ A for 7,5 min);
- rest for 15 min, measure the open circuit voltage;
- discharge the cell at $8,0 I_t$ A for 30 s;
- measure the cell voltage during the pulse after 5 s, 10 s or 30 s, calculate the internal resistance;
- rest for 30 s;
- discharge the cell at $4,0 I_t$ A down to the minimum voltage as indicated by the cell manufacturer.

Step 9 – Re-start from step 1 in 14.2.4.3.2.

NOTE n is 5 for E, M and H discharge rate type cells or batteries.

14.2.4.3.4 Acceptance criterion

If the cell voltage reaches its lower limit discharging voltage during the discharging in step 5 in 14.2.4.3.2, the test is terminated and considered as the cell fails this test because the cell is not able to supply 20 % of the rated capacity during the cycles.

The remaining capacity ratio of step 2 in 14.2.4.3.3 shall be more than 0 %.

14.2.5 Dielectric test

Dielectric test shall be carried out according to IEC 60077-1 and IEC 62497-1.

If the battery system consists of several subcomponents, boxes, etc., the test may be carried out on the individual subcomponents, boxes.

14.2.6 Self-discharge test

14.2.6.1 General

The purpose of this test is to evaluate self-discharge behaviour of the battery system under storage and transportation conditions, and installation on rolling stock prior to revenue operation, for conditions as described in 13.3.

14.2.6.2 Test

The battery system shall be placed in a temperature chamber. If the battery packs/ modules are representative of the battery system, they may be used upon agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

The conditions shall be as follows, unless otherwise specified:

- initial SOC: SOC for the transportation or the storage specified by the battery system manufacturer;
- ambient temperature: 25 °C ± 2 K;
- BMS: transportation mode, e.g. no external power supply.

The SOC shall be monitored at predetermined time intervals.

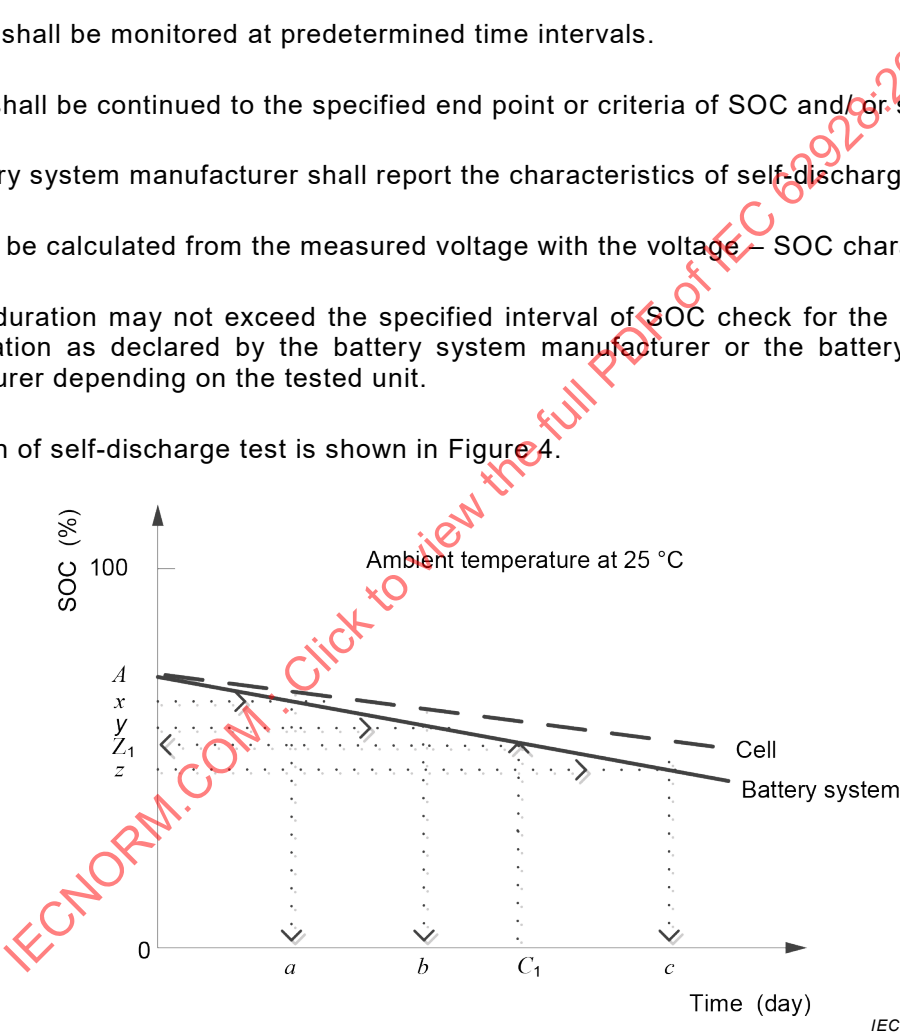
The test shall be continued to the specified end point or criteria of SOC and/or storage time.

The battery system manufacturer shall report the characteristics of self-discharge.

SOC may be calculated from the measured voltage with the voltage – SOC characteristics.

The test duration may not exceed the specified interval of SOC check for the storage or the transportation as declared by the battery system manufacturer or the battery pack/module manufacturer depending on the tested unit.

Illustration of self-discharge test is shown in Figure 4.



Key

- | | |
|----------------|--|
| A | initial SOC |
| x, y | SOC of the predetermined interval |
| z | SOC of the termination of the test |
| a, b | measured time (day) |
| c | measured time (day) at the termination of the test |
| C ₁ | time (day) of the termination of the test |
| Z ₁ | measured SOC at the termination of the test |

Figure 4 – Illustration of self-discharge test

14.2.6.3 Acceptance criteria

The following value shall be satisfied:

- a) SOC is higher than the specified value after the specified test time; or
- b) time is longer than the specified value at the specified reduction of SOC; or
- c) self-discharge rate defined in the following formula is smaller than the specified value.

$$r = \frac{x - y}{b - a}$$

where

r is the self-discharge rate in percentage per day (% / d);

x, y are the measured SOC in percentage (%);

a, b are the time at x of SOC and at y of SOC in days (d).

14.2.7 Operational balancing test

14.2.7.1 General

The purpose of this test is to evaluate the capability of balancing cells under operating conditions after down times of battery system according to 10.7. The maximum duration of down times shall be agreed between the integrator and the battery system manufacturer.

This test is carried out as optional and may be replaced by appropriate simulation analysis.

14.2.7.2 Test

The battery system shall be placed in a temperature chamber. If the battery packs/ modules are representative of the battery system, they may be used upon agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

The conditions shall be as follows, unless otherwise specified:

- initial SOC: SOC derived from load profile, e.g. average value, as specified by the integrator and the battery system manufacturer;
- ambient temperature: 25 °C ± 2 K;
- BMS: operating mode.

Status of the BMS parameters and messages, e.g. warnings, SOC, etc., shall be monitored at predetermined time intervals.

The test shall be continued to the maximum duration of down times as agreed above.

After the duration of the test, the battery system shall perform the agreed load profile without additional maintenance work. Preliminary charge before starting load profile may be acceptable.

The battery system manufacturer shall report the test results.

14.2.7.3 Acceptance criteria

Cell voltage unbalance shall be:

- a) within permissible range; and
- b) the BMS balancing function shall work to rebalance cells during application of load profile in BMS operating mode in case unbalanced cells exist.

14.3 Mechanical tests

14.3.1 Physical appearance

Visual inspection shall be performed on samples submitted to tests. No cracking, damage or corrosion shall be apparent. Any deformation shall be within the tolerances of the dimensions specified in the battery system manufacturer's drawings.

Dimensions of the outline and interfaces like terminals and fixing points shall be measured and be within the tolerances in Clause 9.

14.3.2 Mass measurement

The battery system shall be weighed with all accessories included in the scope of supply.

If it is not possible to measure mass with the above mentioned parts combined, the parts shall be measured individually.

14.3.3 Shock and vibration test

Test shall be carried out according to IEC 61373.

This test should be carried out for a box or boxes installed on the car body.

If a physical unit of the battery system is installed in some other enclosure, e.g. enclosure for a traction converter, the shock and vibration test shall be carried out in the test of the other enclosure.

The test may be carried out based on the separate boxes as described in 4.1 and Annex A where the battery system is separated into several boxes. If the mass of the separate box is higher than 500 kg, only a smaller unit may be tested instead. If the mass of the smaller unit is higher than 500 kg, a shock and vibration test may be agreed between the integrator and the battery system manufacturer (optional type test). The battery system manufacturer shall clearly declare the tested units.

If a shock and vibration test is not performed by agreement between the integrator and the battery system manufacturer, a Finite Element Method (FEM) stability calculation shall be provided by the battery system manufacturer.

14.3.4 Test of the degree of protection

The execution of the test is subject to agreement between the manufacturer and the user.

If a test of the degree of protection is stipulated in the specification, it shall be performed according to IEC 60529.

14.4 Safety tests

14.4.1 Safety test according to IEC 62619:2017

14.4.1.1 General

Safety tests shall be carried out according to IEC 62619:2017.

The tests consist of two categories:

- product safety test (safety of cell and battery system);
- functional safety test (safety of battery system).

14.4.1.2 Product safety tests

Product safety test consists of the following tests:

- a) external short circuit test (cell);
modifying the external resistance to 5 mΩ or less;
- b) impact test (cell);
- c) drop test (cell and battery system);
- d) thermal abuse test (cell);
- e) overcharge test (cell);
- f) forced discharge test (cell);
- g) consideration for cell internal short circuit;
internal short circuit test (cell);
propagation test (battery system).

NOTE Either internal short circuit test (cell) or propagation test (battery system) is carried out, declared by the battery system manufacturer.

Additional test requirements may be agreed between the user/the integrator and the battery system manufacturer.

14.4.1.3 Functional safety tests

Functional safety test consists of the following tests:

- a) overcharge control of voltage (battery system);
- b) overcharge control of current (battery system);
- c) overheating control (battery system).

These tests are also required in 14.2.2.

14.4.2 Special tests for rolling stock

14.4.2.1 General

Safety measures specified in Clause 8 shall be verified.

14.4.2.2 Safety signs

It shall be visually verified whether the specified safety signs are put in the correct positions as specified.

14.4.2.3 External short circuit test

14.4.2.3.1 General

The purpose of this test is to verify the performance of the short circuit protection, e.g. for contactors, breakers, fuses, etc. This functionality shall interrupt or limit the short circuit current to prevent the ESU from any further related severe events caused by the short circuit current.

In addition to the external short circuit test specified in IEC 62619:2017, the following test shall be carried out as a system level verification.

The test shall be carried out either by combined test in 14.4.2.3.2, or components test in 14.4.2.3.3.

Simulation results based on a reliable test result of the similar type may be applied instead of tests under agreement between the integrator and the battery system manufacturer.

14.4.2.3.2 Combined test

14.4.2.3.2.1 General

As a system level test, this test shall be carried out under the condition that all ESU associated components, e.g. contactors, fuse, etc., are connected.

If functioning can be tested, a part of the battery system may be used. But at least one battery branch shall be used.

14.4.2.3.2.2 Test conditions

The following condition shall apply to the test:

- a) the ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 5\text{ K}$;
If the temperature is out of this range, it may be used by agreement between the integrator and the battery system manufacturer.
- b) the ESU shall be completely charged as per IEC 62620:2014, 6.2;
- c) all protection devices which are relevant to the test are in operation.

14.4.2.3.2.3 Short circuit

The circuits such as contactors, etc., are closed as in normal operation mode.

The battery system is short-circuited by connecting the positive and negative terminals of the ESU:

- a) in order to test the reaction of fuses by short-circuiting with the minimum ohmic resistance as agreed between the integrator and the battery system manufacturer (this is considered as a hard short circuit);
- b) in order to test the reaction of contactors, breakers, etc., by short-circuiting with the expected impedance of the external short circuit at the ESS, e.g. during a converter fault, as agreed between the integrator and the battery system manufacturer (this is considered as an operational short circuit).

The test is passed if the protection function or devices, e.g. contactors that are operated by BMS or fuses break current and open the circuit.

NOTE In some cases, some parts of the BMS functions are integrated in another system, such as a traction converter.

14.4.2.3.2.4 Acceptance criteria

The protection function or devices, e.g. fuses, contactors, breakers, etc., properly works to interrupt or limit the short circuit current.

No fire, no explosions are observed.

No damage to the ESU, except fuses, is observed. By replacing fuses, the ESU shall operate normally.

Degradation of the life time may occur but it is not the acceptance criterion of this test.

14.4.2.3.3 Component test

14.4.2.3.3.1 General

The behavior of the cells and the operation of the protection function may be tested separately if the combined test is not carried out.

The behavior of the cells shall be tested in 14.4.2.3.3.2.

The operation of the protection function shall be tested in 14.4.2.3.3.3.

14.4.2.3.3.2 Cell test

The purpose of this test is that the cell shall be checked to endure the short circuit conditions until the protection function correctly operates.

A cell is short-circuited by the expected short circuit impedance as mentioned in a) or b) of 14.4.2.3.2.3 for the time until the protection function, e.g. breakers or fuses, opens the short circuit.

14.4.2.3.3.3 System function test

The purpose of this test is that each component works as designed for protection cooperation. Systematic check may be carried out by the documents check.

The protection function or devices such as contactors, breakers shall be tested individually by the component manufacturer. Detecting signal of short circuit is used as input signal to the protection function instead of actually short-circuiting.

The fuse shall be tested according to IEC 60077-5. Proper operation of the fuse shall be verified by its characteristics and the expected short circuit current.

This test may be carried out in 14.2.2.

14.4.2.3.3.4 Acceptance criteria

The acceptance criteria are that the protection function or devices work properly as designed.

14.4.2.4 Isolation system

If the isolation system is equipped, as referred in 8.3 and 14.2.2.3, the function shall be verified.

When the isolation system is operated, voltage shall not remain in the intended section.

14.4.2.5 Fire protection

Test shall be carried out to verify whether the taken measure in 8.4 works properly.

In case of employing an enclosure with some fire barrier property, the fire property is demonstrated by withstanding the fire for a defined duration as agreed between the integrator and the battery system manufacturer, e.g. 10 min or 15 min.

The requirements of national practice for fire protection shall be verified.

14.4.2.6 Test of electromagnetic compatibility (EMC)

Tests for the electromagnetic compatibility (EMC) of the battery system are specified in IEC 62236-3-2 and shall be carried out at least at the highest integration level, e.g. battery box, traction converter box including a part of battery system (see Annex A), etc.

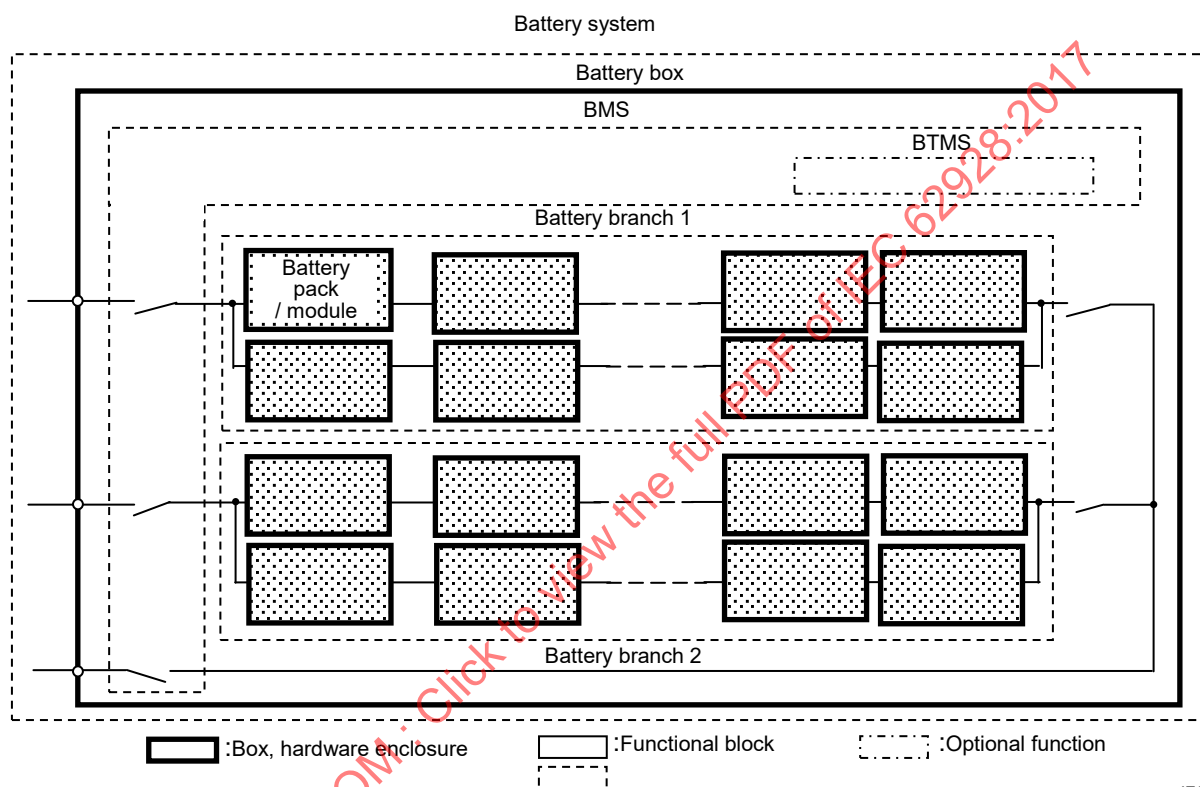
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

Annex A (informative)

Examples of battery system configuration

Figure A.1 shows an example of configuration for contactors inside of the battery box. All necessary subsystems are installed in the battery box.

The functionality is realized by hardware and/ or software. Figure A.2 to Figure A.4 give examples.

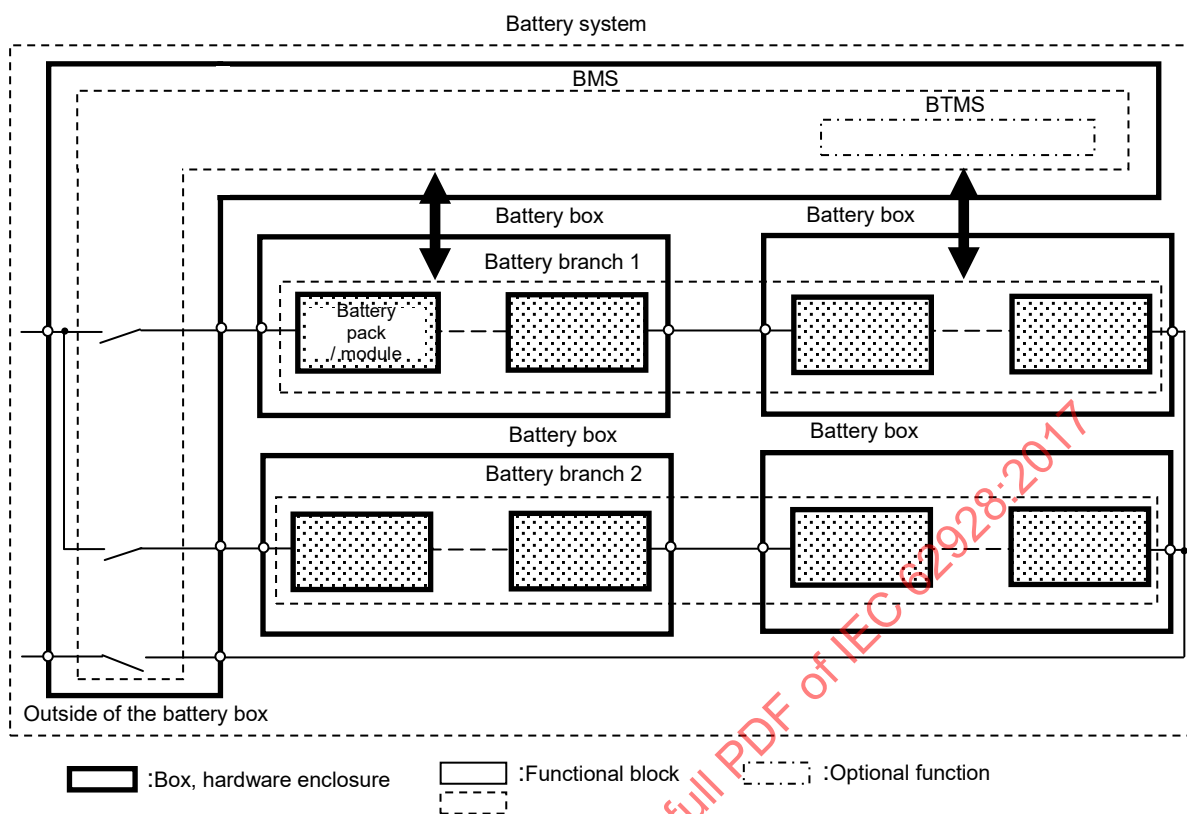


IEC

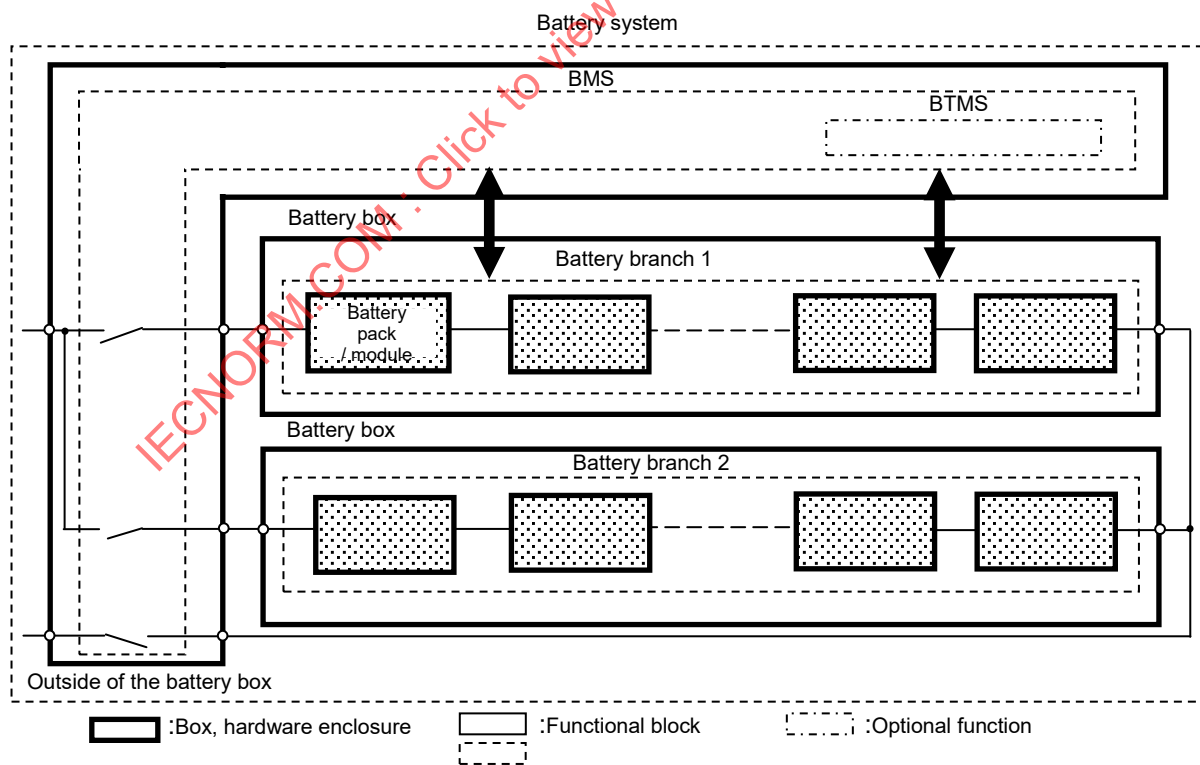
Figure A.1 – Example of configuration for contactor inside of the battery box

Figure A.2 shows examples of several battery box configurations with the contactor outside the battery box.

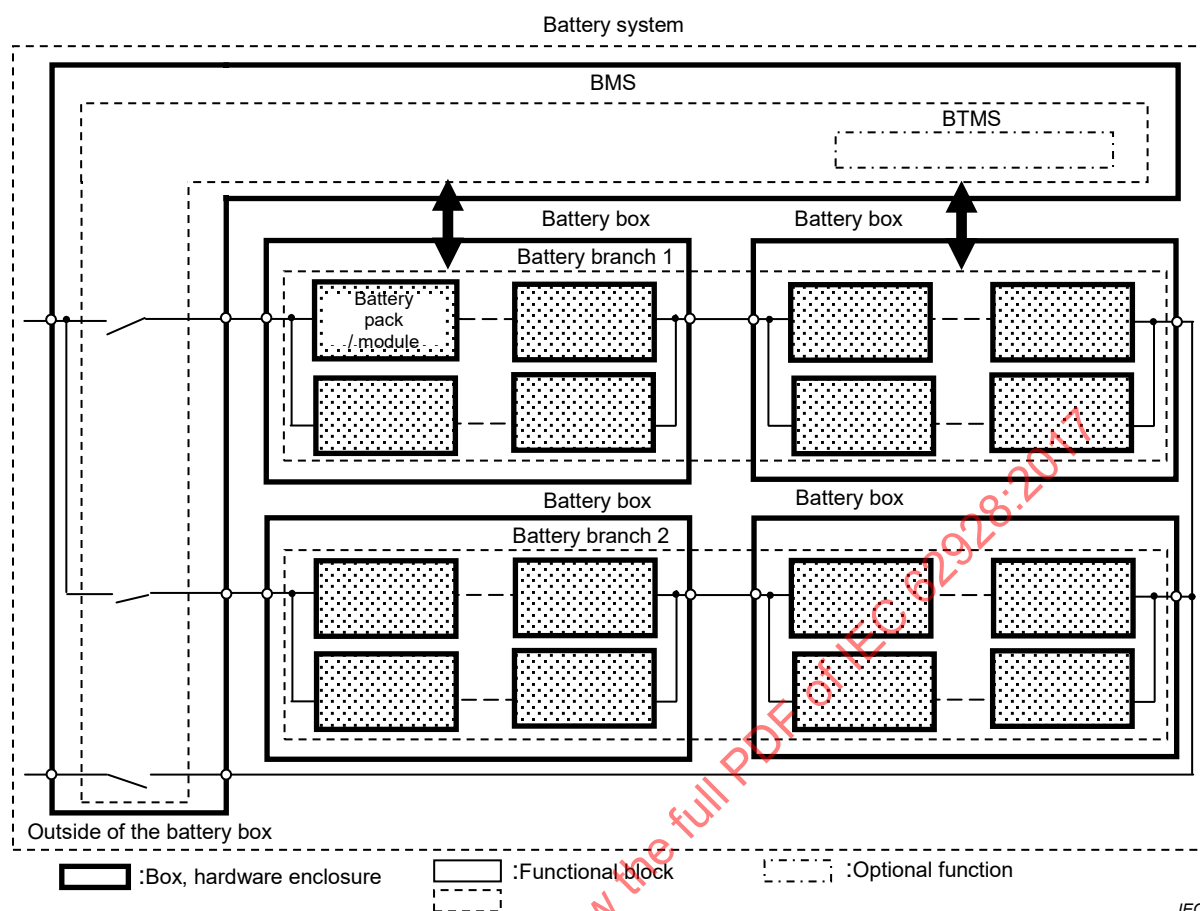
- series connected battery pack/modules installed in separate boxes;
- series connected battery pack/modules with each battery branch installed in separate boxes;
- parallel connected battery pack/modules in battery branch installed in separate boxes.



a) Series connected battery pack/modules installed in separate boxes



b) Series connected battery pack/modules with each battery branch installed in separate boxes



IEC

c) Parallel connected battery pack/modules in battery branch installed in separate boxes

Figure A.2 – Examples of battery box configurations with the contactor outside battery box

Figure A.3 shows an example of configuration of a BTMS outside of the battery box.

NOTE In case natural convection is sufficient, BTMS is not required (in all cases the upper and lower limit temperatures are monitored by the BMS).

Figure A.4 shows an example of configuration of a BMS and a BTMS included in other system outside of battery box.

In some cases, some parts of the BMS functions are integrated in other system, such as a traction converter.

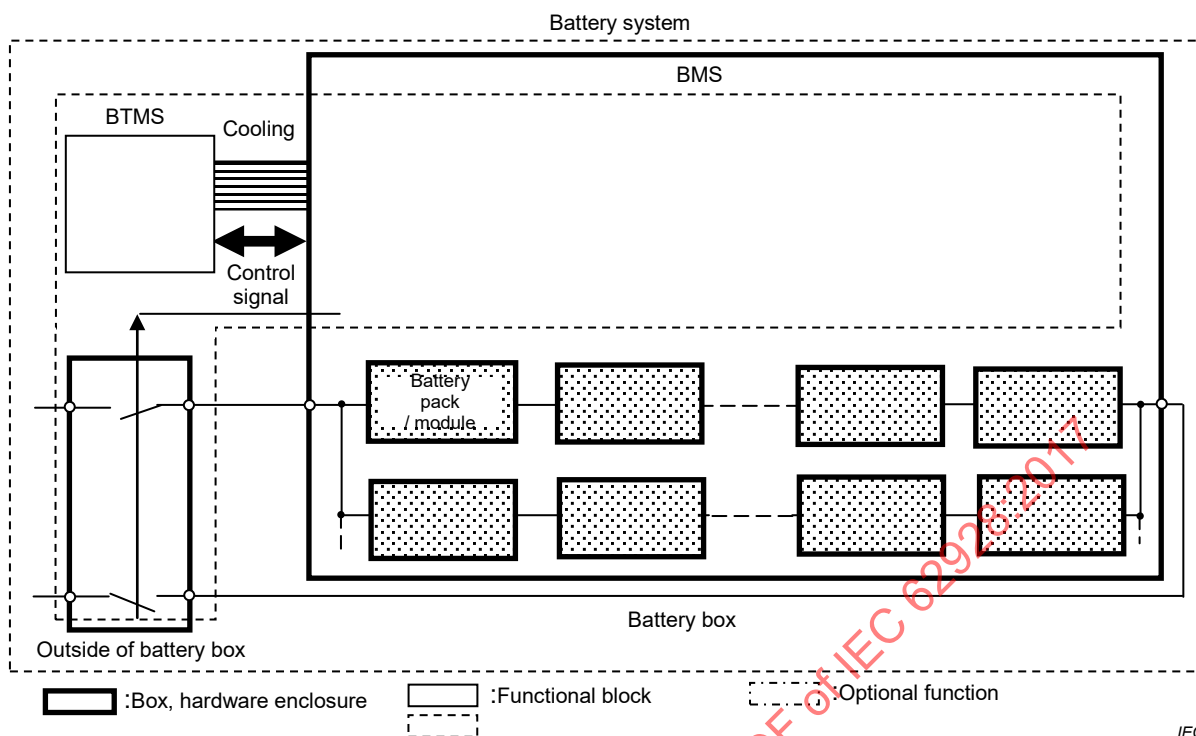


Figure A.3 – Example of configuration of a BTMS outside of battery box

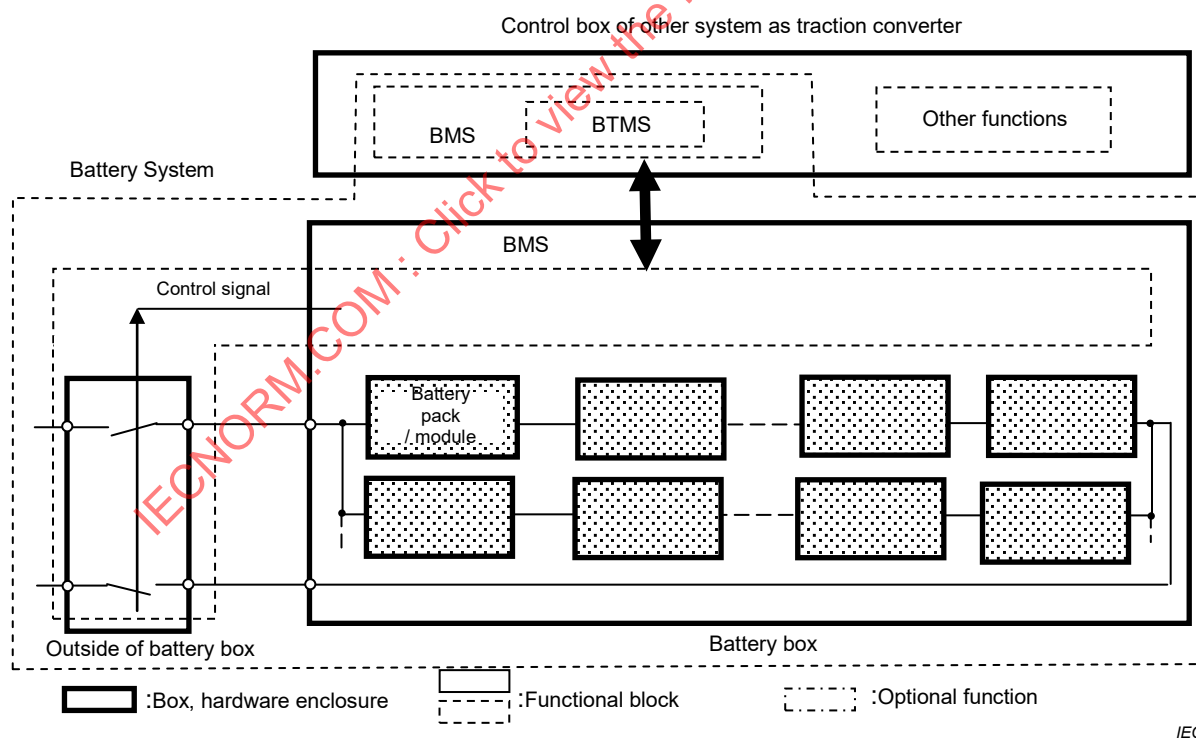


Figure A.4 – Example of configuration of a BMS and a BTMS included in another system outside of battery box

Annex B (informative)

Examples of parameter ranges for additional high power cycling tests

Examples of parameter ranges are shown in Table B.1.

Table B.1 – Examples of parameter ranges for additional high power cycling tests

Item	Parameter ranges
Discharge current	2,0 I_t A to 10,0 I_t A (equal to I_d)
Discharging time	Delta SOC / I_d
Charging current	2,0 I_t A to 10,0 I_t A (equal to I_d)
Charging time	Delta SOC / I_d
Delta SOC	20 % to 80 %
SOC start point	50 % to 95 %
Cycle number	2 000 to 10 000
Rest time	20 s to 60 min
Daily rest time	2 h to 8 h
NOTE 1 Delta SOE (State of Energy) can be calculated by delta SOC and the measured voltage. For the definition of the energy, refer to IEC 62864-1:2016, A.2.3. NOTE 2 “Daily rest time” is considered for calendar ageing.	

Bibliography

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical installations*

IEC 60077-2, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnical components; General rules*

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

IEC 61123, *Reliability testing – Compliance test plans for success ratio*

IEC 61133, *Railway applications – Rolling stock – Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service*

IEC 61287-1, *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61377:2016, *Railway applications – Rolling stock – Combined test method for traction systems*

IEC 61434, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

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

IEC 62485-3, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 3: Traction batteries*

ISO 13849-1, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

EN 15085 (all parts), *Railway applications – Welding of railway vehicles and components*

EN 45545 (all parts), *Railway applications – Fire protection on railway vehicles*

EN 50272-2, *Safety requirements for secondary batteries and battery installations – Part 2: Stationary batteries*

UIC 550, *Power Supply Installations for Passenger Stock*

UIC 640, *Motive power units – Inscriptions, marks and signs*

NFPA 130, *Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems*

United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, *Manual of Tests and Criteria*, 5th revised edition, part III, section 38.3 – Ref. ST/SG/AC.10/11/rev.5,amd.1

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	55
INTRODUCTION	57
1 Domaine d'application	59
2 Références normatives	59
3 Termes, définitions et termes abrégés	61
3.1 Termes et définitions	61
3.2 Termes abrégés	67
4 Configuration du système de batterie	68
4.1 Système de batterie	68
4.2 Groupe batteries/module	69
4.3 Système de gestion de batterie (BMS)	70
4.4 Système de gestion thermique de batterie (BTMS)	71
5 Tolérances de mesure relatives aux paramètres	71
6 Conditions de fonctionnement	71
6.1 Généralités	71
6.2 Conditions mécaniques	72
6.3 Conditions d'environnement	72
6.3.1 Généralités	72
6.3.2 Température ambiante	72
6.3.3 Température à l'intérieur de l'enveloppe de la batterie	72
6.3.4 Température pour le calcul de la durée de vie	72
6.4 Conditions électriques	72
6.4.1 Circuits de traction	72
6.4.2 Circuits de commande	72
6.4.3 Coordination de l'isolement	73
6.5 Compatibilité électromagnétique (CEM)	73
6.6 Logiciel	73
7 Désignation et marquage	73
7.1 Plaque d'identification	73
7.2 Désignations des éléments et du système de batterie	74
7.3 Marquage	74
7.3.1 Généralités	74
7.3.2 Groupe batteries/module et éléments	74
7.3.3 Autres composants	74
7.3.4 Informations supplémentaires	74
8 Exigences de sécurité	75
8.1 Considérations générales de sécurité	75
8.2 Symboles de sécurité	75
8.2.1 A l'extérieur du boîtier de la batterie	75
8.2.2 A l'intérieur du boîtier de la batterie	75
8.3 Isolation pour la maintenance ou le service	76
8.4 Protection contre le feu	76
9 Dimensions	76
10 Exigences électriques	76
10.1 Plage de tensions de service du système de batterie	76

10.2	Courant d'ondulation	77
10.3	Régulation de la charge et de la décharge du système de batterie	77
10.4	Communication	77
10.5	Démarrage du système de batterie désactivé	77
10.6	Etat d'isolement	77
10.7	Système de gestion de la batterie (BMS)	78
11	Exigence mécanique	78
11.1	Intégration mécanique	78
11.2	Chocs et vibrations	78
11.3	Degré de protection	78
12	Exigence en matière de performance	78
12.1	Méthode de calcul de l'énergie et de la puissance de conception	78
12.1.1	Généralités	78
12.1.2	Calibrage	79
12.1.3	Documentation	79
12.2	Exigence de refroidissement/chauffage	80
12.3	Performance de fin de vie	80
13	Conditions d'entreposage et de transport	80
13.1	Transport	80
13.2	Entreposage des systèmes de batteries	80
13.3	Auto-décharge	80
14	Essais	81
14.1	Types d'essais	81
14.1.1	Généralités	81
14.1.2	Catégories d'essais	81
14.2	Essais électriques	83
14.2.1	Essais de caractéristiques électriques	83
14.2.2	Essais du système de gestion de batterie (BMS)	84
14.2.3	Essai de performance	85
14.2.4	Endurance en cycles	86
14.2.5	Essai diélectrique	90
14.2.6	Essai d'auto-décharge	90
14.2.7	Essai d'équilibre opérationnel	91
14.3	Essais mécaniques	92
14.3.1	Apparence physique	92
14.3.2	Mesure de la masse	92
14.3.3	Essai de chocs et de vibrations	92
14.3.4	Essai du degré de protection	93
14.4	Essais de sécurité	93
14.4.1	Essai de sécurité selon l'IEC 62619:2017	93
14.4.2	Essais spéciaux pour le matériel roulant	94
Annexe A (informative)	Exemples de configuration du système de batterie	97
Annexe B (informative)	Exemples de plages de paramètres pour les essais supplémentaires d'endurance en cycles de grande puissance	101
Bibliographie		102

Figure 1 – Hiérarchie des normes associées à l'IEC 62928 58

Figure 2 – Bloc fonctionnel du système de batterie 69

Figure 3 – Illustration des définitions d'élément, de bloc d'éléments et groupe batteries/module	70
Figure 4 – Illustration de l'essai d'auto-décharge	91
Figure A.1 – Exemple de configuration pour un contacteur situé à l'intérieur du boîtier de la batterie	97
Figure A.2 – Exemples de configuration de boîtier de batterie avec contacteur situé à l'extérieur du boîtier de la batterie.....	99
Figure A.3 – Exemple de configuration d'un BTMS situé à l'extérieur du boîtier de la batterie	100
Figure A.4 – Exemple de configuration d'un BMS et d'un BTMS inclus dans un autre système à l'extérieur du boîtier de la batterie	100
Tableau 1 – Liste des essais.....	82
Tableau B.1 – Exemples de plages de paramètres pour les essais supplémentaires d'endurance en cycles de grande puissance	101

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –
BATTERIES D'ACCUMULATEURS DE TRACTION
EMBARQUÉES AU LITHIUM-ION**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62928 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2317/FDIS	9/2329/RVD

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

Cette publication a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62928:2017

INTRODUCTION

Les batteries portables au lithium ont commencé à être développées dans les années 1990. Les normes existantes relatives aux batteries lithium-ion portent actuellement sur les petites batteries portables:

- IEC 61960-3:2017, Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Accumulateurs au lithium pour applications portables – Partie 3: Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium, parallélépipédiques et cylindriques
- IEC 62133 (toutes les parties): Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs portables étanches, et pour les batteries qui en sont constituées, destinés à l'utilisation dans des applications portables

Les documents susmentionnés ne couvrent pas les éléments et batteries d'accumulateurs volumineux destinés aux applications industrielles et ferroviaires, qui ne sont pas portables et qui pèsent plusieurs centaines de kilogrammes.

Le comité d'études 21 et le sous-comité d'études 21A ont décidé de commencer à travailler sur les éléments et batteries d'accumulateurs au lithium de grande capacité:

- IEC 62619:2017, Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs au lithium pour utilisation dans des applications industrielles
- IEC 62620:2014: Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour utilisation dans les applications industrielles

Les documents sont souvent génériques et ne mentionnent les applications ferroviaires qu'à titre d'exemple.

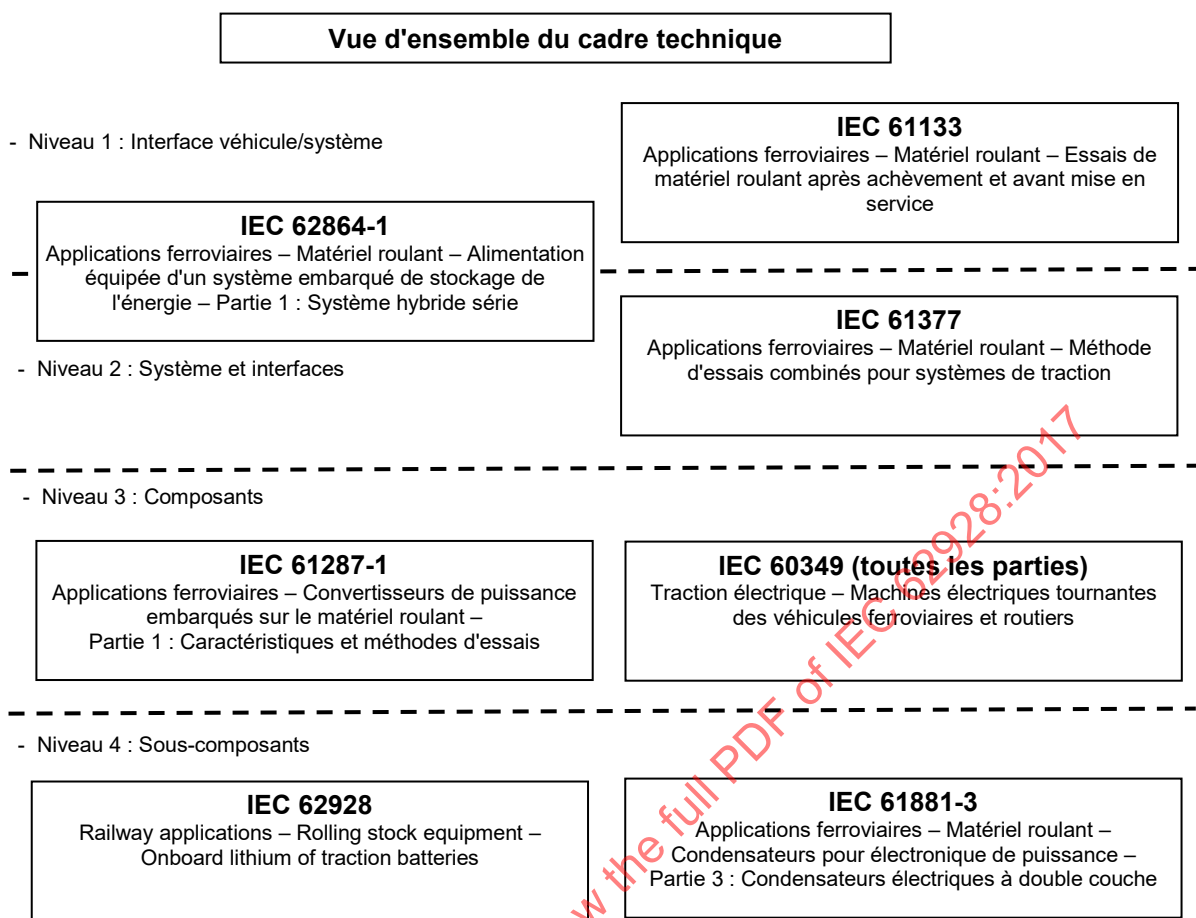
Le présent document a ainsi été élaboré dans le but de spécifier les exigences relatives aux applications de traction ferroviaire:

Le comité d'études 9 a également établi le document suivant:

- IEC 62864-1:2016: Applications ferroviaires – Matériel roulant – Alimentation équipée d'un système embarqué de stockage de l'énergie – Partie 1: Système hybride série

L'IEC 62864-1:2016 spécifie les exigences générales relatives au système embarqué de stockage de l'énergie au niveau du système. La Figure 1 de l'IEC 62864-1:2016 représente la hiérarchie des normes.

L'IEC 62864-1:2016 fait partie d'une série de normes faisant référence les unes aux autres. La hiérarchie de normes utilisée dans le domaine ferroviaire associée à l'IEC 62928 est la suivante:



IEC

Figure 1 – Hiérarchie des normes associées à l'IEC 62928

Les normes répertoriées à la Figure 1 ne sont pas exhaustives.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – BATTERIES D'ACCUMULATEURS DE TRACTION EMBARQUÉES AU LITHIUM-ION

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux batteries d'accumulateurs de traction embarquées au lithium-ion destinées aux applications ferroviaires.

Le présent document spécifie la conception, les paramètres d'exploitation, les recommandations de sécurité, l'échange de données, les essais individuels de série et les essais de type, ainsi que le marquage et la désignation.

Les systèmes de batteries décrits dans le présent document sont utilisés dans le cadre du système de stockage de l'énergie (ESS, *Energy Storage System*) afin de fournir une alimentation de traction aux véhicules ferroviaires tels que les véhicules hybrides définis dans l'IEC 62864-1:2016. Les batteries auxiliaires destinées à l'alimentation de l'équipement auxiliaire uniquement sont exclues.

Les sous-composants des systèmes de batteries, comme le système de gestion de batterie (BMS) et le système de gestion thermique de batterie (BTMS), sont également couverts par le présent document.

L'équipement de conversion de puissance (hacheur, convertisseur, etc.), les bobines d'inductance, les condensateurs et l'appareillage de connexion ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les exigences générales relatives au système embarqué de stockage de l'énergie sont décrites dans l'IEC 62864-1:2016.

Le présent document spécifie la technologie de batterie lithium-ion, mais n'interdit pas l'utilisation d'autres technologies que le lithium-ion pour les batteries de traction.

Les systèmes hybrides de stockage de l'énergie qui utilisent deux technologies de stockage de l'énergie combinées ou plus, tels que les batteries de traction et les condensateurs électriques à double couche, ne sont pas couverts par le présent document. Toutefois, si différentes technologies de systèmes de stockage de l'énergie sont utilisées sur le même véhicule ferroviaire et qu'elles sont gérées de manière indépendante, chaque système indépendant de stockage de l'énergie est couvert par sa propre norme.

2 Références normatives

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

IEC 60050-482:2004, *Vocabulaire électrotechnique – Partie 482: Piles et accumulateurs électriques*

IEC 60050-811:2017, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 811: Traction électrique*

IEC 60051 (toutes les parties), *Appareils de mesure électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*

IEC 60077-1, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

IEC 60077-5, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 5: Composants électrotechniques – Règles pour les fusibles à haute tension*

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

IEC 60571, *Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant*

IEC 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 61991, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Dispositions de protection contre les dangers électriques*

IEC 62236-3-2, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

IEC 62278:2002, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

IEC 62279, *Applications ferroviaires – Systèmes de signalisation, de télécommunication et de traitement – Logiciels pour systèmes de commande et de protection ferroviaire*

IEC 62497-1, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62498-1:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*

IEC 62619:2017, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Exigences de sécurité pour les accumulateurs au lithium pour utilisation dans des applications industrielles*

IEC 62620:2014, *Accumulateurs alcalins et autres accumulateurs à électrolyte non acide – Eléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour utilisation dans les applications industrielles*

IEC 62864-1:2016, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Alimentation équipée d'un système embarqué de stockage de l'énergie – Partie 1: Système hybride série*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

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

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-482, l'IEC 60050-811 et le Guide ISO/IEC 51, 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>

3.1.1

conservation de la charge

conservation de la capacité

aptitude d'un système de batterie à conserver sa capacité en circuit ouvert dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Voir également auto-décharge.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-35, modifié – «une cellule ou une batterie» a été remplacé par «système de batterie».]

3.1.2

auto-décharge

phénomène par lequel un élément ou un système de batterie perd de l'énergie autrement que par la décharge dans un circuit extérieur

Note 1 à l'article: Voir également «conservation de la charge».

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-27, modifié – «batterie» a été remplacé par «système de batterie».]

3.1.3

tension finale

tension de fin de décharge

tension spécifiée, en circuit fermé, pour laquelle la décharge d'un élément ou d'un système de batterie est terminée

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.3 modifié – «batterie» a été remplacé par «système de batterie».]

3.1.4

tension nominale

valeur approchée appropriée d'une tension, utilisée pour désigner ou identifier la tension d'un élément ou d'un système de batterie

Note 1 à l'article: Le fabricant de l'élément et/ou du système de batterie peut fournir la tension nominale.

Note 2 à l'article: La tension nominale d'un système de batterie de n éléments connectés en série est égale à n fois la tension nominale de l'élément individuel.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.4, modifié – «identifier l'élément» a été remplacé par «identifier la tension d'un élément» et la «batterie» a été remplacée par «système de batterie»]

3.1.5

capacité assignée

valeur de la capacité d'un élément ou d'un système de batterie d'accumulateur déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: La capacité assignée représente la quantité d'électricité C_n Ah (ampères-heures) déclarée par le fabricant, qu'un élément individuel ou une batterie peut restituer en n h après charge, repos et décharge, dans les conditions spécifiées en 6.3.1 de l'IEC 62620:2014. n est égal à 5 pour un élément ou une batterie à régime de décharge de types E, M et H.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modifié – «batterie» a été remplacé par «système de batterie» et ajout de la Note 1 à l'article.]

3.1.6

état de charge

SOC

capacité de charge disponible, normalement exprimée en pourcentage de la capacité totale par une expression spécifique telle que définie à l'Annexe A de l'IEC 62864-1:2016

Note 1 à l'article: L'abréviation «SOC» est dérivée du terme anglais développé correspondant «State Of Charge».

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.13, modifié – «tel qu'exprimé dans les normes pertinentes» a été remplacé par «par une expression spécifique telle que définie à l'Annexe A de l'IEC 62864-1:2016» et la Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.1.7

élément

élément d'accumulateur au lithium

élément d'accumulateur dont l'énergie électrique provient des réactions d'insertion/d'extraction d'ions lithium ou des réactions d'oxydo-réduction du lithium entre l'électrode négative et l'électrode positive

Note 1 à l'article: L'élément comprend typiquement un électrolyte qui est généralement constitué d'un composé de sel de lithium et de solvant organique sous forme liquide, gel ou solide et possède un boîtier en métal ou en stratifié. Il est impropre à l'utilisation pour une application, car il n'est pas encore équipé de son habillage final, ni de ses bornes et de dispositif de contrôle électronique.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.6]

3.1.8

bloc d'éléments

groupe d'éléments connectés ensemble en parallèle avec ou sans dispositif de protection (fusible ou CTP, par exemple) et circuit de surveillance

Note 1 à l'article: Il est impropre à l'utilisation pour une application, car il n'est pas encore équipé de son habillage final, ni de ses bornes et de dispositif de contrôle électronique.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.7]

3.1.9

groupe batteries/module

dispositif de stockage de l'énergie, composé d'un ou plusieurs éléments reliés électriquement

Note 1 à l'article: Dans le présent document, un module est similaire à un groupe batteries.

Note 2 à l'article: Il comporte un boîtier de protection et est équipé de bornes ou d'un autre arrangement d'interconnexion.

Note 3 à l'article: Il inclut au moins un circuit de surveillance, qui fournit des informations (la tension ou température d'un élément, par exemple) à un système de batterie.

Note 4 à l'article: Il peut inclure un dispositif de protection et un circuit de commande.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.9, modifié – «/module» a été rajouté dans le terme et «ou module» a été supprimé dans la définition. La Note 1 à l'article a été divisée en Notes 2 à 4 à l'article. La Note 1 à l'article a été rajoutée.]

3.1.10

branche d'accumulateurs

ensemble de groupes batteries/modules connectés ensemble en série et/ou en parallèle, dont la tension est égale à celle du système de batterie et qui est le sous-système le plus petit pouvant être isolé électriquement

Note 1 à l'article: L'isolation électrique est effectuée au moyen de dispositifs de sectionnement (contacteurs, appareillages de connexion, disjoncteurs, etc.).

Note 2 à l'article: Une branche d'accumulateurs peut être contenue dans une ou plusieurs enveloppes.

3.1.11

système de batterie

système qui inclut un ou plusieurs éléments, modules ou groupes de batteries, notamment un système de gestion de batterie et un système de gestion thermique, ainsi que des dispositifs de sectionnement et/ou d'isolement, p. ex. contacteurs, sectionneurs, fusibles, etc.

Note 1 à l'article: Voir Figure 2, Figure 3 et Figure A.1 à Figure A.4.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.10, modifié – la définition a été modifiée après «groupes de batteries». La Note 1 à l'article a été remplacée.]

3.1.12

véhicule hybride

véhicule qui peut stocker l'énergie dans un système de stockage embarqué de l'énergie (ESS) et qui est entraîné grâce à l'utilisation de l'énergie stockée et de la puissance électrique produite par une génératrice ou des lignes aériennes

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.14]

3.1.13

sécurité

absence de risque intolérable

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:2014, 3.14]

3.1.14

danger

source potentielle de dommages

[SOURCE: IEC 60050-903:2013, 903-01-02, modifié – Les Notes à l'article 1, 2 et 3 ont été supprimées.]

3.1.15

utilisation prévue

utilisation conformément aux informations données avec un produit ou un système, ou à défaut de ces informations, conformément aux modèles communes d'utilisation

Note 1 à l'article: L'utilisation prévue peut inclure un schéma opérationnel convenu entre le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

[SOURCE: Guide ISO/IEC 51:2014, 3.6, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.16

fuite

perte visible d'électrolyte liquide

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.13]

3.1.17

échappement de gaz

libération de pression interne excessive d'un élément, d'un module, d'un groupe batteries ou d'un système de batterie obtenue par conception, de manière à prévenir la rupture ou l'explosion

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.14]

3.1.18

rupture

défaillance mécanique d'un bac d'élément ou d'un boîtier de batterie induite par une cause interne ou externe, qui conduit à une exposition des matériaux ou à l'échappement de liquide, mais non à une éjection de matériaux

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.15]

3.1.19

explosion

défaillance qui se produit lorsqu'un bac d'élément ou un boîtier de batterie s'ouvre violemment et que les composants solides sont éjectés de manière violente

Note 1 à l'article: La libération de liquide, de gaz et/ou de fumée n'est pas considérée comme une explosion.

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.16, modifié – La Note 1 à l'article a été modifiée.]

3.1.20

feu

émission de flammes d'un élément, d'un groupe de batteries/module ou d'un système de batterie

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.17, modifié – «d'un module, d'un groupe de batteries» a été remplacé par «groupe de batteries/module».]

3.1.21

tension de charge limite supérieure de l'élément

tension de charge la plus élevée dans la région de fonctionnement de l'élément du point de vue de la sécurité, spécifiée par le fabricant de l'élément

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.19, modifié – «du point de vue de la sécurité» a été rajouté après «de l'élément».]

3.1.22

tension maximale du système de batterie

tension la plus élevée du système de batterie, où la tension maximale de chaque élément est inférieure à la tension de charge limite supérieure de l'élément, telle que définie en 3.1.21, et où chaque composant fonctionne dans sa plage de fonctionnement spécifiée/admise dans toutes les conditions de fonctionnement

3.1.23**tension de charge limite inférieure de l'élément**

tension de décharge la plus basse dans la région de fonctionnement de l'élément du point de vue de la sécurité, spécifiée par le fabricant de l'élément

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.22, modifié – «dans la région ... de la sécurité» a été rajouté.]

3.1.24**tension minimale du système de batterie**

tension la plus basse du système de batterie, où la tension minimale de chaque élément est supérieure à la tension de décharge limite inférieure de l'élément, telle que définie en 3.1.23, et où chaque composant fonctionne dans sa plage de fonctionnement spécifiée/admise dans toutes les conditions de fonctionnement

3.1.25**courant de charge maximum**

courant de charge la plus élevée dans la région de fonctionnement de l'élément du point de vue de la sécurité, spécifié par le fabricant de l'élément

[SOURCE: IEC 62619:2017, 3.20, modifié – «maximale» a été remplacé par «la plus élevée», «qui est» a été remplacé par «du point de vue de la sécurité».]

3.1.26**courant de décharge maximum**

courant de décharge le plus élevé dans la région de fonctionnement de l'élément du point de vue de la sécurité, spécifié par le fabricant de l'élément

3.1.27**système de stockage de l'énergie****ESS**

système physique constitué d'une ou de plusieurs unités de stockage de l'énergie (ESU), ainsi que d'autres équipements exigés pour le raccordement à la liaison à courant continu (p. ex.: convertisseurs, systèmes de commande et de surveillance, bobines d'inductance, appareils de protection, systèmes de refroidissement, etc.)

Note 1 à l'article: L'abréviation «ESS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Energy Storage System».

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.22]

3.1.28**unité de stockage de l'énergie****ESU**

équipement physique constitué d'une technologie de stockage de l'énergie, notamment un système de batterie de traction au lithium-ion dans le contexte de le présent document

Note 1 à l'article: L'équilibrage de l'alimentation de traction entre les ESU est une fonction système de niveau supérieur.

Note 2 à l'article: L'abréviation «ESU» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Energy Storage Unit».

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.20, modifié – «technologie» est complété par «système de batterie de traction au lithium-ion», «Norme» a été remplacée par «document» et la Note 2 à l'entrée a été modifiée.]

3.1.29

système de gestion de batterie

BMS

système associé à un groupe batteries qui surveille et/ou gère son état, déconnecte ou isole le groupe batteries, calcule les données secondaires, communique les données à l'extérieur du système de batterie et/ou contrôle son environnement de manière à influencer la sécurité, les performances et/ou la durée en service de la batterie

Note 1 à l'article: La fonction du BMS peut être attribuée au groupe batteries ou au matériel qui utilise le groupe batteries.

Note 2 à l'article: Ses fonctions incluent le contrôle thermique.

Note 3 à l'article: L'abréviation «BMS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Battery Management System».

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.11, modifié – «électronique» a été supprimé, «déconnecte ou isole le groupe batteries» a été rajouté, «signale ces données» a été remplacé par «communique les données à l'extérieur du système de batterie» et «et possède les fonctions de coupure ...» a été supprimé. La Note 2 à l'article a été remplacée.]

3.1.30

système de gestion thermique de batterie

BTMS

système associé à un groupe batteries qui surveille et/ou gère son comportement thermique afin de maintenir la température du groupe batteries dans la plage prévue pour le profil de charge convenu entre le chargé d'intégration et les fabricants de systèmes de batteries

Note 1 à l'article: L'abréviation «BTMS» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Battery Thermal Management System».

3.1.31

exploitant

organisme qui exploite le système de traction, y compris l'ESS

Note 1 à l'article: En règle générale, l'exploitant est un organisme qui exploite le véhicule équipé du système de traction, à moins que la responsabilité ne soit déléguée à un contractant ou un consultant principal.

[SOURCE: IEC 61377:2016, 3.4, modifié – «(voir la Figure 3)» a été supprimé et «y compris l'ESS» a été rajouté.]

3.1.32

chargé d'intégration

organisme qui a la responsabilité technique du système de traction complet, y compris l'ESS

Note 1 à l'article: Le chargé d'intégration peut être l'exploitant, le constructeur du train ou le fabricant d'un système de traction, voire aucun d'entre eux.

3.1.33

fabricant

organisme qui a la responsabilité technique pour son contrat de fourniture

Note 1 à l'article: Le fabricant peut être le constructeur du train ou le chargé d'intégration système d'un système de traction, un fabricant d'élément, etc. Si nécessaire, la distinction entre «fabricant du système de traction», «fabricant du système de batterie» et «fabricant de l'élément» sera faite de manière explicite.

3.1.34**schéma opérationnel**

définition par l'exploitant et/ou les constructeurs visant à satisfaire aux besoins des opérations incluant les auxiliaires (p. ex: cycle de service, charges auxiliaires, marge de sécurité de la teneur en énergie, mode dégradé, etc.)

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, il s'agit du schéma opérationnel au niveau du véhicule.

[SOURCE: IEC 62824-1:2016, 3.1.19 modifié – la Note 1 à l'article a été rajoutée.]

3.1.35**profil de charge**

quotient de la puissance électrique et du moment d'occurrence pour illustrer la variation du charge à un intervalle de temps donnée

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le profil de charge est défini aux bornes du système de batterie.

[SOURCE: IEC 60050-617:2009, 617-04-05 modifié – «courbe représentante» a été supprimé. La Note 1 à l'article a été rajoutée.]

3.1.36**fin de vie****EOL**

point où le système de batterie ne peut pas satisfaire à la fonctionnalité ou au schéma opérationnel exigé, initialement convenu entre l'exploitant/le chargé d'intégration et les fabricants

Note 1 à l'article: La résistance interne ou la capacité peut être utilisée comme paramètre de la fin de vie.

Note 2 à l'article: L'abréviation «EOL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «End Of Life».

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.15, modifié – «l'utilisateur» a été remplacé par «l'utilisateur / le chargé d'intégration». La Note 1 à l'article a été rajoutée.]

3.1.37**début de vie****BOL**

point où le système de batterie possède la capacité assignée ou l'énergie entièrement disponible au titre des performances minimales à la livraison par le fabricant

Note 1 à l'article: L'abréviation «BOL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «Beginning Of Life».

[SOURCE: IEC 62864-1:2016, 3.1.16, modifié – «l'ESU» a été remplacé par «le système de batterie».]

3.1.38**temp mort de batterie**

durée de temps pour laquelle le système de batterie n'est pas en mode traction

Note 1 à l'article: Le temps mort inclut le temps d'arrêt, la maintenance, repos au dépôt, transport, etc., en condition «éteinte» ou «allumée».

3.2 Termes abrégés

AC (Alternating current)	Courant alternatif
BMS (Battery Management System)	Système de gestion de batterie
BOL (Beginning Of Life)	Début de vie
BTMS (Battery Thermal Management System)	Système de gestion thermique de batterie
DC (Direct current)	Courant direct

EOL (End Of Life)	Fin de vie
ESS (Energy Storage System)	Système de stockage de l'énergie
ESU (Energy Storage Unit)	Unité de stockage de l'énergie
IP (International protection)	Protection internationale
PPS (Primary Power Source)	Source d'alimentation primaire
PTC (Positive temperature coefficient)	Coefficient de température positive
SOC (State Of Charge)	Etat de charge
SOE (State of energy)	Etat d'énergie
SOH (State Of Health)	Etat de santé

4 Configuration du système de batterie

4.1 Système de batterie

Le système de batterie se compose d'éléments de batterie, de blocs d'éléments, de groupes batteries et de sous-systèmes (BMS, BTMS, etc.). Il existe plusieurs possibilités de configuration d'un système de batterie. Les sous-systèmes peuvent se trouver à l'extérieur du boîtier de la batterie, dans un convertisseur de traction par exemple.

Le boîtier de la batterie est l'unité du système de batterie directement accessible par l'exploitant. Le système de batterie peut être divisé en plusieurs boîtiers de batteries (plusieurs enveloppes mécaniques).

Dans certains boîtiers de batteries, les éléments peuvent ne pas être inclus (p. ex.: BMS séparé).

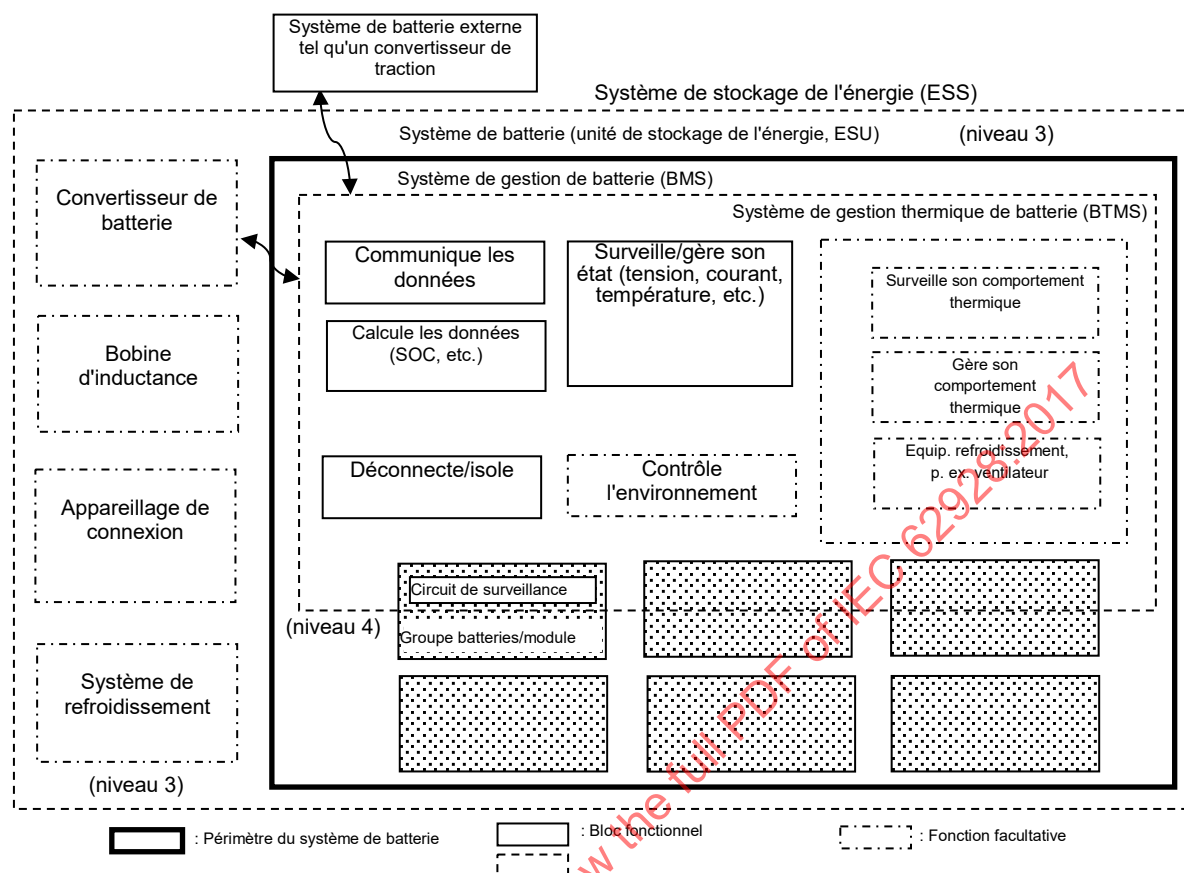
Se reporter à la Figure 4 de l'IEC 62864-1:2016 pour un exemple de configuration, où l'ESU est un composant d'un ESS au sein du système hybride série d'un matériel roulant.

La configuration fonctionnelle du système de batterie est représentée à la Figure 2.

L'application d'un système de gestion de batterie (BMS) est obligatoire. Au contraire, l'application d'un système de gestion thermique de batterie (BTMS) est facultative.

Le niveau est défini conformément à l'IEC 62864-1:2016.

- a) niveau 1: interface véhicule/système;
- b) niveau 2: systèmes et interfaces;
- c) niveau 3: composants; et
- d) niveau 4: sous-composants.



IEC

Figure 2 – Bloc fonctionnel du système de batterie

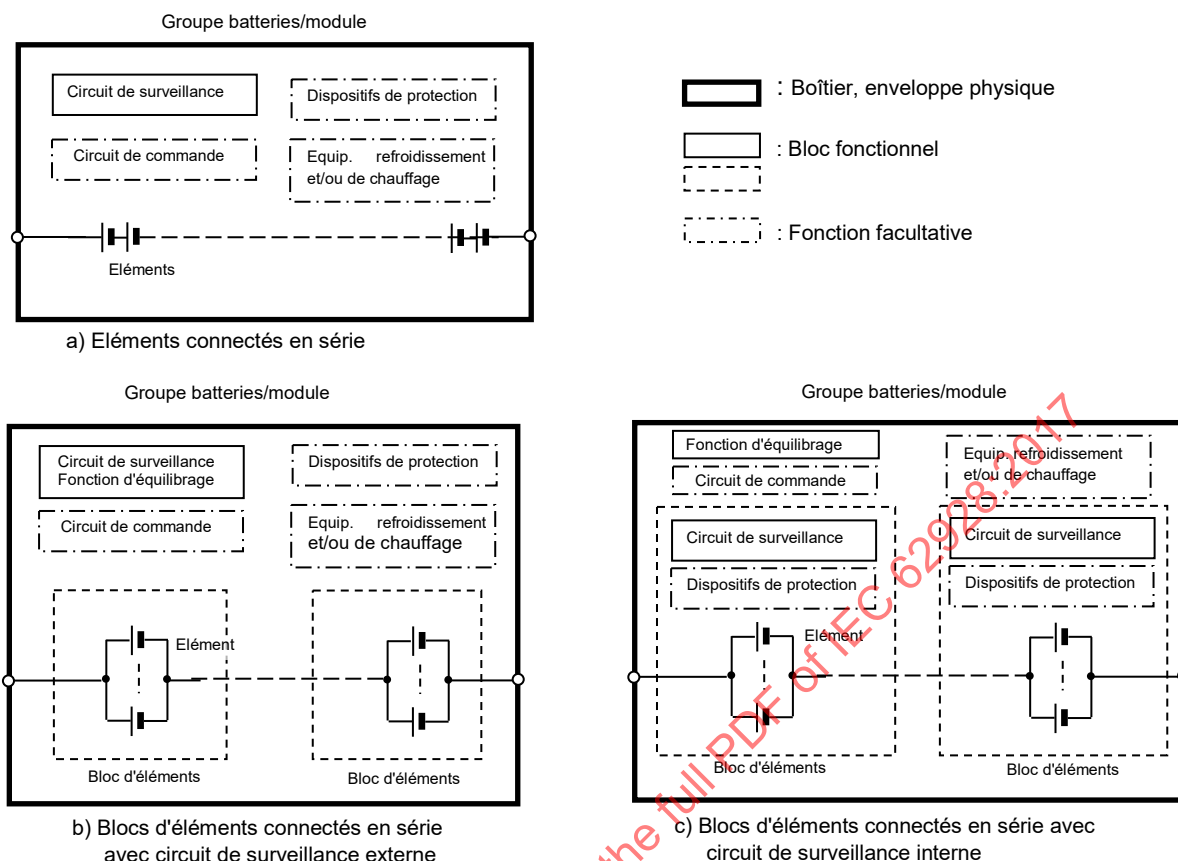
Les exemples de configuration du système de batterie sont décrits à l'Annexe A.

4.2 Groupe batteries/module

La configuration fonctionnelle de l'élément, du bloc d'éléments et du groupe batteries/module est représentée à la Figure 3. Certaines fonctions incluent des éléments.

Le circuit de surveillance, qui surveille l'état des éléments (tension, courant, température, etc.) et fournit les informations au BMS, est obligatoire pour le groupe batteries.

Le circuit de commande et les dispositifs de protection peuvent être inclus en tant que fonctions facultatives.



IEC

Figure 3 – Illustration des définitions d'élément, de bloc d'éléments et groupe batteries/module

4.3 Système de gestion de batterie (BMS)

Le système de gestion de batterie (BMS) est un sous-système, qui permet un fonctionnement en toute sécurité et une performance optimisée du système de batterie.

Le BMS assure plusieurs fonctions:

- surveiller la tension de chaque élément ou de chaque bloc d'éléments;
- surveiller le courant de chaque bloc d'éléments ou de chaque branche de batterie;
- surveiller la température des éléments représentatifs;
- déconnecter ou isoler les groupes batteries et les branches d'accumulateurs si des paramètres de fonctionnement anormaux sont détectés;
- calculer l'état de charge (SOC), etc., à partir des données obtenues par la fonction de surveillance;
- communiquer les données obtenues à l'extérieur du système de batterie;

NOTE 1 Dans le cas de systèmes dotés de fonctions de sécurité autonomes, une perte de communication temporaire de courte durée est acceptée pour les intervalles prévus, sous réserve d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie, et documentée.

- gérer les éléments ou les groupes batteries/modules afin d'équilibrer la tension ou le SOC;

NOTE 2 L'équilibrage de l'alimentation de traction entre les ESU est une fonction système de niveau supérieur.

- contrôler éventuellement les conditions ambiantes à l'intérieur du système de batterie, par exemple la climatisation (température, humidité), etc., ce qui peut inclure le BTMS.

Dans certains cas, une partie des fonctions du BMS peuvent être intégrées à d'autres systèmes (convertisseur de traction, unité de commande du véhicule, module passif d'équilibrage de batterie, etc.).

4.4 Système de gestion thermique de batterie (BTMS)

Le système de gestion thermique de batterie (BTMS) est un sous-système facultatif qui permet de maintenir la température du groupe batteries/module afin de réaliser les performances et la durée de vie définies conformément au schéma opérationnel spécifié.

Si nécessaire, la plage de températures peut être convenue entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

Le BTMS peut assurer les fonctions suivantes:

- surveiller la température des éléments, du milieu de refroidissement, de l'air ambiant, etc.;
- contrôler les ventilateurs de refroidissement et/ou les appareils de chauffage;
- communiquer les données du BTMS à l'extérieur du système.

L'équipement de refroidissement (ventilateurs de refroidissement, etc.) peut être installé à l'intérieur du boîtier de batterie, à l'extérieur du boîtier de batterie ou au sein du système de refroidissement de traction, etc.

5 Tolérances de mesure relatives aux paramètres

La précision globale d'un appareil de mesure spécifique pour les essais du système de batterie décrits dans le présent document, par rapport aux valeurs spécifiées ou réelles, doit respecter les tolérances suivantes spécifiées dans l'IEC 62620:2014, Article 4:

- a) $\pm 0,5 \%$ pour la tension;
- b) $\pm 1 \%$ pour le courant;
- c) $\pm 2 \text{ K}$ pour la température;
- d) $\pm 0,1 \%$ pour la durée;
- e) $\pm 1 \%$ pour les dimensions.

Ces tolérances comprennent la précision globale combinée des appareils de mesure, des techniques de mesure utilisées et de toutes les autres sources d'erreur liées à la procédure d'essai.

Pour choisir les appareils de mesure analogiques, se reporter à l'IEC 60051. Les appareils utilisés doivent être consignés en détail dans chaque rapport de résultats.

Les précisions susmentionnées doivent s'appliquer, à moins que d'autres niveaux de précision globale soient définis dans les paragraphes des essais individuels décrits dans le présent document.

6 Conditions de fonctionnement

6.1 Généralités

Les conditions de service relatives aux équipements électriques du matériel roulant sont définies dans l'IEC 60077-1. Les conditions spéciales, qui diffèrent des conditions de l'IEC 60077-1, sont définies dans les normes de produit correspondantes.

Les principales conditions extraites de l'IEC 60077-1 et les conditions spécifiques au système de batterie sont décrites de 6.2 à 6.6.

Les autres normes applicables au matériel roulant sont répertoriées dans la bibliographie.

6.2 Conditions mécaniques

Le système de batterie doit résister aux chocs et vibrations spécifiés dans l'IEC 61373.

NOTE Les conditions et la résistance des soudures sont d'une qualité conforme aux normes applicables.

6.3 Conditions d'environnement

6.3.1 Généralités

Sauf spécification contraire, les conditions d'environnement sont données dans l'IEC 62864-1:2016, l'IEC 60077-1 et l'IEC 62498-1:2010.

6.3.2 Température ambiante

Sauf spécification contraire, la température T1 comprise entre $- 25^{\circ}\text{C}$ et $+ 40^{\circ}\text{C}$ dans l'IEC 62498-1:2010 doit s'appliquer.

La température ambiante correspond à la température de l'air à l'extérieur du matériel roulant.

Le cas échéant, une température de fonctionnement inférieure et/ou supérieure en dehors de la plage indiquée ci-dessus doit être spécifiée par l'exploitant/le chargé d'intégration.

6.3.3 Température à l'intérieur de l'enveloppe de la batterie

Sauf spécification contraire, les composants situés à l'intérieur de l'enveloppe de la batterie doivent être conçus pour fonctionner dans les plages de températures indiquées dans la colonne (2) ou la colonne (3) du Tableau 2 de l'IEC 62498-1:2010.

6.3.4 Température pour le calcul de la durée de vie

Sauf spécification contraire, la température TR1 de l'IEC 62498-1:2010, Tableau 3 doit s'appliquer pour le calcul de la durée de vie. La température correspond à la température en plein air. Pour le système de batterie installé dans l'enveloppe, l'échauffement de l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être évalué en tenant compte des conditions de refroidissement (BTMS en fonctionnement, etc.).

Si un histogramme des températures ambiantes est fourni par l'exploitant ou le chargé d'intégration, il doit être utilisé. L'histogramme des températures peut être discuté et convenu entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

6.4 Conditions électriques

6.4.1 Circuits de traction

Les plages de tensions du système de batterie connecté aux circuits de traction, de manière directe ou indirecte, doivent satisfaire à l'IEC 60850. Des tensions autres que celles répertoriées dans l'IEC 60850 peuvent être utilisées sous réserve d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

Les tensions des circuits de traction connectés à la PPS embarquée doivent se fonder sur les spécifications de la PPS.

6.4.2 Circuits de commande

La tension de commande doit être conforme à l'IEC 60077-1 dans le cas, où l'alimentation des circuits de commande du système de batterie provient de l'extérieur du système de batterie.

Dans le cas où des circuits électroniques sont utilisés dans le système de batterie pour le BMS, les exigences spécifiées dans l'IEC 60571 doivent s'appliquer.

6.4.3 Coordination de l'isolement

Les distances d'isolement, les lignes de fuite et les tensions d'essai diélectrique sont spécifiées dans l'IEC 62497-1. L'essai diélectrique destiné au matériel est décrit dans l'IEC 60077-1.

6.5 Compatibilité électromagnétique (CEM)

La norme commune de CEM destinée au matériel roulant et aux appareils (IEC 62236-3-2) doit s'appliquer au système de batteries.

6.6 Logiciel

La validation et l'architecture du logiciel du BMS doivent satisfaire aux normes ferroviaires communes IEC 62279 et IEC 62278:2002.

7 Désignation et marquage

7.1 Plaque d'identification

Les plaques d'identification doivent être placées sur la surface du système de batterie ou de chaque boîtier de batterie démontable afin qu'elles soient facilement visibles et accessibles. La plaque d'identification ne doit pas se démonter ou s'effacer facilement.

NOTE Pour un boîtier de batterie, voir 4.1.

La plaque d'identification doit mentionner les informations obligatoires suivantes:

- lithium-ion ou li-ion (pièce concernée, le cas échéant);
- nom ou identification du fabricant;
- mois et année de fabrication (la date peut être indiquée, si possible);
- numéro de série unique pour un système de batterie complet (les boîtiers démontables doivent comporter un numéro de série unique individuel);
- désignations (voir 7.2);
- tension nominale (pièce concernée, le cas échéant);
- capacité assignée ou capacité assignée calculée (voir dernier alinéa) (pièce concernée, le cas échéant);
- poids;
- type de refroidissement;
- niveau de révision (le cas échéant);
- numéro de composant pour un système de batterie complet ou les composants démontables.

Si l'évaluation est effectuée par des essais sur l'unité démontée d'un système de batterie, elle doit être indiquée en tant que capacité assignée et doit correspondre à la somme calculée selon une méthode raisonnable.

7.2 Désignations des éléments et du système de batterie

Les éléments doivent être désignés sous la forme suivante:

$A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/A_4/TLTH/Nc$

Se reporter à l'IEC 62620:2014, 5.2.

Le groupe batteries/module et le système de batterie doivent être désignés sous la forme suivante:

$A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/[S_1]A_4/TLTH/Nc$

Se reporter à l'IEC 62620:2014, 5.3.

7.3 Marquage

7.3.1 Généralités

Les marquages permanents doivent être appliqués sur une surface visible et non amovible (en tenant compte de l'environnement hostile des voies ferrées) sur les produits correspondants.

7.3.2 Groupe batteries/module et éléments

Les informations relatives au groupe batteries/module et aux éléments doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62620:2014, 5.1.

7.3.3 Autres composants

Les plaques d'identification ou les marquages des autres composants tels que BMS, contacteur, ventilateur de refroidissement, etc., doivent satisfaire aux exigences des normes de produit correspondantes.

7.3.4 Informations supplémentaires

Le cas échéant, il convient d'indiquer les informations suivantes:

- polarité (borne) (peut être ignorée si une autre méthode est utilisée pour garantir une connexion correcte);
- numéro de câblage, etc.

Les informations suivantes doivent être incluses dans le manuel ou dans les documents d'instructions, si elles ne sont pas marquées sur le système de batterie ou sur les boîtiers de batteries:

- méthode de calcul de la capacité assignée;
- mise en garde appropriée (y compris les instructions de mise au rebut);
- instructions de charge recommandées.

Pour les marquages de sécurité, voir 8.2.

8 Exigences de sécurité

8.1 Considérations générales de sécurité

Le fabricant du système de batterie doit fournir des recommandations concernant la manipulation du groupe batteries/module en toute sécurité, étant donné qu'il subsiste toujours des tensions élevées aux bornes des batteries.

Les exigences de sécurité relatives aux éléments, groupes batteries/modules et systèmes de batteries sont données dans l'IEC 62619:2017.

La spécification et la vérification des exigences de sécurité doivent être conformes à l'IEC 62278.

La protection contre les chocs électriques doit satisfaire à l'IEC 61991.

Il convient au minimum d'examiner les dangers potentiels suivants:

- a) feu;
- b) éclatement/explosion;
- c) fuite d'électrolyte d'un élément;
- d) échappement continu de gaz inflammables et/ou toxiques;
- e) rupture du boîtier de batterie avec exposition des composants internes.

8.2 Symboles de sécurité

8.2.1 A l'extérieur du boîtier de la batterie

Il convient au minimum de placer les symboles de sécurité suivants sur l'extérieur du boîtier de la batterie, conformément à l'ISO 7010. Les détails sont soumis à un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie:

Symboles de mise en garde:

- W012 – Danger; électricité
- W026 – Danger; charge de la batterie en cours

Symboles d'interdiction:

- P003 – Flammes nues interdites; feu et source d'allumage non protégée interdits, Interdiction de fumer.

Il convient que les signaux supplémentaires fassent l'objet d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. Par exemple, «Interdiction de marcher sur la surface» si le système de batterie est installé sur le toit.

8.2.2 A l'intérieur du boîtier de la batterie

Il convient de réfléchir à la mise en place des symboles de sécurité suivants à l'intérieur du boîtier de la batterie, conformément à l'ISO 7010. Les détails sont soumis à un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie:

Symboles de mise en garde:

- W012 – Danger; électricité
- W026 – Danger; charge de la batterie en cours
- W002 – Danger; matières explosives

Symboles d'interdiction:

- P003 – Flammes nues interdites; feu et source d'allumage non protégée interdits, Interdiction de fumer

Symboles d'action obligatoire:

- M002 – Lire le manuel/la notice d'instructions
- M004 – Lunettes de protection obligatoires
- M009 – Gants de protection obligatoires
- M010 – Vêtements de protection obligatoires

Si les symboles de sécurité sont fixés sur le coffre ou le châssis, ils peuvent être en noir et blanc ou en couleurs.

8.3 Isolation pour la maintenance ou le service

L'isolation du système de batterie aux fins de maintenance ou d'entretien doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

8.4 Protection contre le feu

Une batterie lithium-ion possède une teneur énergétique élevée dans un volume relativement petit. L'électrolyte étant inflammable dans la plupart des cas, des considérations particulières doivent être prises en termes de sécurité incendie.

La liste suivante est une liste non exhaustive d'exemples de mesures d'atténuation possibles:

- envelopper le système de batterie dans un châssis métallique;
- utiliser un détecteur d'incendie et/ou un détecteur de fumée;
- utiliser des aspirateurs de fumée, etc.

Des mesures de protection contre le feu doit être envisagée conformément aux pratiques nationales en vigueur. Les lois et réglementations nationales applicables en matière de protection contre les incendies sont répertoriées dans l'IEC 62864-1:2016, Annexe C.

9 Dimensions

Les dimensions des composants du système de batterie, tels que le groupe batteries/module ou le boîtier de la batterie, doivent respecter les tolérances convenues entre l'exploitant/le chargé d'intégration et les fabricants des systèmes de batteries.

Les dimensions des bornes et des points de fixation doivent respecter les tolérances spécifiées dans les dessins.

10 Exigences électriques

10.1 Plage de tensions de service du système de batterie

La plage de tensions du système de batterie doit être spécifiée en se fondant sur les exigences d'application et l'architecture du système de traction.

Les tensions de service minimale et maximale doivent être spécifiées par le chargé d'intégration en tenant compte de la tension minimale et maximale du système de batterie. Les tensions minimale et maximale du système de batterie doivent être fournies par le fabricant du système de batterie.

10.2 Courant d'ondulation

Le niveau du courant d'ondulation et le champ des fréquences fondamentales doivent être spécifiés et convenus entre le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie.

10.3 Régulation de la charge et de la décharge du système de batterie

La régulation du système de batterie doit être conforme à l'IEC 62619:2017 et à l'IEC 62620:2014 afin de garantir que chaque élément demeure dans sa région de fonctionnement (tension, courant et température).

NOTE Pour la région de fonctionnement de l'élément, voir Annexe C de l'IEC 62619:2017.

10.4 Communication

Il existe différents dispositifs de communication entre le système de batterie et le système externe (p. ex. système de traction, système de commande du véhicule); il convient que le choix de la méthode de communication fasse l'objet d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. La communication interne entre les sous-systèmes du système de batterie peut différer du type de réseau de communication utilisé dans le train.

10.5 Démarrage du système de batterie désactivé

Le système de batterie doit être considéré comme désactivé dans les cas suivants:

- pas de tension aux bornes du système de batterie après le temps de délai défini; ou
- pas de communication avec le BMS; ou
- le BMS envoie des signaux d'état désactivé du système de batterie.

NOTE L'absence de tension aux bornes du système de batterie peut survenir à cause des procédures de démarrage internes, des conditions environnementales, etc. La reconnexion du système de batterie peut se produire après un temps de délai défini par l'intégrateur et le fabricant du système de batterie.

Les conditions détaillées des cas susmentionnés doivent faire l'objet d'un accord entre le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. Dans le cas où le système de batterie est désactivé, il n'est pas recommandé de continuer à l'utiliser, par exemple en cas de décharge excessive, etc.

Toutefois, en cas d'urgence, la possibilité d'ignorer l'état désactivé envoyé par le BMS peut être considérée. Il convient que cette opération fasse l'objet d'un accord entre l'exploitant/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie et soit documentée.

En l'absence de documentation concernant l'utilisation du système de batterie lorsqu'il est à l'état désactivé, il convient que l'exploitant s'adresse au chargé d'intégration ou au fabricant du système de batterie.

10.6 Etat d'isolement

L'état d'isolement du système de batterie entre les bornes et le boîtier de la batterie (sous la responsabilité du fabricant du système de batterie) ou la caisse du véhicule (sous la responsabilité du chargé d'intégration) constitue une mesure de sécurité importante. Il convient de vérifier ou de surveiller l'état d'isolement, comme la résistance d'isolement par exemple.

Ces opérations peuvent être réalisées périodiquement de manière automatique ou en inspectant visuellement l'intérieur du système de batterie.

La surveillance automatique peut être une option pour un système d'alimentation de traction en courant continu.

Il convient d'utiliser la surveillance automatique pour un système d'alimentation de traction en courant alternatif et pour les véhicules dont la caisse est isolée de la terre, comme les véhicules montés sur pneus par exemple.

10.7 Système de gestion de la batterie (BMS)

Le BMS doit disposer des fonctions et des options choisies en 4.3.

Le champ admissible de déséquilibre, qui est mesuré comme la différence de tension et/ou SOC de tous les éléments au sein d'un ESU, doit être convenu entre le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. Le BMS doit garder les éléments au sein d'un ESU (voir la Figure 3) en équilibre durant l'exploitation, par exemple pendant les heures d'exploitation, après ou durant les temps morts du système de batterie.

11 Exigence mécanique

11.1 Intégration mécanique

L'intégration de l'élément, du groupe batteries et du système de batterie doit être examinée de sorte que l'électrolyte, le fluide de refroidissement ou les gaz ne soient pas relâchés ou ne s'échappent pas de manière incontrôlée.

11.2 Chocs et vibrations

Les chocs et vibrations doivent satisfaire aux conditions mécaniques en 6.2.

NOTE Les conditions de soudage et les limites d'endurance sont réalisées en fonction des normes pertinentes. Par exemple pour les pays européens se référer à la série EN 15085.

11.3 Degré de protection

Le degré de protection doit être choisi parmi ceux qui sont définis dans l'IEC 60529.

L'exigence d'IP doit être remplie au moins au niveau d'intégration mécanique le plus élevé, par exemple le boîtier de batterie, le boîtier du convertisseur de traction incluant une partie du système de batterie (voir Annexe A), etc.

12 Exigence en matière de performance

12.1 Méthode de calcul de l'énergie et de la puissance de conception

12.1.1 Généralités

L'application du matériel roulant exige les performances suivantes:

- conception à grande puissance;
 - à l'accélération du train, une décharge de grande puissance est exigée;
 - au freinage par récupération, une charge de grande puissance est exigée;
 - à la station de charge, une charge de grande puissance est exigée;

- conception à haute énergie;

Si les systèmes de batteries constituent la seule source d'énergie utilisée pour les systèmes consommant de l'énergie sur une période de temps prolongée, par exemple l'alimentation auxiliaire et de traction, une capacité à haute énergie est exigée.

Les différentes exigences de calibrage sont les suivantes:

- conditions spéciales ou rares, p. ex. conditions de surcharge, qui ne se répètent pas régulièrement;
- conditions normales, lorsque le matériel roulant est exploité sur un profil d'itinéraire habituel.

Ces exigences relatives au système embarqué de stockage de l'énergie sont décrites dans les spécifications système ou dans la norme au niveau système de l'IEC 62864-1:2016.

12.1.2 Calibrage

Les systèmes de batteries doivent être calibrés conformément aux profils de fonctionnement exigés (p. ex. exploitation normale, conditions de surcharge, décharge de longue durée, température basse ou élevée), y compris la fin de vie (EOL). Il est donc nécessaire de définir clairement les différents profils et leur répétition quotidienne prévue (avec possibilité d'ajouter des conditions spéciales). Il convient de noter que ces profils dépendent de l'application et/ou des saisons (p. ex. variations hiver/été/mi-saison, en particulier lorsque les auxiliaires de confort représentent une grande partie du profil d'exploitation).

Le calibrage est essentiel dans la mesure où le système de batterie peut remplir sa fonction sans dépasser son utilisation prévue (ce qui implique une perte de disponibilité opérationnelle et l'activation des dispositifs de sécurité et de protection, si nécessaire).

L'exploitant spécifie les profils d'exploitation du matériel roulant en se basant sur le temps, la vitesse, les charges, les arrêts, les gradients, les conditions d'environnement, etc.

Le chargé d'intégration doit ensuite définir les spécifications exigées, par exemple le profil de charge, la réserve en énergie, etc., par rapport au profil de fonctionnement. Ces spécifications doivent être utilisées aux fins de vérification de l'essai du système de batterie.

Le fabricant du système de batterie doit proposer le calibrage du système de batterie, par exemple les tolérances de fabrication, le champ admissible de déséquilibre, le comportement de vieillissement, etc. Le courant de fonctionnement calculé conformément au schéma opérationnel spécifié par le chargé d'intégration doit être fourni par le fabricant du système de batterie. Le fabricant du système de batterie doit prendre en compte la région de fonctionnement de l'élément, par exemple le courant de charge maximum et le courant de décharge maximum de l'élément.

Conformément au symbole défini dans l'IEC 62864-1:2016, l'alimentation positive au niveau du système de batterie est définie comme correspondant à l'accélération du train (l'énergie est extraite du système de batterie pour accélérer ou alimenter les auxiliaires, par exemple), alors que l'alimentation négative au niveau du système de batterie correspond à une décélération (et à la récupération d'énergie dans le système de batterie). Le symbole est utilisé pour dessiner un profil de charge.

12.1.3 Documentation

Les résultats des calculs et des simulations de calibrage doivent être documentés dans un rapport. Le rapport doit contenir au minimum:

- les données clés du système de batterie: type, capacité et quantité d'éléments, architecture électrique telle qu'elle a été définie initialement par le chargé d'intégration;
- la description du comportement du système de batterie au cours d'une exploitation prévue, avec indication de la conformité aux conditions demandées (p. ex. tension minimale) pour chaque segment de profil de charge dans leur ordre d'occurrence;
- les conditions d'environnement (p. ex. températures de charge et de décharge) et les facteurs de détarage.

12.2 Exigence de refroidissement/chauffage

La température ambiante exigée pour le véhicule ferroviaire indiquée en 6.3.2 peut différer de la température admise des éléments. Des températures d'éléments non uniformes peuvent également être constatées. Dans ce cas, des méthodes adéquates de régulation thermique (p. ex.: refroidissement ou chauffage) des éléments doivent être mises en œuvre dans le système de batterie. L'exigence de refroidissement/chauffage doit être proposée par le fabricant du système de batterie.

La consommation d'énergie du BTMS doit être calculée par le fabricant du BTMS en se fondant sur la température du calcul de la durée de vie en 6.3.4.

12.3 Performance de fin de vie

L'ESU doit réaliser le profil de fonctionnement jusqu'à ce qu'il atteigne la fin de vie, comme défini dans le dimensionnement du système de batterie convenu entre l'utilisateur/le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. Se référer à l'IEC 62864-1:2016, 6.7.

NOTE L'état de santé (SOH) est un des chiffres qui permet d'évaluer l'état de l'ESU. Il existe plusieurs approches pour définir le SOH (paramètres et/ou méthodes d'évaluations, etc.). Plusieurs paramètres d'influence (capacité, résistance interne, durabilité mécanique, etc.) et conditions de fonctionnement (température, réserve de SOE, etc.) existent. Ces paramètres et conditions de fonctionnement seront définis par le fabricant de la batterie, le chargé d'intégration et l'exploitant en utilisant une mise à l'échelle de pourcentage selon des paramètres ayant fait l'objet d'un accord.

Par exemple:

- en fin de vie, l'état de santé est défini sur 0 % et est associé au profil de charge. Lorsque que le schéma opérationnel ne peut pas être obtenu, la valeur de 0 % est atteinte. Le système de batterie pourrait continuer à disposer d'une capacité utile pour une autre application;
- en début de vie, l'état de santé est défini sur 100 % et est associé à la capacité assignée, comme indiqué sur la plaque d'identification et/ou la résistance initiale interne en courant continu ou en courant alternatif (voir 14.2.1).

13 Conditions d'entreposage et de transport

13.1 Transport

Il convient que les systèmes de batteries soient accompagnés d'un manuel, conformément aux normes en vigueur dans le pays respectif.

NOTE 1 Pour les pays européens, l'EN 50272-2 s'applique.

NOTE 2 Pour les Recommandations des Nations Unies relatives au transport des marchandises dangereuses, le Manuel d'épreuves et de critères, 5e édition révisée, partie III, section 38.3 – Réf. ST/SG/AC.10/11/rev.5,amd.1 (UN 38.3) s'applique.

13.2 Entreposage des systèmes de batteries

Le fabricant du système de batterie doit spécifier la méthode d'entreposage recommandée dans le manuel.

13.3 Auto-décharge

En particulier pour les applications ferroviaires, la mise en service du matériel roulant peut être précédée ou suivie d'une longue période d'entreposage ou de transport. Le système de batterie doit être apte à la mise en service et l'exploitation.

La conservation de la charge des éléments, réduite par l'auto-décharge, est spécifiée dans l'IEC 62620:2014, 6.4.

Les composants additionnels, comme la fonction d'équilibrage du BMS, augmentent le taux d'auto-décharge du système de batterie. Le fabricant du système de batterie doit spécifier des

recommandations pour le système de batterie afin de garantir un transport en toute sécurité ainsi qu'une exploitation appropriée après une longue période d'entreposage et/ou de transport avant l'installation sur le matériel roulant et la mise en service.

NOTE Les recommandations se trouvent dans l'UN 38.3.

Il convient que l'exploitant définisse la période qui s'écoule entre la mise en service et la livraison du matériel roulant construit sur le site de l'exploitant et le démarrage de son exploitation commerciale, et que cette période soit prise en compte lors de la conception du système de batterie.

Le fabricant du système de batterie doit définir un équipement de maintenance supplémentaire, un logiciel, une procédure, etc., dans le cas d'un entreposage de longue durée.

14 Essais

14.1 Types d'essais

14.1.1 Généralités

Les conditions de l'essai de type doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant de l'élément et le fabricant du système de batterie afin de valider la conception et les performances du système de batterie. Cet essai doit être effectué conformément au 14.1.2.

Les essais individuels de série sont effectués pour vérifier que chaque système est correctement assemblé, et que tous les composants et le système fonctionnent de façon sûre et appropriée. Cet essai doit être effectué conformément au 14.1.2.

Si un essai individuel de série est effectué pour tous les éléments ou groupes batteries/modules, il n'est pas nécessaire de répéter le même essai à un niveau différent, sauf si un accord a été convenu entre le fabricant de l'élément et le fabricant du système de batterie et/ou le chargé d'intégration.

La liste des essais dans le Tableau 1 n'est pas exhaustive. D'autres essais peuvent être réalisés en cas d'accord entre le fabricant des éléments et le fabricant des systèmes de batterie et/ou le chargé d'intégration, si nécessaire.

14.1.2 Catégories d'essais

Les essais sont répertoriés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Liste des essais

Objet de l'essai	Type d'essai		Numéro de paragraphe
	Essai de type	Essai individuel de série	
Essais électriques			
Essais de caractéristiques électriques			14.2.1
a) caractéristiques de décharge à 25 °C	C et B	C ou B ^a	14.2.1
b) caractéristiques de décharge à basse température	C	-	14.2.1
c) courant admis à régime élevé	C	-	14.2.1
d) conservation de la charge et récupération	C	-	14.2.1
e) résistance interne en courant alternatif	C	-	14.2.1
f) résistance interne en courant continu	C et B	B	14.2.1
g) endurance en cycles	C	-	14.2.1
Essais du système de gestion de batterie (BMS)			14.2.2
Essai de performance	B	-	14.2.3
Endurance en cycles	C	-	14.2.4
Essai d'endurance en cycles (général)	C	-	14.2.4.2
Essai d'endurance en cycles (grande puissance)	C	-	14.2.4.3
Essai diélectrique	B	B	14.2.5
Essai d'auto-décharge	B	-	14.2.6
Essai d'équilibre opérationnel	B	-	14.2.7
Essais mécaniques			
Apparence physique	B ^c	B ^c	14.3.1
Mesure de la masse	B	-	14.3.2
Essai de chocs et de vibrations	B	-	14.3.3
Essai du degré de protection	B	-	14.3.4
Essais de sécurité			
Essai de sécurité selon l'IEC 62619			14.4.1
Essais de sécurité du produit			14.4.1.2
a) essai de court-circuit externe	C	-	14.4.1.2
b) essai de choc	C	-	14.4.1.2
c) essai de chute	C et B	-	14.4.1.2
d) essai de température excessive	C	-	14.4.1.2
e) essai de surcharge	C	-	14.4.1.2
f) essai de décharge forcée	C	-	14.4.1.2
g) considération relative au court-circuit interne	Soit:	-	
– essai de court-circuit interne, ou	C	-	14.4.1.2
– essai de propagation	B	-	14.4.1.2
Essais de sécurité fonctionnelle			14.4.1.3
a) contrôle de surcharge de la tension	B	-	14.4.1.3
b) contrôle de surcharge du courant	B	-	14.4.1.3
c) contrôle de surchauffe	B	-	14.4.1.3
Essais spéciaux pour le matériel roulant			14.4.2
Symboles de sécurité	B	-	14.4.2.2