

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems –

Part 5: Lithium-ion batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire –

Partie 5: Batteries lithium-ion

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems –

Part 5: Lithium-ion batteries

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire –

Partie 5: Batteries lithium-ion

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20

ISBN 978-2-8322-7369-2

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
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms.....	10
4 General requirements	11
4.1 Architecture of an auxiliary battery system in the train	11
4.2 Definitions of components of a battery system	12
4.3 Definitions of battery type	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Designations for cells and battery system	14
4.4 Environmental conditions	14
4.4.1 Battery system.....	14
4.4.2 Battery pack/module	14
4.5 System requirements	14
4.5.1 System voltage	14
4.5.2 Charging requirements	15
4.5.3 Discharging requirements	16
4.5.4 Charge retention (self-discharge).....	17
4.5.5 Requirements for battery capacity sizing.....	17
4.6 Safety and protection requirements.....	18
4.6.1 General	18
4.6.2 Deep discharge of batteries	18
4.6.3 Temperature related parameters for charge	18
4.6.4 Exceptional use case of the battery system	18
4.7 Fire protection	18
4.8 Maintenance	19
4.9 Charging characteristics	19
4.10 Battery management system (BMS)	19
5 Mechanical design of battery system	19
5.1 General.....	19
5.2 Interface mechanism.....	20
5.2.1 General	20
5.2.2 Fixed type.....	20
5.2.3 Roller type	20
5.2.4 Slide type	20
5.3 Location of battery system on the vehicle.....	20
5.4 Accessibility to the battery	20
5.5 Ventilation and air flow management of the battery	20
6 Electrical interface.....	21
6.1 General.....	21
6.1.1 General overview.....	21
6.1.2 Electrical interface for shore supply (optional)	22
6.2 External electrical connections interface	23
6.3 Control and communication.....	23

6.4	Maintenance	23
7	Markings.....	23
7.1	Safety signs	23
7.1.1	Outside the box	23
7.1.2	Tray, crate or other places inside the box	23
7.1.3	Cells or battery pack/modules.....	24
7.2	Nameplate	24
7.2.1	Battery box	24
7.2.2	Nameplates on tray or other nameplates inside the box	24
7.2.3	Cells or battery pack/modules.....	24
8	Storage and transportation conditions.....	24
8.1	Transportation	24
8.2	Storage of batteries	24
9	Testing	25
9.1	General.....	25
9.2	Parameter measurement tolerances.....	27
9.3	Type and routine tests	27
9.3.1	General	27
9.3.2	Electrical characteristics tests	27
9.3.3	Dielectric test	28
9.3.4	Self-discharge test.....	28
9.3.5	Operational balancing test	29
9.3.6	Mechanical tests.....	30
9.3.7	Load profile test.....	31
9.3.8	Endurance in cycles.....	31
9.3.9	Battery management system (BMS) tests	31
9.3.10	Safety tests	31
Annex A (informative)	Declaration of the representative cell/module for tests.....	33
A.1	Electrical performance test cell	33
A.2	Shock and vibration test cell	33
A.3	Electrical performance test module	33
A.4	Shock and vibration test module	33
Bibliography		34
Figure 1	– Typical integration of an auxiliary battery system in the energy distribution architecture.....	12
Figure 2	– Typical hierarchy of the auxiliary battery system	13
Figure 3	– Example of discharge curves at various constant discharge currents based on percentage of capacity	15
Figure 4	– Examples of charge curves	15
Figure 5	– Example schematic of an auxiliary battery system.....	21
Figure 6	– Example of an auxiliary battery system circuit layout with shore supply connections	22
Figure 7	– Illustration of self-discharge test.....	29

Table 1 – Requirements of the charging characteristics	16
Table 2 – Parameters and responsibility for battery capacity sizing.....	17
Table 3 – Type test and routine test.....	25

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –
BATTERIES FOR AUXILIARY POWER SUPPLY SYSTEMS –****Part 5: Lithium-ion 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.

IEC 62973-5 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
9/2974/FDIS	9/2995/RVD

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

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

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

A list of all parts in the IEC 62973 series, published under the general title *Railway applications – Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems*, can be found on the IEC website.

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – BATTERIES FOR AUXILIARY POWER SUPPLY SYSTEMS –

Part 5: Lithium-ion batteries

1 Scope

This part of IEC 62973 applies to lithium-ion batteries for auxiliary power supply systems used on rolling stock. This document specifies the requirements of the characteristics and tests for the lithium-ion cells, and supplements IEC 62973-1 which is applied to any rolling stock types (e.g. light rail vehicles, tramways, streetcars, metros, commuter trains, regional trains, high speed trains, locomotives, etc.).

Unless otherwise specified in this document, the requirements of IEC 62973-1 apply.

This document specifies the requirements of the interface between battery system including BMS and the converter.

This document is used in conjunction with generic IEC 62619 (safety requirements) and IEC 62620 (performance requirements) of lithium-ion cells and batteries used in industrial applications. This document specifies the requirements for railway rolling stock applications.

Such batteries for auxiliary power supply systems are also sometimes used for:

- occasional traction power for shunting in depot, or for rescue or emergency mode such as stop on third rail gaps;
- peak power shaving and engine starting.

If the nominal battery voltage exceeds the voltage specified in Table 1 of IEC 62973-1:2018, then IEC 62928 applies to the battery.

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 60077-1:2017, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

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

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1991

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 62619:2022, *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 – Large format secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications*

IEC 62928:2017, *Railway applications – Rolling stock – Onboard lithium-ion traction batteries*

IEC 62973-1:2018, *Railway applications Rolling stock – Batteries for auxiliary power supply systems – Part 1: General requirements*

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 62973-1:2018, and the following apply.

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

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

NOTE 1 In case there is the same term and definition in IEC 62973-1:2018, then the definition given in this document applies.

NOTE 2 All typical battery related descriptions are defined in IEC 60050-482.

3.1.1

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]

3.1.2

cell block

group of cells connected together in parallel configuration with or without protective devices (e.g. fuse or PTC device) 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, modified – The word "device" has been added after "PTC" in the definition.]

3.1.3

battery pack module

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

Note 1 to entry: It incorporates a protective housing and be provided with terminals or other interconnection arrangement.

Note 2 to entry: It includes at least monitoring circuitry, which provides information (e.g. cell voltage, temperature) to a battery system.

Note 3 to entry: It may include a protective device and control circuitry.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.9, modified – The term "battery module" has been replaced with "battery pack" and "module", in the definition, "temperature sensor" has been replaced with "PTC" and notes to entry added.]

3.1.4

rated capacity

<of the battery> capacity value 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 IEC 62620:2014, 6.3.1. n is 5 for an E, M and H discharge rate type cell or battery. n is 8, 10, 20 or 240 for an S discharge rate type battery.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.5, modified – domain <of the battery> added, "of a cell or battery" deleted from the definition, and in Note 1 to entry, IEC 62620:2014 has been added.]

3.1.5

battery system

<for a lithium-ion battery> 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 in IEC 62928:2017.

[SOURCE: IEC 62928:2017, 3.1.11, modified – domain <for a lithium-ion battery> added.]

3.1.6

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 function includes thermal control.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.11, modified – "electronic" has been deleted, "disconnects or isolates 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.]

3.1.7

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

Note 1 to entry: BTMS is optional to control environmental conditions inside the battery system, e.g. air conditioning (temperature, humidity, etc.).

[SOURCE: IEC 62928:2017, 3.1.30, modified – Note to entry added.]

3.1.8

emergency mode

operating situation of rolling stock when primary power is not available

3.1.9

exceptional use case

situation exceeding the worst case of an agreed load profile

3.1.10

end user

organization which operates the lithium-ion battery system

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

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.11, modified – "lithium-ion" inserted.]

3.1.11

system integrator

organization which has the technical responsibility of the complete lithium-ion battery system including BMS and charging system

Note 1 to entry: The system integrator can be the end user or the train manufacturer, or neither of them.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.12, modified, – "lithium-ion" and "including BMS" inserted.]

3.1.12

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 battery system, a cell manufacturer, etc. If necessary to explicitly distinguish, "train manufacturer", "battery system manufacturer" or "cell manufacturer" is specified.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.13, modified, – In the Note to entry, "is expressed" has been replaced with "is specified".]

3.2 Abbreviated terms

AC	Alternating Current
APU	Auxiliary Power Unit
DC	Direct Current
DOD	Depth of Discharge
FEA	Finite Element Analysis
LRU	Line Replaceable Unit
LVPS	Low Voltage Power System

PTC Positive Temperature Coefficient

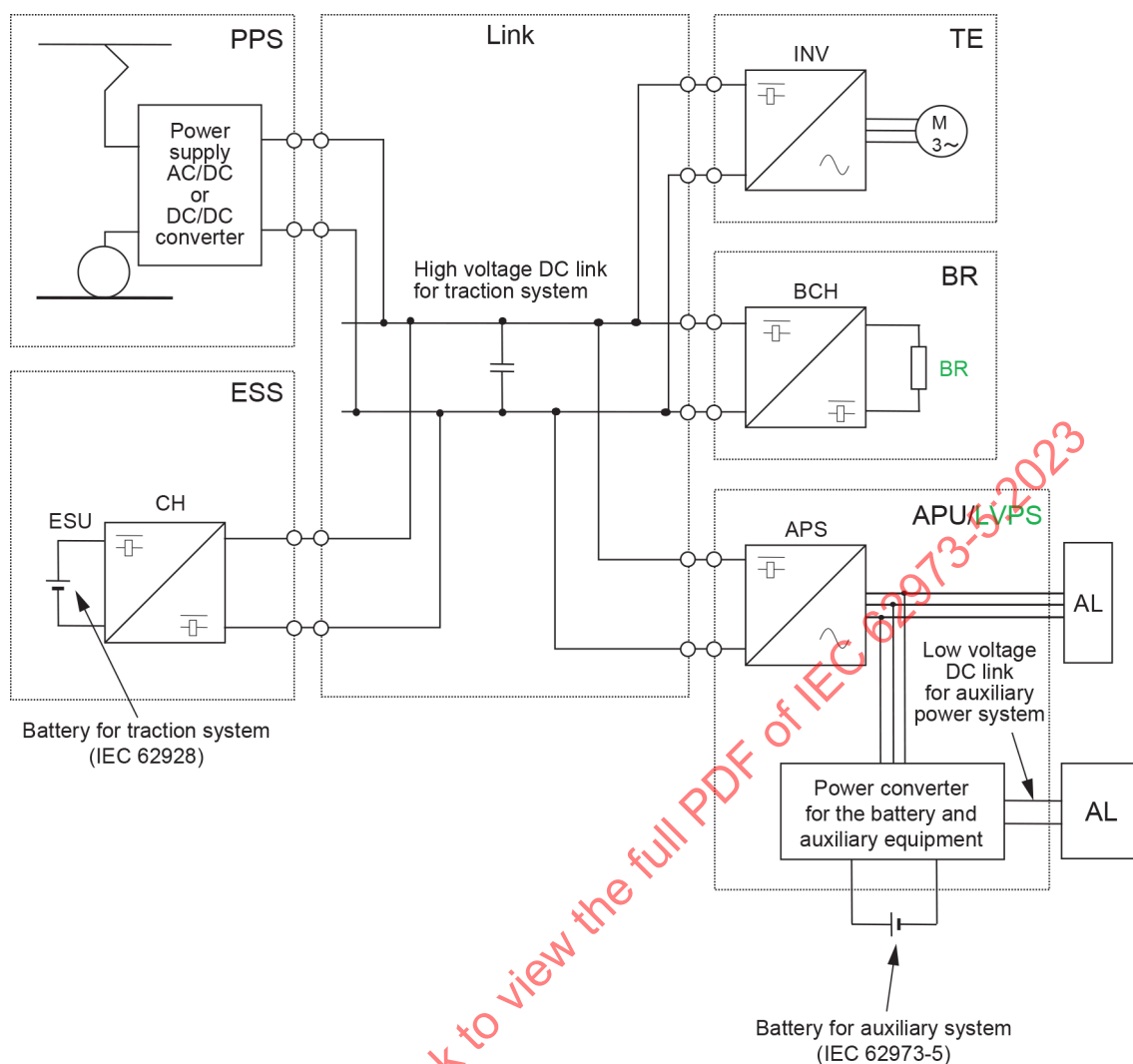
SOC State of Charge

4 General requirements

4.1 Architecture of an auxiliary battery system in the train

Typical architecture of an auxiliary battery system including its integration into the train system is shown in Figure 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023



Key

AL	Auxiliary load
APS	Auxiliary power supply
APU	Auxiliary power unit
AUX	Auxiliary system
BCH	Brake chopper
BR	Brake resistor
CH	Chopper converter
ESS	Energy storage system
ESU	Energy storage unit
INV	Inverter
LVPS	Low voltage power system
PPS	Primary power source
TE	Traction equipment

Figure 1 – Typical integration of an auxiliary battery system in the energy distribution architecture

4.2 Definitions of components of a battery system

Figure 2 shows typical hierarchy of the auxiliary battery system. Images are examples of the level of integration of cells, battery packs/modules, trays and battery boxes.

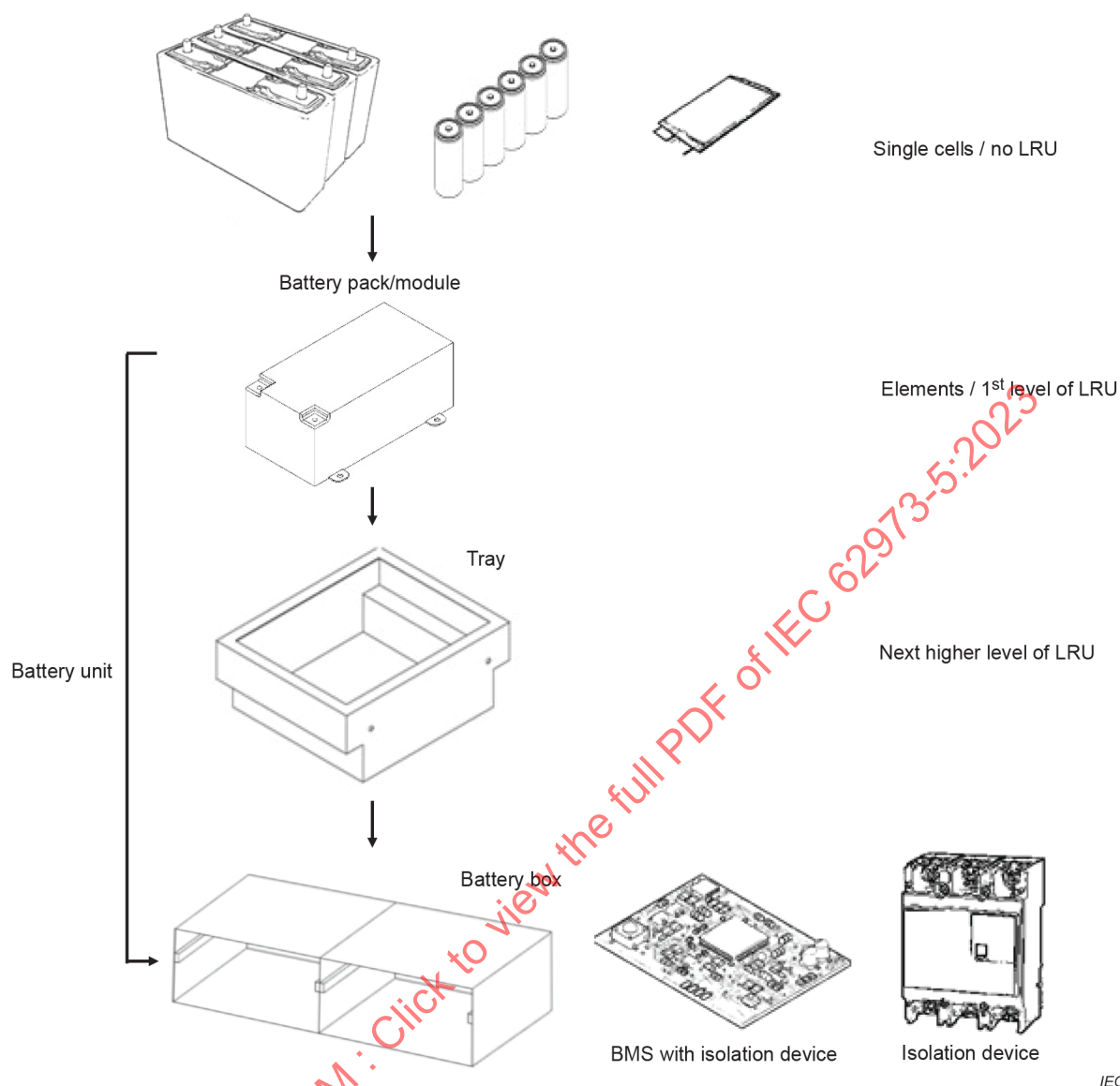


Figure 2 – Typical hierarchy of the auxiliary battery system

Some batteries can include some of the above components, e.g. battery packs/modules may be installed in a battery box without a tray.

4.3 Definitions of battery type

4.3.1 General

A battery system consists of a number of cells, cell blocks or battery pack/modules that are assembled in trays and then assembled in a battery box. Each cell contains electrolyte and stacked, wound or folded positive electrode(s), negative electrode(s) and separators. The electrodes are connected to positive and negative terminals that are accessible on the outside of the cell container.

Secondary lithium cells may contain multiple types of lithium compounds which result in different properties, performances and operational parameters. Different types of cells shall not be mixed together in same battery without formal approval from the battery system manufacturer and cell manufacturer.

4.3.2 Designations for cells and battery system

The cells shall be designated as follows:

- $A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/A_4/TLTH/NC$

Details of this form are found in IEC 62620:2014, 5.2.

The battery pack/module and the battery system shall be designated as follows:

- $A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/[S_1]A_4/TLTH/NC$

Details of this form are found in IEC 62620:2014, 5.3.

4.4 Environmental conditions

4.4.1 Battery system

The battery has to ensure an appropriate function for the given requirements including exceptional use case with respect to safety, lifetime, chargeability and discharge performance. The battery shall not be operated outside specified environmental limit conditions of the specific cell and battery system.

The cells or battery packs/modules in the battery box shall be protected during use against environmental conditions as described in IEC 62498-1. During transportation, UN 38.3 applies.

The deviations may be agreed between cell manufacturer, battery system manufacturer and system integrator and/or end user.

4.4.2 Battery pack/module

Battery pack/modules when integrated in the battery system including BTMS can operate in a range of ambient temperature -25 °C to $+40\text{ °C}$ unless otherwise specified. The cell shall remain in its specified operating region as described in IEC 62619.

The deviations may be agreed between cell manufacturer, battery system manufacturer and system integrator and/or end user.

4.5 System requirements

4.5.1 System voltage

For the system voltage, refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.1.

The battery nominal voltages and the discharge voltages are different. As an example, Figure 3 shows examples of discharges of a cell at different constant discharging currents. These currents are expressed as multiples of I_t A, where $I_t \text{ A} = C_5 \text{ Ah}/1 \text{ h}$. Those curves are dependent on the technology of specific cells and/or their design, and shall be available from the cell manufacturers.

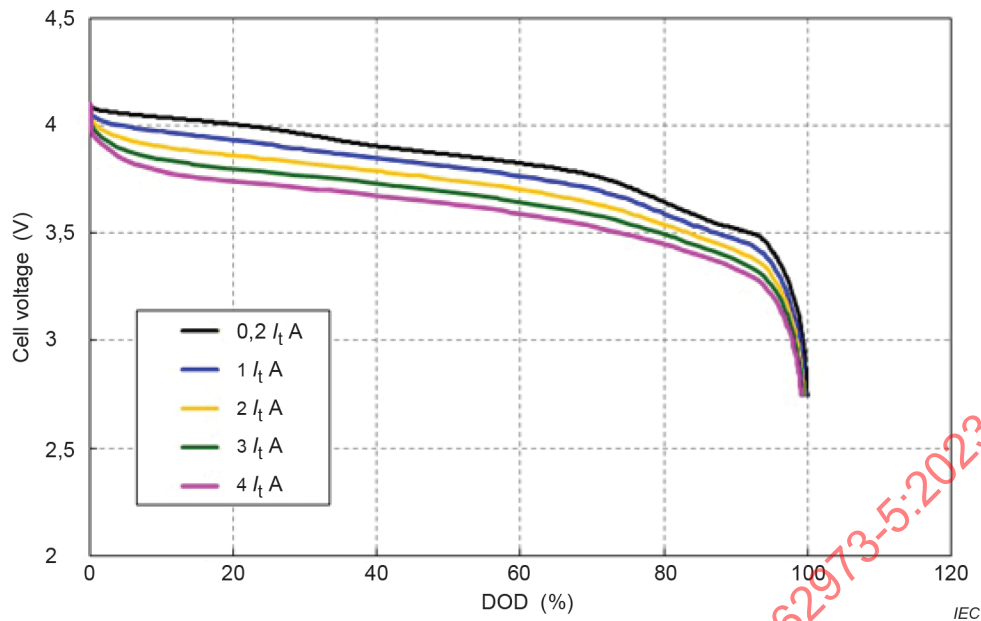
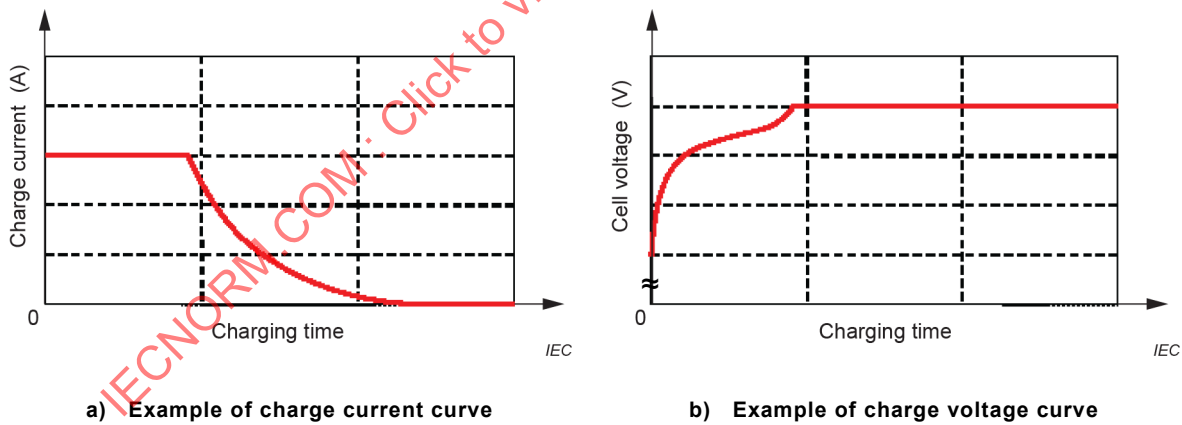


Figure 3 – Example of discharge curves at various constant discharge currents based on percentage of capacity

Figure 4 a) and b) show a typical charge of a cell at constant current charging to the voltage predefined by the cell manufacturer for the initial phase followed by constant voltage charging for the last phase.

Charging curves are also dependent on the technology of specific cells and/or their design, and shall be available from the cell manufacturers.



NOTE The positive sign of current shows the charging condition. This is different from the definition in IEC 62928 for traction purpose.

Figure 4 – Examples of charge curves

4.5.2 Charging requirements

The requirements of the charging characteristics are specified according to Table 1.

Table 1 – Requirements of the charging characteristics

Activity	Requirements
Normal condition	Connected, when operational, to the power converter for the battery and auxiliary equipment and brought to the specified SOC level agreed between battery manufacturer and system integrator.
Charging method	Constant current and constant voltage (CC-CV) method or charging method specified by the battery system manufacturer. Controls shall be present to prevent overcharge (of each cell), overcurrent and over temperature of the battery.
Steady state control tolerance of the battery charge current output at the charging system for CC phase	Tolerance (allowable level of error) of the charge current level vs specified current in steady state conditions during the CC phase. ± 5 % or lower
Steady state control tolerance of the battery charge voltage output at the charging system for CV phase	Tolerance (allowable level of error) of the charge voltage level vs specified voltage in steady state conditions during the CV phase. ± 1 % or lower
Charging voltage ripple	≤ 5 % (according to IEC 60077-1:2017, 8.2.1.8 but with battery disconnected)
Charging current ripple	Refer to IEC 62928:2017, 10.2
Temperature compensation	Refer to 4.6.3
Monitoring temperature	Signal from sensor on cell or module is sent to the BMS and optionally to the BTMS. The power converter for the battery and auxiliary equipment shall operate according to the BMS information.
Over-voltage charging protections	To be present. Refer to 4.6.1 and 4.9

For charging interface, refer to 6.1.

4.5.3 Discharging requirements

4.5.3.1 General

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.3.1.

If there are some specific requirements in lithium ion technology that are different from what IEC 62973-1 specifies, this document applies.

NOTE When applying IEC 62973-1:2018 in this document, "battery" equals "battery system". See 3.1.5.

4.5.3.2 Load profile

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.3.2.

Load profiles of the emergency cases shall be defined.

4.5.3.3 Extended discharge time

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.3.3.

Further use shall not be allowed when any cell within a branch is discharged to a voltage lower than that specified by the cell manufacturer.

4.5.3.4 Low or high temperature performance

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.3.4.

4.5.4 Charge retention (self-discharge)

In railway application, long-duration storage and 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 on the battery system to ensure a safe transport as well as an appropriate operation after a long duration of transportation and/or storage before installation on rolling stock and commissioning shall be provided by the battery system manufacturer.

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

The battery system manufacturer shall define additional maintenance equipment, software, procedures, etc., for long-duration storage.

4.5.5 Requirements for battery capacity sizing

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.4.5.

For battery capacity sizing, values according to Table 2 shall be provided by the responsible party as set out in Table 2.

Table 2 – Parameters and responsibility for battery capacity sizing

Parameters needed for battery sizing	Responsibility for providing the parameters	Values
Load profile (W and/or Ω and/or A)	The system integrator so as to fulfil the requirement of train manufacturer	Load profile cases in W and/or Ω and/or A each over a specified duration period
High and low temperature for sizing to the load profile (°C)	The train manufacturer or in conjunction with the end user	High and low temperature in °C as specified by train manufacturer and train operator, etc. in the environment of the battery system.
Charging voltage for battery system	The battery or cell manufacturer	Number of cells $\times$ required charging voltage per cell
The level of state of charge (SOC) at 25 °C end of charge conditions in operation (%)	The battery or cell manufacturer	Percentage of rated capacity as set out in IEC 62620
Requested cycle capability (number of load profile discharges followed by recharges)	The train manufacturer or in conjunction with the end user	Number of the total cycles (full or partial) and their frequency
Useful battery life at an average annual operating temperature of approximately 20 °C under railway conditions (years)	The battery or cell manufacturer	Years of life duration under typical railway conditions
Ageing factor (%)	The battery or cell manufacturer	Percentage of rated capacity as set out in IEC 62620 DC internal resistance at the start and the end of the useful battery life.

4.6 Safety and protection requirements

4.6.1 General

For safety requirements of cells refer to IEC 62619 and for safety requirements on board refer to IEC 62928:2017, Clause 8.

Appropriate hazard analysis should be performed on system level.

Concerning the battery management system (BMS), refer to 4.10.

The isolation switches operated manually and/or automatically are provided, if requested.

4.6.2 Deep discharge of batteries

Refer to IEC 62973-1:2018, 4.5.2.

When cell polarity reversal or over-discharge followed by recharge occurs, the battery can experience a degradation of performance and venting, smoke and fire. These phenomena can depend on the designs of the cell/battery pack/module and battery system. Deep discharge conditions shall be handled according to the instruction manual prepared by the battery/cell manufacturer.

Exceeding the lower voltage limit specified may be allowed by agreement between cell manufacturers, battery system manufacturers, system integrators, train manufacturers and end users.

4.6.3 Temperature related parameters for charge

Charging parameters at each temperature are different depending on the designs of the cell/battery pack/module and battery system. Battery system integrator shall implement charging parameters defined by cell manufacturers.

4.6.4 Exceptional use case of the battery system

In an exceptional use case in which the battery discharge is necessary, e.g. for passenger safety, the battery may be discharged exceeding normal operating limitations of the cell or battery. The applicable conditions, such as extended temperature and/or voltage limits, for the exceptional use case shall be agreed between the system integrator, the battery system manufacturer and the cell manufacturer in advance. After discharging in such an exceptional use case, reuse of the battery shall not be allowed.

4.7 Fire protection

The fire protection requirements which include flammability resistance, smoke generation and toxicity limits shall be specified by the end user's specification for the standard(s) applicable to the country or region of the intended use of the battery system.

Lithium-ion batteries have high specific energy content and may contain flammable materials. Therefore special consideration for fire safety shall be taken.

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

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

National authorities can have requirements on fire retardant measures. National laws for fire protection are listed in IEC 62864-1:2016, Annex C for information.

National standards and regulations can have requirements on the toxicity of the combustion products.

4.8 Maintenance

Maintenance instructions shall be provided by the battery system manufacturer.

In order to ensure proper battery safety and performance, maintenance instructions of the battery system manufacturer shall be followed. Maintenance activities examples are:

- a) Visual inspections.
- b) Verifications of battery data via the communication line.
- c) Periodical charge during long duration storage, if necessary. The appropriate workshop charger as specified by the battery system manufacturer shall be used.

See further details in 6.4.

4.9 Charging characteristics

Charging characteristics shall be selected in a way to ensure the agreed SOC under normal operating conditions.

Charging method and charging limit at each temperature can be different depending on the designs of the cell/battery pack/module and battery system.

The charging characteristics differ depending on the battery technology and/or design.

The charging parameters shall be provided by battery system manufacturer.

4.10 Battery management system (BMS)

The battery management system (BMS) is a subsystem that provides safe operation and optimizes the performance of the battery system.

The BMS shall have the functions as described in IEC 62928:2017, 4.3.

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

For exceptional use cases, refer to 4.6.4.

5 Mechanical design of battery system

5.1 General

The battery system can include cells, battery pack/modules, trays and battery boxes. See Figure 2.

There are three general aspects that distinguish the mechanical design of a battery system:

- interface mechanism (battery tray to battery box and battery box to vehicle),
- accessibility to the battery,
- location of battery system on the vehicle.

5.2 Interface mechanism

5.2.1 General

Basic types of interface mechanisms of the battery pack/modules and/or trays to the battery boxes are:

- fixed,
- roller,
- slide.

The battery box is normally bolted to the vehicle.

5.2.2 Fixed type

Refer to IEC 62973-1:2018, 5.2.2.

However, the term; "monobloc" in IEC 62973-1 should be read as "battery pack/module".

5.2.3 Roller type

Refer to IEC 62973-1:2018, 5.2.3.

5.2.4 Slide type

Refer to IEC 62973-1:2018, 5.2.4.

5.3 Location of battery system on the vehicle

Refer to IEC 62973-1:2018, 5.3.

In order to preserve service life and safety of the battery, excessively cold and hot locations of the battery should be avoided.

5.4 Accessibility to the battery

Refer to IEC 62973-1:2018, 5.4.

5.5 Ventilation and air flow management of the battery

Lithium-ion cells are sealed, and gases and vapours are not generated during normal charging and discharging. No dedicated air flow system for gas or vapour removal is required.

However, an open air flow system for cooling may be necessary depending on the designs of the cell, battery pack/module and battery system and operating conditions. In some cases, an air flow system shall not be used in order to protect BMS or electronics devices from dust and water.

The air flow and/or cooling system shall be designed to comply with the instructions of the battery/cell manufacturer.

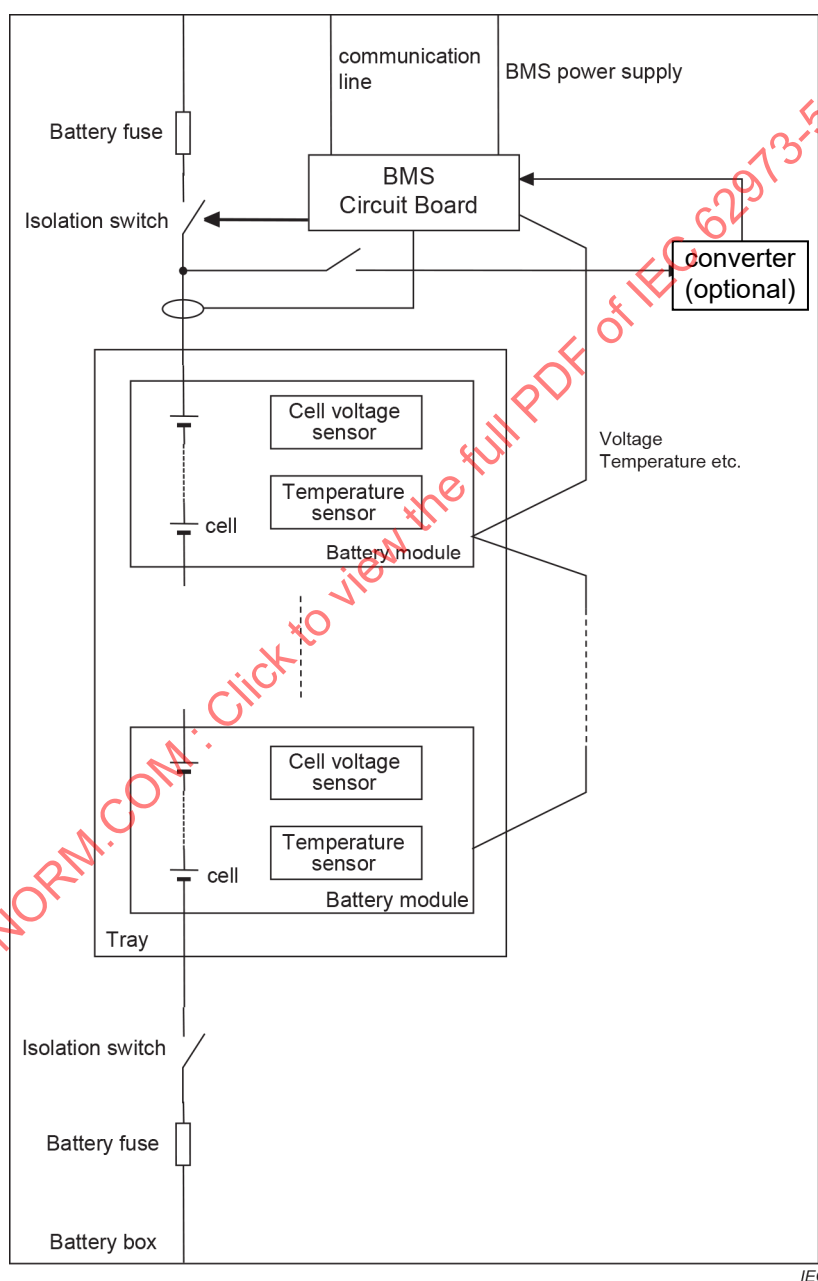
In order to prevent an explosive rupture of a sealed battery box, the presence of an overpressure release valve or safety burst disk or equivalent equipment or devices shall be required.

6 Electrical interface

6.1 General

6.1.1 General overview

The following typical electrical interfaces are shown in Figure 5.



NOTE 1 BMS monitors and controls voltages, temperature information, etc., of each cell or cell block or battery module.

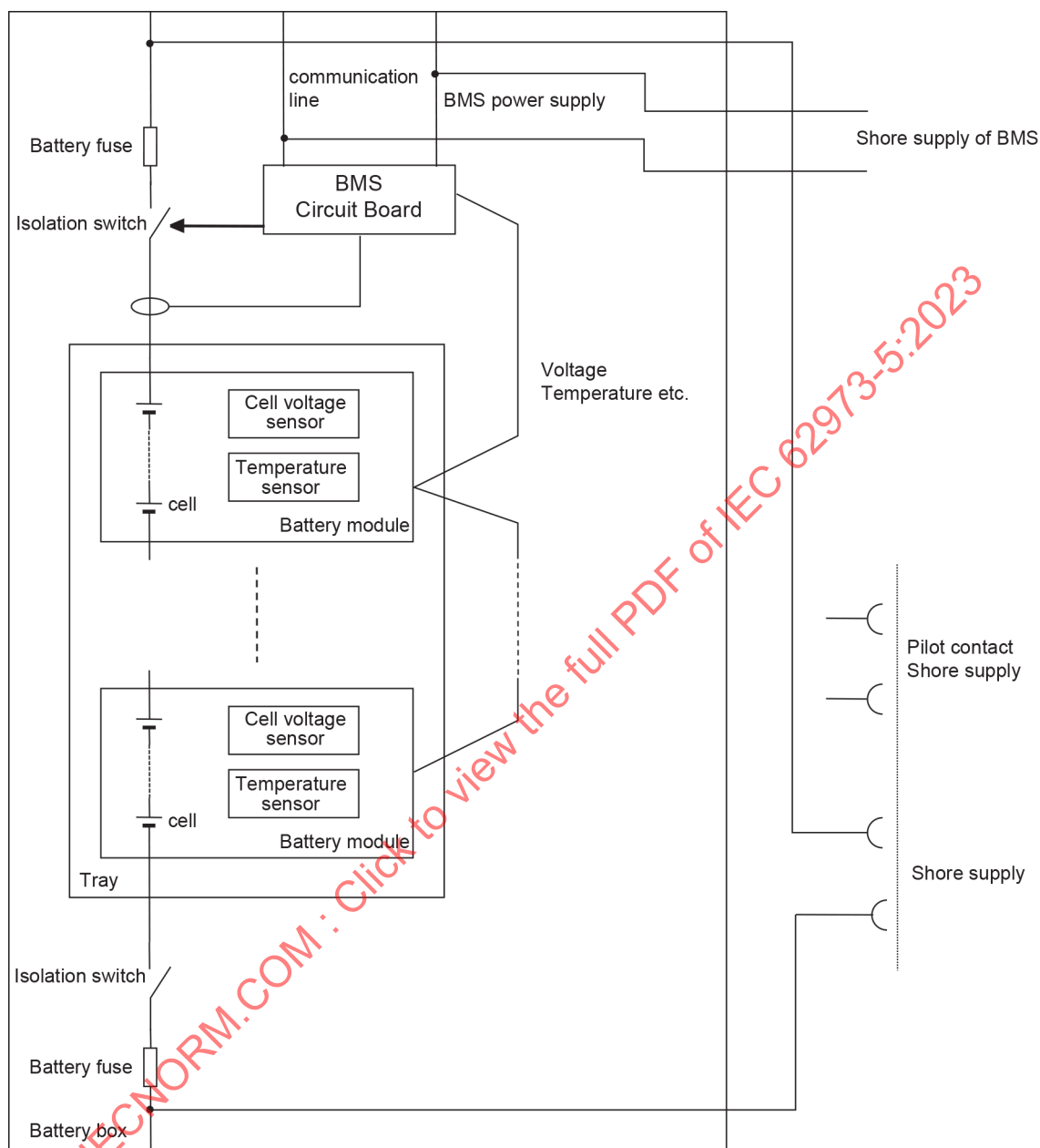
NOTE 2 Current limiting resistor can be inserted in parallel to the isolation switch in order to reduce inrush currents.

NOTE 3 The isolation switches, manually and/or automatically, for safety protection are provided if requested.

Figure 5 – Example schematic of an auxiliary battery system

6.1.2 Electrical interface for shore supply (optional)

Figure 6 describes electrical interface with shore supply connection integrated in the battery.



IEC

NOTE 1 BMS monitors and manages the information of voltages, temperatures, etc., of each cell or cell block or battery module.

NOTE 2 Current limiting resistor can be inserted in parallel to the isolation switch in order to reduce inrush currents.

NOTE 3 The isolation switches, manually and/or automatically, for safety protection are provided if requested.

Figure 6 – Example of an auxiliary battery system circuit layout with shore supply connections

Various configurations of series and parallel connections of cells and battery modules are implemented according to the need of specific design requirements.

For more detailed information refer to IEC 62928:2017, Clause 4 and Annex A.

6.2 External electrical connections interface

Different external electrical connection designs may be used depending on the battery construction and requirements of the train manufacturer or system integrator.

6.3 Control and communication

The required interfaces with the APU, LVPS and train control system should be taken into consideration.

6.4 Maintenance

The design of the battery and its subsystem shall be maintenance friendly. For example, fuses, manual switches, electric boards and contactors should be replaceable without special tools. The mixing of old and new components of the battery system shall be agreed upon in advance with the manufacturer due to possible impacts on safety. The refurbishing of a used battery shall be agreed upon in advance with the original battery system manufacturer.

7 Markings

7.1 Safety signs

7.1.1 Outside the box

As a minimum, the following safety signs according to ISO 7010 shall be placed outside on the battery box.

Manufacturers and users should be responsible for determining the necessary labels.

- Warning signs;
 - a) ISO 7010-W012:2011-05 – "Warning; Electricity",
 - b) ISO 7010-W026:2011-05 – "Warning; Battery charging",
- Prohibition sign;
 - c) ISO 7010-P003:2011-05 – "No open flame; fire, open ignition source and smoking prohibited".

Additional signs should be agreed upon between the user or the integrator and the battery system manufacturer. For example, add "No step", if the battery system is installed on the roof.

7.1.2 Tray, crate or other places inside the box

The following safety signs according to ISO 7010 should be considered to be placed inside the battery box. Additional requirements are subject to agreement between the end user, train manufacturer or system integrator and battery manufacturer:

- Warning signs;
 - a) ISO 7010-W012:2011-05 – "Warning; Electricity",
 - b) ISO 7010-W026:2011-05 – "Warning; Battery charging",
 - c) ISO 7010-W002:2011-05 – "Warning; Explosive material".
- Prohibition sign;
 - d) ISO 7010-P003:2011-05 – "No open flame; fire, open ignition source and smoking prohibited".

- Mandatory action signs;
 - e) ISO 7010-M002:2011-05 – "Refer to instruction manual/booklet",
 - f) ISO 7010-M004:2011-05 – "Wear eye protection",
 - g) ISO 7010-M009:2011-05 – "Wear protective gloves",
 - h) ISO 7010-M010:2011-05 – "Wear protective clothing".

7.1.3 Cells or battery pack/modules

The marking on cells or battery pack/modules shall comply with IEC 62620:2014, 5.1.

7.2 Nameplate

7.2.1 Battery box

Refer to IEC 62973-1:2018, 7.2.1.

7.2.2 Nameplates on tray or other nameplates inside the box

The nameplate on each tray or other nameplates inside the box shall comply with IEC 62620. In the case of multiple trays, the numbering sequence and position should be given either on the trays or in the maintenance manual.

7.2.3 Cells or battery pack/modules

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

8 Storage and transportation conditions

8.1 Transportation

Refer to IEC 62973-1:2018, 8.1 and IEC 62928:2017, 13.1.

NOTE Detailed guidance is available in 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.

8.2 Storage of batteries

For storage of battery conditions, refer to IEC 62973-1.

Battery pack/modules should be stored electrically disconnected from external circuits (e.g., charger, load, etc.) and entered into storage in a SOC not less than 30 % unless otherwise specified by the battery system manufacturer. Furthermore, when storing the batteries for extended time, the battery shall be charged periodically according to maintenance instructions.

Storage at high SOC could accelerate the ageing of the cell. SOC is determined according to the manufacturer's instructions.

To prevent degradation of the battery due to the chemical reaction in lithium-ion batteries, voltages shall be measured periodically and the battery shall be recharged when the voltage decreases below the voltage specified by the cell manufacturer.

9 Testing

9.1 General

The basic standards for the lithium-ion batteries are IEC 62619 and IEC 62620.

If the complete battery system is divided into smaller battery system units, the smaller unit may be tested if the results are representative for the complete battery system.

The manufacturer shall clearly declare the tested unit.

The manufacturer may add functions, which are present in the final battery system, to the tested unit. This should be agreed by the system integrator.

The test procedure and the test parameters shall be specified by the agreement between the end user, train manufacturer, system integrator and battery system manufacturer.

There are the following categories of tests:

- type test;
- routine test.

Previous type tests of cells and/or battery systems carried out under equivalent or more severe conditions may be acceptable if the system integrator and train manufacturer agree.

Tests are specified in 9.3.

Table 3 shows the tests that shall be carried out in the framework of type and routine tests when compliance to this document is claimed.

Table 3 – Type test and routine test

Test item	Test object		Subclause number
	Type test	Routine test	
Electrical tests			
Electrical characteristics tests			9.3.2
a) discharge performance at 25 °C	C and B	C or B ^a	9.3.2
b) discharge performance at low temperature	C	-	9.3.2
c) high rate permissible current	C ^b	-	9.3.2
d) charge retention and recovery	C	-	9.3.2
e) internal AC resistance	C	-	9.3.2
f) internal DC resistance	C and B	B	9.3.2
Battery management system (BMS) tests	B	-	9.3.9
Load profile test	B	-	9.3.7
Endurance in cycles	C	-	9.3.8
Dielectric test	B	B	9.3.3
Self-discharge test	B	-	9.3.4
Operational balancing test	B	-	9.3.5
Mechanical tests			
Physical appearance	B ^c	B ^c	9.3.6.1
Mass measurement	B	-	9.3.6.2

Test item	Test object		Subclause number
	Type test	Routine test	
Shock and vibration test	B	-	9.3.6.3
Test of the degree of protection	B	-	9.3.6.4
Safety tests			
Safety test according to IEC 62619			
Product safety tests			9.3.10.2
a) external short circuit test	C	-	9.3.10.2
b) impact test	C	-	9.3.10.2
c) drop test	C and B	-	9.3.10.2
d) thermal abuse test	C	-	9.3.10.2
e) overcharge test	C	-	9.3.10.2
f) forced discharge test	C	-	9.3.10.2
g) consideration for internal short circuit	Either:	9.3.10.2	
– internal short circuit test	C	-	9.3.10.2
– propagation test	B	-	9.3.10.2
Functional safety tests			9.3.10.3
a) overcharge control of voltage	B	-	9.3.10.3
b) overcharge control of current	B	-	9.3.10.3
c) overheating control	B	-	9.3.10.3
Special tests for rolling stock			9.3.10.4
Safety signs	B	-	9.3.10.4
External short circuit test			9.3.10.4
Combined test	B	-	9.3.10.4
Component test	B or C	-	9.3.10.4
Isolation system	B	-	9.3.10.4
Fire protection	B	-	9.3.10.4
Test of electromagnetic compatibility	B	-	9.3.10.4
NOTE 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			
^a The test object for the routine test for the discharge performance is chosen under agreement between the cell manufacturer and, the battery system manufacturer and/or the integrator.			
^b The test is mandatory for applications which require high power charge and discharge performance.			
^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.			

Test results can be declared by a form shown in Annex A.

9.2 Parameter measurement tolerances

The overall accuracy of specific measuring instruments for testing the battery system in this document, whether relative to the specified or actual values, shall be within the tolerances set out in IEC 62620:2014, Clause 4:

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

The details of the instrumentation used shall be provided in any report of results.

Unless other levels of overall accuracy are defined in the subclauses of the individual tests in this document, the above accuracy levels shall apply.

9.3 Type and routine tests

9.3.1 General

The type test procedure shall be discussed and agreed between the cell manufacturer, the battery system manufacturer and system integrator (if necessary). Additional complementing tests should be agreed between the relevant entities.

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 9.1.

If a routine capacity test at 25 °C as per Table 3 has been carried out on all cells or all battery pack/modules is done, it is not necessary to repeat the same test at a different level of integration except agreement between the cell manufacturer and the battery system manufacturer and/or the integrator.

The test items listed in Table 3 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.

9.3.2 Electrical characteristics tests

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

The test items selected are as follows:

- a) discharge performance at 25 °C (verification of rated capacity);
- b) discharge performance at low temperatures (capacity at low temperatures);
- c) high rate permissible current;
- d) charge retention and recovery;
- e) internal AC resistance;
- f) internal DC resistance;

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.

9.3.3 Dielectric test

Dielectric test shall be carried out according to IEC 60077-1:2017, Annex B.

9.3.4 Self-discharge test

9.3.4.1 General

The purpose of this test is to evaluate the self-discharge behaviour of the battery system under storage and transportation conditions, and installation on rolling stock prior to revenue operation, for storage and transportation situations as described in IEC 62928:2017, 13.3.

9.3.4.2 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: $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$;
- BMS: transportation mode, e.g. no external power supply.

The SOC shall be monitored at predetermined time intervals.

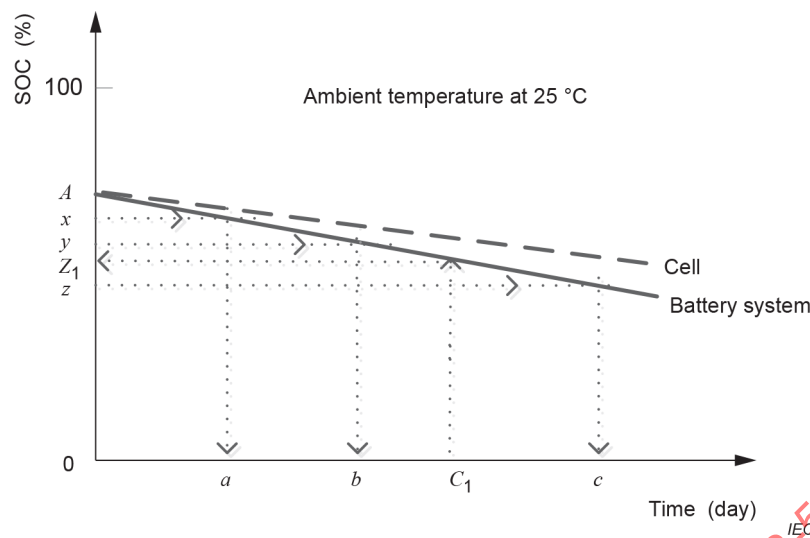
The test shall be continued to the specified end point or criteria of SOC and/or storage time.

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 is terminated when the SOC reaches a predetermined value (z) then the duration is recorded and confirmed. See 9.3.4.3 c).

The test duration shall 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. If the SOC does not reach the predetermined SOC(z) within the specified interval, terminate the test at that time (C_1) and confirm the SOC (Z_1). See 9.3.4.3 a). An illustration of self-discharge test is shown in Figure 7.



Key

- A initial SOC
- x, y SOC at the predetermined intervals
- z the predetermined SOC to measure the time c of the test
- a, b measured time (days)
- c measured time (days) at the termination of the test
- C_1 time (days) of the termination of the test
- Z_1 measured SOC at the predetermined termination of the test at time C_1

Figure 7 – Illustration of self-discharge test

9.3.4.3 Acceptance criteria

The following values 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 is the measured SOC in percentage (%);
- a, b is the time at x of SOC and at y of SOC in day (d).

9.3.5 Operational balancing test

9.3.5.1 General

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

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

9.3.5.2 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 system integrator and the battery system manufacturer.

The conditions shall be as follows, unless otherwise specified:

- initial SOC: as specified by the system integrator and the battery system manufacturer;
- ambient temperature: $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$;
- BMS: operating mode.

Status of the BMS parameters and messages, e.g. warnings, SOC, etc., shall be monitored in 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, e.g. manual balancing. Charge before starting load profile may be acceptable.

The battery system manufacturer shall report the test results.

9.3.5.3 Acceptance criteria

Cell voltage unbalance shall be:

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

9.3.6 Mechanical tests

9.3.6.1 Physical appearance

Visual inspection before the test 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.

The outside dimensions of the battery system and interfaces like terminals and fixing points selected and agreed between train manufacturer, system integrator and battery system manufacturer shall be measured and be within the tolerances specified in the drawings.

9.3.6.2 Mass measurement

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

If it is not possible to measure the mass of the battery system with all accessories included at once, then the mass of the parts shall be measured individually and the mass values presented on an itemized list.

9.3.6.3 Shock and vibration test

Tests shall be carried out according to IEC 62973-1:2018, 9.2.5.

This test should be carried out with the battery system fixed 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 on units (e.g., equipped boxes) which are the representative of the battery system. If the units have no mechanical interactions with other units, they may be tested separately. When the battery system is separated into several units and if the mass of the smaller unit 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, an optional shock and vibration test may be agreed between the system integrator and the battery system manufacturer. The battery system manufacturer shall clearly declare the tested units.

By agreement between the integrator and the battery system manufacturer, if a shock and vibration test is not performed, it shall be justified with e.g., finite element analysis (FEA) stability calculation provided by the battery system manufacturers.

The expected performances of the battery systems, at the end of the shock and vibration test, shall be agreed by the battery system manufacturer and system integrator.

9.3.6.4 Test of the degree of protection

The execution of the test should be based on an 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.

9.3.7 Load profile test

Refer to IEC 62973-1:2018, 9.2.4.

9.3.8 Endurance in cycles

This test verifies the capacity of the cell after 500 cycles according to IEC 62620:2014, 6.6.1.

The cycle number may be modified by agreement between end user and battery system manufacturer.

9.3.9 Battery management system (BMS) tests

The purpose of this test is to verify the function installed in the battery system as explained in 4.10.

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

The functions can be shared by various subsystems on the rolling stock, e.g., cooling, control, etc. An arrangement of the test conditions should be considered according to the shared functions.

For detail, refer to IEC 62928:2017, 14.2.2.

9.3.10 Safety tests

9.3.10.1 General

Safety tests shall be carried out according to IEC 62619:2022.

9.3.10.2 Product safety tests

The product safety test consists of the following tests:

- a) external short circuit test (cell or cell block); modifying the external resistance to 5 mΩ or less;
- b) impact test (cell or cell block);
- c) drop test (cell or cell block and battery system);
As per agreement between end user and battery system manufacturer, this test may be omitted for battery system.
- d) thermal abuse test (cell or cell block);
- e) overcharge test (cell or cell block);
- f) forced discharge test (cell or cell block);
- g) consideration for internal short circuit (in a cell)
 - internal short circuit test (cell)
 - or
 - propagation test (battery system).

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

Additional safety tests may be agreed between the end user, system integrator, battery system manufacturer and cell manufacturer.

9.3.10.3 Functional safety tests

The 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).

9.3.10.4 Special tests for rolling stock

Selected safety tests specified in IEC 62928:2017, as special tests for rolling stock shall be carried out at battery system level:

- a) safety signs according to IEC 62928:2017, 14.4.2.2;
- b) external short circuit test according to IEC 62928:2017, 14.4.2.3, but load resistance adapted to verify by the opening of the fuse or current breakers, etc. and the continued integrity of the remaining battery system;
- c) disconnection system according to IEC 62928:2017, 14.4.2.4;
- d) electrical insulation system according to IEC 62928:2017, 10.6;
- e) fire protection according to IEC 62928:2017, 14.4.2.5;
- f) electromagnetic compatibility according to IEC 62928:2017, 14.4.2.6.

Annex A

(informative)

Declaration of the representative cell/module for tests

A.1 Electrical performance test cell

We, the manufacturer XXXX, declare that the electrical performance of the cell model range (capacity from AAA Ah to BBB Ah) can be assessed per IEC 62620 and IEC 62619 by testing cell model type NNN (capacity nnn Ah).

NOTE The proposed cell is selected as the representative cell by agreement between end user, system integrator, battery system manufacturer and cell manufacturer.

A.2 Shock and vibration test cell

We, the manufacturer XXXX, declare that the mechanical performance under shock and vibration of the cell model range (capacity from CCC Ah to DDD Ah) can be assessed per IEC 61373 by testing cell model type MMM (capacity mmm Ah).

NOTE The proposed cell is selected as the representative cell by agreement between end user, system integrator, battery system manufacturer and cell manufacturer.

A.3 Electrical performance test module

We, the manufacturer XXXX, declare that the electrical performance of the module model range (capacity from EEE Ah to FFF Ah) can be assessed per IEC 62620 and IEC 62619 by testing module model type OOO (capacity ooo Ah).

NOTE The proposed module is selected as the representative module by agreement between end user, system integrator, battery system manufacturer and module manufacturer.

A.4 Shock and vibration test module

We, the manufacturer XXXX, declare that the mechanical performance under shock and vibration of the module model range (capacity from GGG Ah to HHH Ah) can be assessed per IEC 61373 by testing module model type PPP (capacity ppp Ah).

NOTE The proposed cell is selected as the representative cell by agreement between end user, system integrator, battery system manufacturer and module manufacturer.

Bibliography

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

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

IEC 61373:2010, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration test*

IEC 62847, *Railway applications – Rolling stock – Electrical connectors – Requirements and test methods*

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

EN 45545-1, *Railway applications – Fire protection of railway vehicles – Part 1: General*

EN 45545-2, *Railway applications – Fire protection of railway vehicles – Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components*

EN 45545-3, *Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 3: Fire resistance requirements for fire barriers*

EN 45545-4, *Railway applications – Fire protection of railway vehicles – Part 4: Fire safety requirements for railway rolling stock design*

EN 45545-5, *Railway applications – Fire protection of railway vehicles – Part 5: Fire safety requirements for electrical equipment including that of trolley buses, track guided buses and magnetic levitation vehicles*

EN 45545-6, *Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 6: Fire control and management systems*

EN 45545-7, *Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 7: Fire safety requirements for flammable liquid and flammable gas installations*

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 62973-5:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes, définitions et abréviations	42
3.1 Termes et définitions	42
3.2 Abréviations	44
4 Exigences générales	45
4.1 Architecture d'un système de batterie auxiliaire dans le train	45
4.2 Définitions des composants d'un système de batterie	46
4.3 Définitions des types de batteries	47
4.3.1 Généralités	47
4.3.2 Désignations des éléments et du système de batterie	48
4.4 Conditions environnementales	48
4.4.1 Système de batterie	48
4.4.2 Groupe batteries/module	48
4.5 Exigences système	48
4.5.1 Tension réseau	48
4.5.2 Exigences de charge	49
4.5.3 Exigences de décharge	50
4.5.4 Conservation de la charge (auto-décharge)	51
4.5.5 Exigences de dimensionnement de la capacité de la batterie	51
4.6 Exigences de sécurité et de protection	52
4.6.1 Généralités	52
4.6.2 Décharge profonde des batteries	52
4.6.3 Paramètres de charge associés à la température	52
4.6.4 Cas d'utilisation exceptionnelle du système de batterie	52
4.7 Protection contre les incendies	53
4.8 Maintenance	53
4.9 Caractéristiques de charge	53
4.10 Système de gestion de batterie (BMS)	53
5 Conception mécanique du système de batterie	54
5.1 Généralités	54
5.2 Mécanisme d'interface	54
5.2.1 Généralités	54
5.2.2 Type fixe	54
5.2.3 Type à roulement	54
5.2.4 Type à glissières	54
5.3 Emplacement du système de batterie sur le véhicule	54
5.4 Accessibilité à la batterie	55
5.5 Ventilation et gestion de l'écoulement d'air de la batterie	55
6 Interface électrique	55
6.1 Généralités	55
6.1.1 Présentation générale	55
6.1.2 Interface électrique pour alimentation électrique de quai (facultative)	56
6.2 Interface des connexions électriques externes	58
6.3 Commande et communication	58

6.4	Maintenance	58
7	Marquages	58
7.1	Symboles de sécurité.....	58
7.1.1	Extérieur du coffre	58
7.1.2	Caisse de groupement, châssis ou autres emplacements à l'intérieur du coffre	58
7.1.3	Éléments ou groupes batteries/modules	59
7.2	Plaque signalétique	59
7.2.1	Coffre batterie	59
7.2.2	Plaques signalétiques de la caisse de groupement ou d'autres éléments à l'intérieur du coffre	59
7.2.3	Éléments ou groupes batteries/modules	59
8	Conditions de stockage et de transport.....	59
8.1	Transport	59
8.2	Stockage des batteries	59
9	Essais	60
9.1	Généralités	60
9.2	Tolérances de mesure de paramètre.....	62
9.3	Essais de type et essais individuels de série.....	62
9.3.1	Généralités	62
9.3.2	Essais de caractéristiques électriques	62
9.3.3	Essai diélectrique	63
9.3.4	Essai d'auto-décharge	63
9.3.5	Essai d'équilibrage en fonctionnement.....	64
9.3.6	Essais mécaniques	65
9.3.7	Essai de profil de charge	66
9.3.8	Endurance en cycles	66
9.3.9	Essais du système de gestion de batterie (BMS)	66
9.3.10	Essais de sécurité	67
Annexe A (informative)	Déclaration de l'élément/du module représentatif pour les essais	68
A.1	Élément pour l'essai de performances électriques.....	68
A.2	Élément pour l'essai de chocs et vibrations.....	68
A.3	Module pour l'essai de performances électriques	68
A.4	Module pour l'essai de chocs et vibrations	68
Bibliographie.....		69
Figure 1	– Intégration type d'un système de batterie auxiliaire dans l'architecture de distribution d'énergie.....	46
Figure 2	– Hiérarchie type du système de batterie auxiliaire	47
Figure 3	– Exemples de courbes de décharge à différents courants de décharge constants en fonction du pourcentage de capacité	49
Figure 4	– Exemples de courbes de charge	49
Figure 5	– Exemple schématique d'un système de batterie auxiliaire	56
Figure 6	– Exemple d'une configuration de circuit de système de batterie auxiliaire avec connexions d'alimentation électrique de quai	57
Figure 7	– Illustration de l'essai d'auto-décharge	64
Tableau 1	– Exigences de caractéristiques de charge	50

Tableau 2 – Paramètres et responsabilités concernant le dimensionnement de la capacité de la batterie.....	51
Tableau 3 – Essai de type et essai individuel de série	60

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –
BATTERIES POUR SYSTÈMES D'ALIMENTATION AUXILIAIRE –****Partie 5: Batteries lithium-ion****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 62973-5 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
9/2974/FDIS	9/2995/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détails à l'adresse www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62973, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – BATTERIES POUR SYSTÈMES D'ALIMENTATION AUXILIAIRE –

Partie 5: Batteries lithium-ion

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62973 s'applique aux batteries lithium-ion destinées aux systèmes d'alimentation auxiliaire utilisés sur le matériel roulant. Le présent document spécifie les exigences des caractéristiques et essais des éléments lithium-ion et complète l'IEC 62973-1 qui s'applique au matériel roulant de tous types (par exemple, véhicules ferroviaires de métro léger, tramways, véhicules de métro, trains de banlieue, trains régionaux, trains à grande vitesse, locomotives, etc.).

Sauf spécification contraire dans le présent document, les exigences de l'IEC 62973-1 s'appliquent.

Le présent document spécifie les exigences pour l'interface entre le système de batterie, y compris le BMS, et le convertisseur.

Le présent document est utilisé conjointement à la norme générale IEC 62619 (exigences de sécurité) et à l'IEC 62620 (exigences de performance) des éléments et batteries lithium-ion utilisés dans les applications industrielles. Le présent document spécifie les exigences relatives aux applications ferroviaires de matériel roulant.

Ces batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire sont également parfois utilisées pour:

- une alimentation de traction occasionnelle pour basculement en dépôt, ou pour un mode d'urgence ou de sauvetage tel qu'un arrêt sur intervalles de troisième rail;
- des économies de puissance de crête et le démarrage des moteurs.

Si la tension nominale d'une batterie dépasse la tension spécifiée dans le Tableau 1 de l'IEC 62973-1:2018, alors la batterie est couverte par l'IEC 62928.

2 Références normatives

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

IEC 60077-1:2017, *Applications ferroviaires – Équipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

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

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1991

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 62619:2022, *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 – Éléments et batteries d'accumulateurs au lithium pour utilisation dans les applications industrielles*

IEC 62928:2017, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries d'accumulateurs de traction embarquées au lithium-ion*

IEC 62973-1:2018, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Batteries pour systèmes d'alimentation auxiliaire – Partie 1: Exigences générales*

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

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62973-1:2018 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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

NOTE 1 Lorsque le même terme et la même définition sont utilisés dans l'IEC 62973-1:2018, la définition donnée dans le présent document s'applique.

NOTE 2 Les descriptions spécifiques aux batteries sont fournies dans l'IEC 60050-482.

3.1.1

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]

3.1.2

bloc d'éléments

groupe d'éléments connectés ensemble en parallèle avec ou sans dispositif de protection (fusible ou système 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, modifiée – Le mot "système" a été ajouté avant "CTP" dans la définition.]

3.1.3

groupe batteries module

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

Note 1 à l'article: Il comporte un boîtier de protection et est équipé de bornes ou d'un autre arrangement d'interconnexion.

Note 2 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 3 à l'article: Il peut inclure un dispositif de protection et un circuit de commande.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.9, modifiée – Le terme "module de batterie" a été remplacé par "groupe batteries" et "module", "capteur de température" a été remplacé par "CTP" dans la définition et des notes à l'article ont été ajoutées.]

3.1.4

capacité assignée

<de la batterie> valeur de la capacité d'un accumulateur déterminée dans des conditions spécifiées et déclarée par le fabricant

Note 1 à l'article: La capacité assignée est la quantité d'électricité C_n Ah (ampères-heures) déclarée par le fabricant, qu'un élément individuel ou une batterie est capable de restituer en n h après charge, repos et décharge, dans les conditions spécifiées dans l'IEC 62620:2014, 6.3.1. n est égal à 5 pour un élément ou une batterie à régime de décharge de type E, M et H. n est égal à 8, 10, 20 ou 240 pour une batterie à régime de décharge de type S.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.5, modifiée – Le domaine <de la batterie> a été ajouté, "d'un élément ou d'une batterie" a été supprimé de la définition et "dans l'IEC 62620:2014" a été ajouté dans la Note 1 à l'article.]

3.1.5

système de batterie

<pour une batterie lithium-ion> 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 la Figure 2, la Figure 3 et les Figures A.1 à A.4 de l'IEC 62928:2017.

[SOURCE: IEC 62928:2017, 3.1.11, modifiée – Le domaine <pour une batterie lithium-ion> a été ajouté.]

3.1.6

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 afin d'influencer la sécurité, les performances et/ou la durée en service de la batterie

Note 1 à l'article: L'abréviation "BMS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Battery Management System".

Note 2 à l'article: La fonction du BMS peut être attribuée à un groupe de batteries ou au matériel qui utilise le groupe de batteries.

Note 3 à l'article: Sa fonction inclut le contrôle thermique.

[SOURCE: IEC 62620:2014, 3.11, modifiée – "électronique" a été supprimé, "déconnecte ou isole le groupe batteries," a été ajouté, "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.]

3.1.7

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".

Note 2 à l'article: Le système BTMS est facultatif pour contrôler les conditions environnementales à l'intérieur du système de batterie, par exemple la climatisation (température, humidité, etc.).

[SOURCE: IEC 62928:2017, 3.1.30, modifiée – Les Notes à l'article ont été ajoutées.]

3.1.8

mode d'urgence

situation d'exploitation du matériel roulant où l'alimentation primaire n'est pas disponible

3.1.9

cas d'utilisation exceptionnelle

situation dépassant le cas le plus défavorable d'un profil de charge fixé par accord

3.1.10

utilisateur final

organisme qui exploite le système de batterie lithium-ion

Note 1 à l'article: En règle générale, l'utilisateur final est l'organisme qui exploite le véhicule équipé du système de batterie, à moins que la responsabilité n'ait été déléguée à un consultant ou un entrepreneur principal.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.11, modifiée – "lithium-ion" a été ajouté dans la définition.]

3.1.11

intégrateur système

organisme qui a la responsabilité technique du système de batterie lithium-ion complet, y compris le BMS, et de son système de charge

Note 1 à l'article: L'intégrateur système peut être l'utilisateur final ou le fabricant du train, voire aucun d'entre eux.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.12, modifiée – "lithium-ion" et "y compris le BMS" ont été ajoutés dans la définition.]

3.1.12

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 l'intégrateur système d'un système de batterie, un fabricant d'élément, etc. Si nécessaire, la distinction entre "fabricant du train", "fabricant du système de batterie" et "fabricant de l'élément" sera spécifiée.

[SOURCE: IEC 62973-1:2018, 3.1.13, modifiée – Dans la Note à l'article, "sera faite de manière explicite" a été remplacé par "sera spécifiée".]

3.2 Abréviations

CA	Courant alternatif
APU (Auxiliary Power Unit)	Unité d'alimentation auxiliaire
CC	Courant continu
DOD (Depth Of Discharge)	Profondeur de décharge
AEF	Analyse par éléments finis

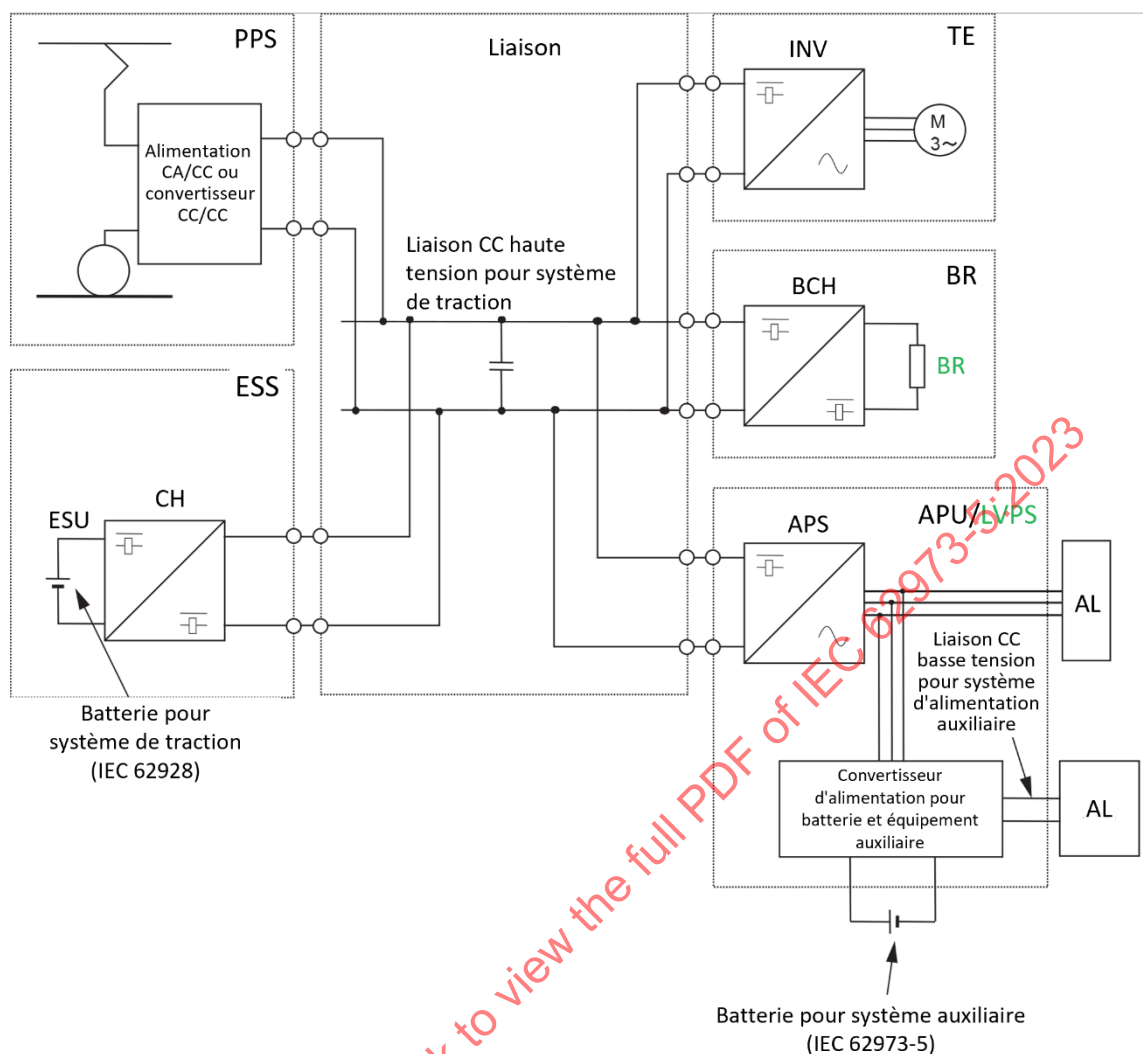
LRU (Line Replaceable Unit)	Unité remplaçable en ligne
LVPS (Low Voltage Power System)	Alimentation basse tension
CTP	Coefficient de température positive
SOC (State Of Charge)	État de charge

4 Exigences générales

4.1 Architecture d'un système de batterie auxiliaire dans le train

La Figure 1 présente l'architecture type d'un système de batterie auxiliaire, y compris son intégration dans le train.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62973-5:2023



Légende

AL (Auxiliary Load)	Charge auxiliaire
APS (Auxiliary Power Supply)	Alimentation auxiliaire
APU (Auxiliary Power Unit)	Unité d'alimentation auxiliaire
AUX	Système auxiliaire
BCH (Brake Chopper)	Hacheur de courant de frein
BR (Brake Resistor)	Résistance de frein
CH (Chopper converter)	Convertisseur hacheur
ESS (Energy Storage System)	Système de stockage de l'énergie
ESU (Energy Storage Unit)	Unité de stockage de l'énergie
INV (Inverter)	Onduleur
LVPS (Low Voltage Power Supply)	Alimentation basse tension
PPS (Primary Power Source)	Source d'alimentation primaire
TE (Traction Equipment)	Équipement de traction

Figure 1 – Intégration type d'un système de batterie auxiliaire dans l'architecture de distribution d'énergie

4.2 Définitions des composants d'un système de batterie

La Figure 2 présente une hiérarchie type du système de batterie auxiliaire. Les images sont des exemples du niveau d'intégration d'éléments, de groupes batteries/modules, de caisses de groupement et de coffres batteries.

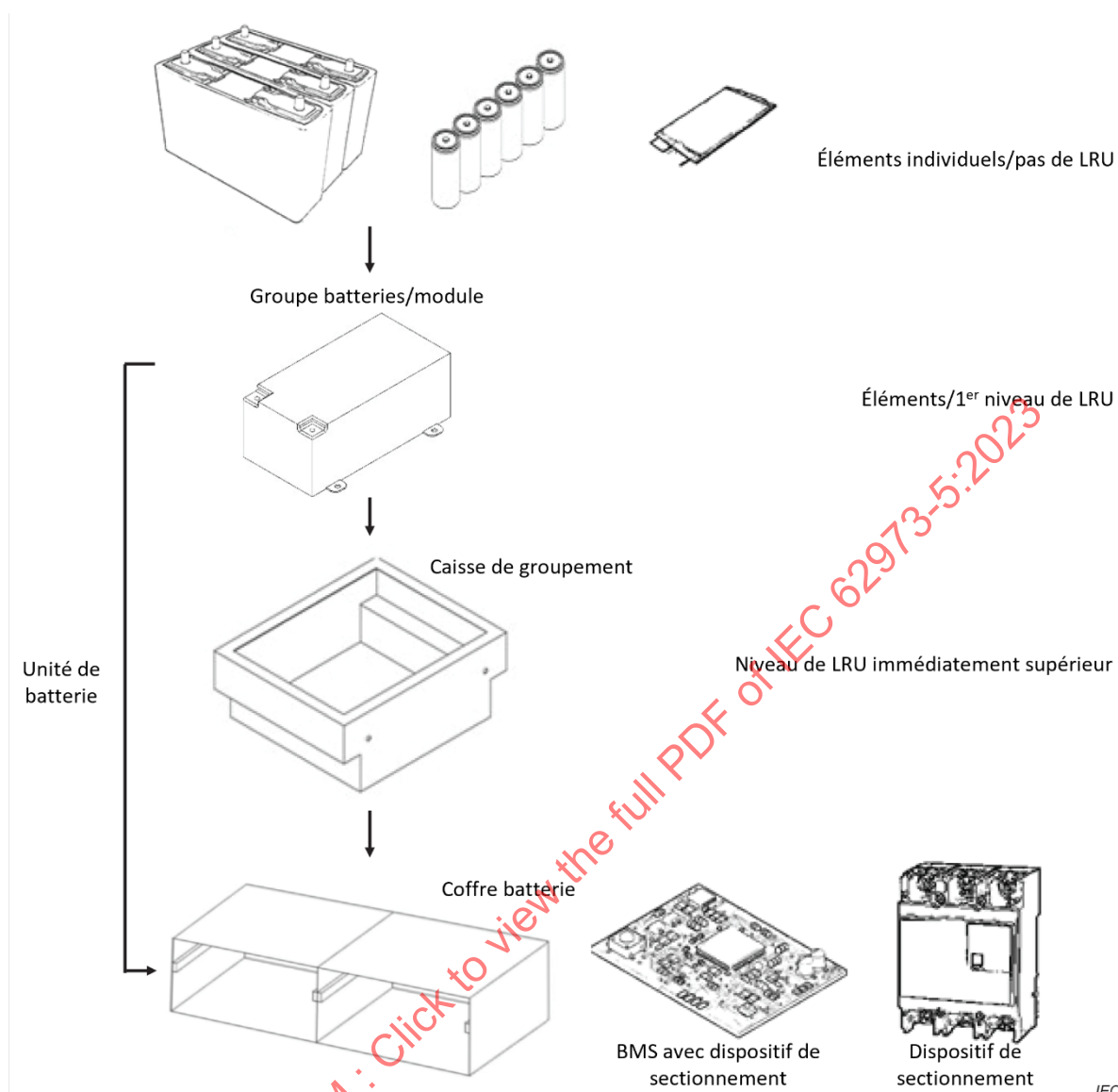


Figure 2 – Hiérarchie type du système de batterie auxiliaire

Certaines batteries peuvent inclure une partie des composants illustrés ci-dessus; par exemple, les groupes batteries/modules peuvent être installés dans un coffre batterie, sans caisse de groupement.

4.3 Définitions des types de batteries

4.3.1 Généralités

Un système de batterie se compose d'un certain nombre d'éléments, de blocs d'éléments ou de groupe batteries/modules, qui sont assemblés dans des caisses de groupement et enfin dans un coffre batterie. Chaque élément contient un électrolyte ainsi qu'une ou plusieurs électrodes positives et négatives et des séparateurs, empilés, enroulés ou repliés. Les électrodes sont connectées aux bornes positives et négatives qui sont accessibles depuis l'extérieur du conteneur d'éléments.

Les éléments d'accumulateur au lithium peuvent contenir plusieurs types de composés de lithium qui donnent des propriétés, des performances et des paramètres opérationnels différents. Des éléments de types différents ne doivent pas être montés dans une même batterie, sans avoir obtenu l'approbation formelle préalable du fabricant du système de batterie et du fabricant de l'élément.

4.3.2 Désignations des éléments et du système de batterie

Les éléments doivent être désignés sous la forme suivante:

- $A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/A_4/TLTH/NC$

Pour plus d'informations sur cette désignation, voir l'IEC 62620:2014, 5.2.

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

- $A_1A_2A_3/N_2/N_3/N_4/[S_1]A_4/TLTH/NC$

Pour plus d'informations sur cette désignation, voir l'IEC 62620:2014, 5.3.

4.4 Conditions environnementales

4.4.1 Système de batterie

La batterie doit fonctionner correctement conformément aux exigences fournies, y compris en cas d'utilisation exceptionnelle, en ce qui concerne la sécurité, la durée de vie, l'aptitude à la charge et les performances de décharge. La batterie ne doit pas fonctionner au-delà des conditions limites environnementales spécifiées pour l'élément et le système de batterie spécifiques.

Les éléments ou les groupes batteries/modules installés dans le coffre batterie doivent être protégés pendant l'utilisation vis-à-vis des conditions environnementales, comme cela est décrit dans l'IEC 62498-1. Durant le transport, l'UN 38.3 s'applique.

Les écarts peuvent être fixés d'un commun accord entre le fabricant de l'élément, le fabricant du système de batterie et l'intégrateur système et/ou l'utilisateur final.

4.4.2 Groupe batteries/module

Les groupes batteries/modules lorsqu'ils sont intégrés au système de batteries, y compris le système BTMS, peuvent fonctionner dans une plage de températures ambiantes comprises entre -25 °C et $+40\text{ °C}$, sauf spécification contraire. L'élément doit rester dans sa plage de fonctionnement spécifiée conformément à l'IEC 62619.

Les écarts peuvent être fixés d'un commun accord entre le fabricant de l'élément, le fabricant du système de batterie et l'intégrateur système et/ou l'utilisateur final.

4.5 Exigences système

4.5.1 Tension réseau

Pour la tension réseau, voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.1.

Les tensions nominales de batterie et les tensions de décharge sont différentes. À titre d'exemple, la Figure 3 présente des exemples de décharges d'un élément à différents courants de décharge constants. Ces courants sont exprimés sous la forme de multiples de I_t A, où $I_t \text{ A} = C_5 \text{ Ah}/1 \text{ h}$. Ces courbes dépendent de la technologie et/ou de la conception des éléments spécifiques, et doivent être disponibles auprès des fabricants d'éléments.

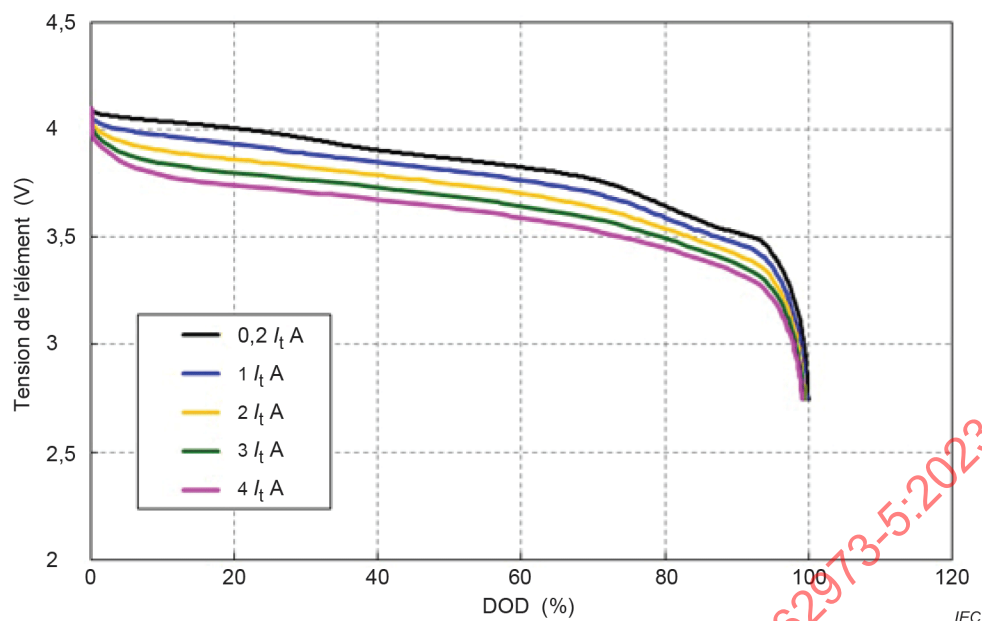
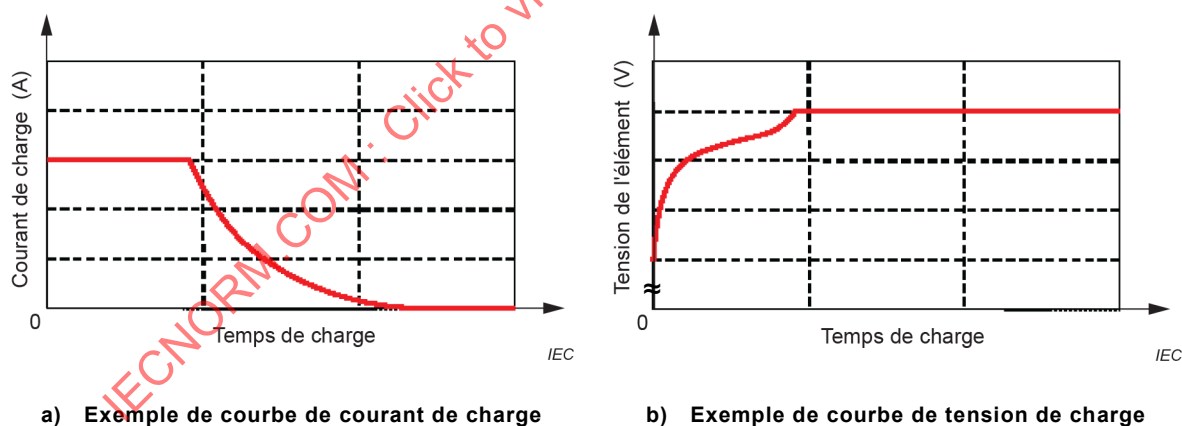


Figure 3 – Exemples de courbes de décharge à différents courants de décharge constants en fonction du pourcentage de capacité

Dans l'exemple suivant, la Figure 4 a) et b) présente la charge type d'un élément à un courant de charge constant jusqu'à la tension prédéfinie par le fabricant de l'élément pendant la phase initiale suivie d'une charge à tension constante pendant la dernière phase.

Les courbes de charge dépendent également de la technologie et/ou de la conception des éléments spécifiques, et doivent être disponibles auprès des fabricants d'éléments.



NOTE Le signe positif du courant représente l'état de charge. Cette définition diffère de celle donnée dans l'IEC 62928 relative aux systèmes de traction.

Figure 4 – Exemples de courbes de charge

4.5.2 Exigences de charge

Les exigences des caractéristiques de charge sont spécifiées conformément au Tableau 1.

Tableau 1 – Exigences de caractéristiques de charge

Activité	Exigences
Condition normale	Connecté, si opérationnel, au convertisseur d'alimentation pour batterie et équipement auxiliaire et amené au niveau SOC spécifié convenu entre le fabricant de la batterie et l'intégrateur système.
Méthode de charge	Méthode à courant constant et à tension constante (CC-CV) ou méthode de charge spécifiée par le fabricant du système de batterie. Des dispositifs de régulation doivent être présents pour éviter une surcharge (de chaque élément), une surintensité et une température excessive de la batterie.
Tolérance de régulation en régime établi de la sortie de courant de charge de la batterie au niveau du système de charge pour la phase à courant constant (CC)	Tolérance (niveau d'erreur admissible) du niveau de courant de charge par rapport au courant spécifié dans les conditions de régime établi pendant la phase à courant constant (CC). ± 5 % ou moins
Tolérance de régulation en régime établi de la sortie de tension de charge de la batterie au niveau du système de charge pour la phase à tension constante (CV)	Tolérance (niveau d'erreur admissible) du niveau de tension de charge par rapport à la tension spécifiée dans les conditions de régime établi pendant la phase à tension constante (CV) ± 1 % ou moins
Ondulation de la tension de charge	≤ 5 % (selon l'IEC 60077-1:2017, 8.2.1.8, mais avec la batterie déconnectée)
Ondulation du courant de charge	Voir l'IEC 62928:2017, 10.2
Compensation en température	Voir 4.6.3
Surveillance de la température	Un signal émanant d'un capteur sur l'élément ou le module est envoyé au BMS et facultativement au BTMS. Le convertisseur de puissance pour batterie et équipement auxiliaire doit fonctionner conformément aux informations du BMS.
Protections contre une surtension pendant la charge	Doivent être présentes. Voir 4.6.1 et 4.9

Pour l'interface de charge, voir 6.1.

4.5.3 Exigences de décharge

4.5.3.1 Généralités

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.3.1.

Si la technologie lithium-ion implique des exigences spécifiques qui diffèrent de celles spécifiées dans l'IEC 62973-1, le présent document s'applique.

NOTE Lorsque l'IEC 62973-1:2018 s'applique dans le présent document, le terme "batterie" signifie "système de batterie". Voir 3.1.5.

4.5.3.2 Profil de charge

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.3.2.

Les profils de charge des cas d'urgence doivent être définis.

4.5.3.3 Temps de décharge prolongée

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.3.3.

Lorsque les éléments d'une branche sont déchargés à une tension inférieure à celle spécifiée par le fabricant des éléments, la réutilisation de ces éléments ne doit pas être autorisée.

4.5.3.4 Performances à basse ou haute température

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.3.4.

4.5.4 Conservation de la charge (auto-décharge)

Pour les applications ferroviaires, la mise en service du matériel roulant peut être précédée et/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 fournir 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 d'équiper et de mettre en service le matériel roulant.

Il convient que l'utilisateur final définisse le délai entre la mise en service et la livraison du matériel roulant sur le site de l'utilisateur final et le démarrage de son exploitation commerciale, et que ce délai soit pris en compte lors de la conception du système de batterie.

Le fabricant du système de batterie doit définir des équipements de maintenance, logiciels, procédures supplémentaires, etc. en cas de longue période d'entreposage.

4.5.5 Exigences de dimensionnement de la capacité de la batterie

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.4.5.

Pour le dimensionnement de la capacité de la batterie, des valeurs conformes au Tableau 2 doivent être fournies par la partie responsable comme cela est décrit dans le Tableau 2.

**Tableau 2 – Paramètres et responsabilités
concernant le dimensionnement de la capacité de la batterie**

Paramètres nécessaires au dimensionnement de la batterie	Responsabilités de la spécification des paramètres	Valeurs
Profil de charge (W et/ou Ω et/ou A)	L'intégrateur système (conformément aux exigences du fabricant du train)	Cas de profil de charge, exprimés en W et/ou Ω et/ou A sur une durée spécifiée
Basse ou haute température pour le dimensionnement du profil de charge ($^{\circ}\text{C}$)	Le fabricant du train ou conjointement avec l'utilisateur final	Haute et basse températures en $^{\circ}\text{C}$ spécifiées par le fabricant du train et l'exploitant du train, etc. dans l'environnement du système de batterie.
Tension de charge pour le système de batterie	Le fabricant de l'élément ou de la batterie	Nombre d'éléments $\times$ tension de charge exigée par élément
Niveau d'état de charge à 25 $^{\circ}\text{C}$ à la fin des conditions de charge en fonctionnement (%)	Le fabricant de l'élément ou de la batterie	Pourcentage de la capacité assignée conformément à l'IEC 62620
Capacité de cyclage demandée (nombre de décharges du profil de charge suivies de recharges)	Le fabricant du train ou conjointement avec l'utilisateur final	Nombre de cycles totaux (complets ou partiels) et leur fréquence
Durée de vie utile de la batterie à une température de service annuelle moyenne d'environ 20 $^{\circ}\text{C}$ dans les conditions ferroviaires (années)	Le fabricant de l'élément ou de la batterie	Durée de vie en années dans les conditions ferroviaires habituelles

Paramètres nécessaires au dimensionnement de la batterie	Responsabilités de la spécification des paramètres	Valeurs
Facteur de vieillissement (%)	Le fabricant de l'élément ou de la batterie	Pourcentage de la capacité assignée conformément à l'IEC 62620 Résistance interne en courant continu au début et à la fin de la durée de vie utile de la batterie.

4.6 Exigences de sécurité et de protection

4.6.1 Généralités

Pour les exigences de sécurité des éléments, voir l'IEC 62619. Pour les exigences de sécurité des éléments embarqués, voir l'Article 8 de l'IEC 62928:2017.

Il convient de réaliser une analyse des risques appropriée au niveau système.

Concernant le système de gestion de batterie (BMS), voir 4.10.

Les commutateurs d'isolement, actionnés manuellement et/ou automatiquement, sont fournis sur demande.

4.6.2 Décharge profonde des batteries

Voir l'IEC 62973-1:2018, 4.5.2.

Lorsque la batterie est rechargée après une inversion de polarité ou une décharge profonde des éléments, les performances de la batterie peuvent se dégrader et certains phénomènes (émanation de gaz, production de fumées et incendie) peuvent se produire. Ces phénomènes peuvent dépendre des conceptions de l'élément/du groupe batteries/module et du système de batterie. Les conditions de décharge profonde doivent être traitées conformément au manuel d'instructions préparé par le fabricant de la batterie/de l'élément.

Un dépassement de la limite inférieure de tension spécifiée peut être autorisé par accord entre les fabricants d'éléments, les fabricants de systèmes de batteries, les intégrateurs systèmes, les fabricants de trains et les utilisateurs finaux.

4.6.3 Paramètres de charge associés à la température

Les paramètres de charge à chaque température varient selon les conceptions de l'élément/du groupe batteries/module et du système de batterie. L'intégrateur du système de batterie doit appliquer les paramètres de charge définis par les fabricants des éléments.

4.6.4 Cas d'utilisation exceptionnelle du système de batterie

Pour un cas d'utilisation exceptionnelle où la décharge de la batterie est nécessaire, par exemple pour la sécurité des voyageurs, la batterie peut être déchargée au-delà des limites d'exploitation normale de l'élément ou de la batterie. Les conditions applicables, telles que des limites de température et/ou de tension étendues pour le cas d'utilisation exceptionnelle, doivent être fixées au préalable par accord entre l'intégrateur système, le fabricant du système de batterie et le fabricant de l'élément. Après une décharge dans un tel cas d'utilisation exceptionnelle, la réutilisation de la batterie après décharge ne doit pas être autorisée.

4.7 Protection contre les incendies

Les exigences de protection contre les incendies (notamment les limites de résistance à l'inflammabilité, de production de fumées et de toxicité) doivent être stipulées dans la spécification de l'utilisateur final par référence à la ou aux normes applicables dans le pays ou la région où il est prévu d'utiliser le système de batterie.

Les batteries lithium-ion ont une importante capacité d'énergie spécifique et peuvent contenir des matériaux inflammables. La protection contre les incendies doit donc faire l'objet d'une attention particulière.

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

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

Les autorités nationales peuvent définir des exigences concernant les mesures de protection contre les incendies. Les lois et réglementations nationales applicables en matière de protection contre les incendies sont répertoriées dans l'Annexe C informative de l'IEC 62864-1:2016.

Les normes et réglementations nationales peuvent définir des exigences concernant la toxicité des produits de combustion.

4.8 Maintenance

Les instructions de maintenance doivent être données par le fabricant du système de batterie.

Les instructions de maintenance fournies par le fabricant du système de batterie doivent être respectées pour garantir le fonctionnement approprié et la sécurité de la batterie. La liste suivante fournit des exemples d'activités de maintenance:

- a) examens visuels;
- b) vérifications des données de la batterie via la ligne de communication;
- c) charge périodique pendant une longue période d'entreposage, si nécessaire. Le chargeur d'atelier adéquat spécifié par le fabricant du système de batterie doit être utilisé.

Pour plus d'informations, voir 6.4.

4.9 Caractéristiques de charge

Les caractéristiques de charge doivent être choisies de façon à assurer le niveau de charge fixé par accord pour les conditions normales d'exploitation.

La méthode de charge et la limite de charge à chaque température peuvent être différentes selon les conceptions de l'élément/du groupe batteries/module et du système de batterie.

Les caractéristiques de charge varient selon la technologie et/ou la conception de la batterie.

Les paramètres de charge doivent être donnés par le fabricant du système de batterie.

4.10 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 optimise les performances du système de batterie.

Le BMS doit assurer les fonctions décrites dans l'IEC 62928:2017, 4.3.

La plage admissible de déséquilibre, qui est mesurée comme la différence de tension et/ou d'état de charge de tous les éléments au sein d'une batterie, doit être fixée par accord entre le chargé d'intégration et le fabricant du système de batterie. Le BMS doit garder les éléments en équilibre durant l'exploitation, par exemple pendant les heures d'exploitation, après les temps morts du système de batterie.

Pour les cas d'utilisation exceptionnelle, voir 4.6.4.

5 Conception mécanique du système de batterie

5.1 Généralités

Le système de batterie peut inclure des éléments, des groupes batteries/modules, des caisses de groupement et des coffres batteries. Voir Figure 2.

Trois aspects généraux permettent de différencier la conception mécanique d'un système de batterie:

- le mécanisme d'interface (caisse de groupement-coffre batterie et coffre batterie-véhicule);
- l'accessibilité à la batterie;
- l'emplacement du système de batterie sur le véhicule.

5.2 Mécanisme d'interface

5.2.1 Généralités

Trois types de mécanismes d'interface permettent de fixer les groupes batteries/modules et/ou les caisses de groupement aux coffres batteries:

- type fixe;
- type à roulement;
- type à glissières.

Le coffre batterie est normalement boulonné sur le véhicule.

5.2.2 Type fixe

Voir l'IEC 62973-1:2018, 5.2.2.

Il convient toutefois d'interpréter le terme "monobloc" spécifié dans l'IEC 62973-1 comme un "groupe batteries/module".

5.2.3 Type à roulement

Voir l'IEC 62973-1:2018, 5.2.3.

5.2.4 Type à glissières

Voir l'IEC 62973-1:2018, 5.2.4.

5.3 Emplacement du système de batterie sur le véhicule

Voir l'IEC 62973-1:2018, 5.3.

Afin de préserver la durée de vie en service et la sécurité de la batterie, il convient d'éviter de positionner la batterie à des emplacements excessivement chauds ou froids.

5.4 Accessibilité à la batterie

Voir l'IEC 62973-1:2018, 5.4.

5.5 Ventilation et gestion de l'écoulement d'air de la batterie

Les éléments lithium-ion sont étanches, et des gaz et vapeurs ne sont pas générés lors des charges et décharges normales. Aucun système d'écoulement d'air dédié pour l'extraction de gaz ou de vapeurs n'est exigé.

Toutefois, un système d'écoulement d'air ouvert pour refroidissement peut être nécessaire selon les conceptions de l'élément/du groupe batteries/module et du système de batterie et selon les conditions d'exploitation. Dans certains cas, un système d'écoulement d'air ne doit pas être utilisé afin de protéger le BMS ou les dispositifs électroniques contre l'eau et la poussière.

Le système d'écoulement d'air et/ou de refroidissement doit être conçu dans le respect des instructions du fabricant de la batterie/de l'élément.

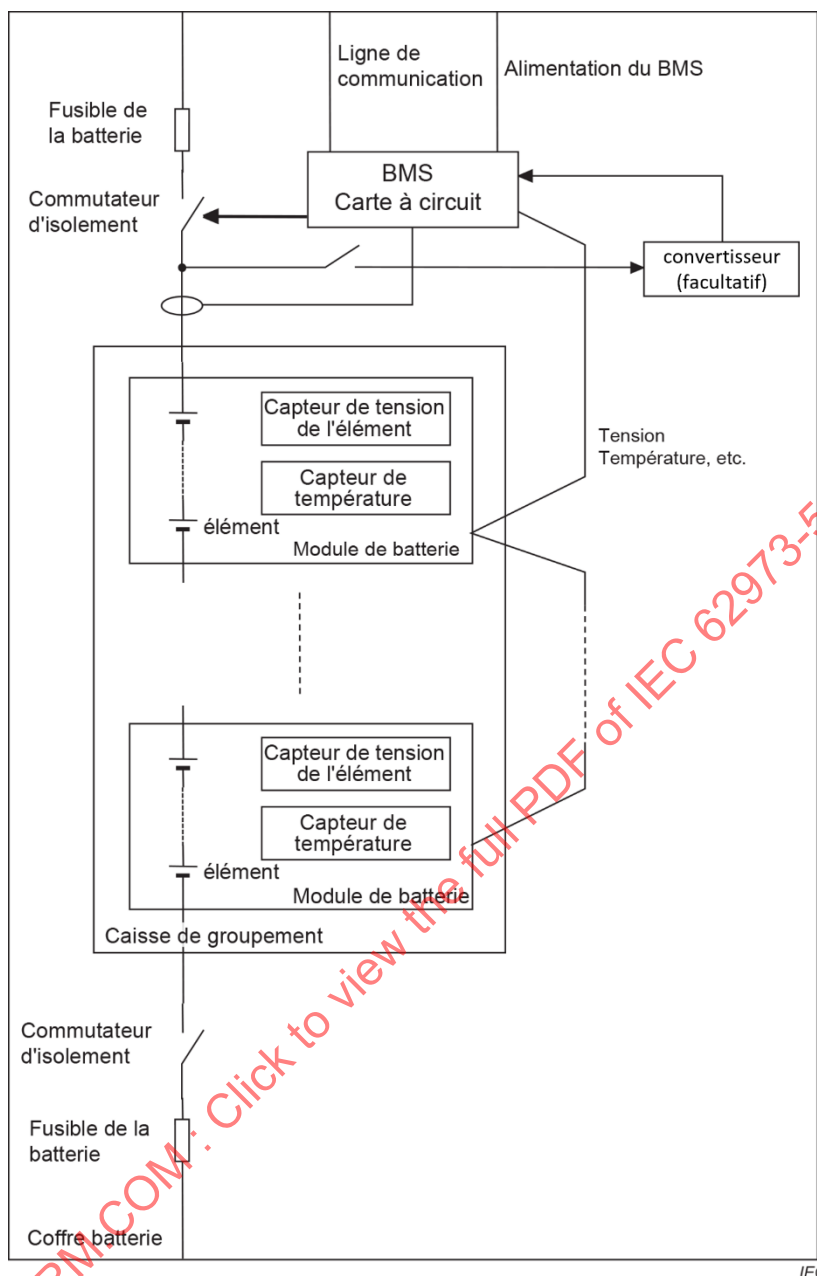
Afin d'éviter une rupture par explosion d'un coffre batterie étanche, la présence d'une soupape de sécurité ou d'un disque de rupture ou d'un équipement ou de dispositifs équivalents doit être exigée.

6 Interface électrique

6.1 Généralités

6.1.1 Présentation générale

La Figure 5 représente les interfaces électriques types.



NOTE 1 Le BMS surveille et contrôle les informations de tension, température, etc. de chaque élément, bloc d'éléments ou module de batterie.

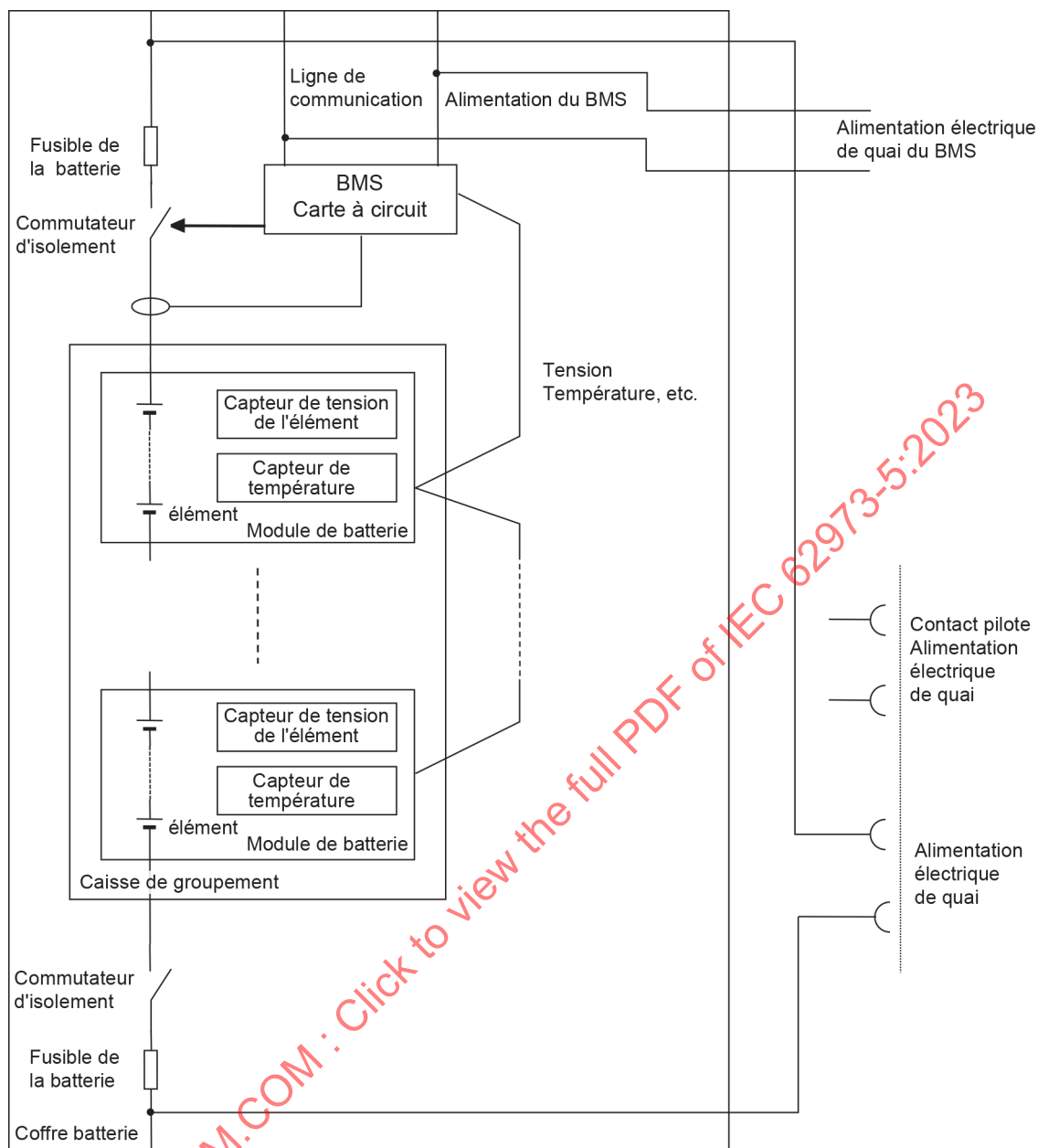
NOTE 2 Une résistance de protection peut être insérée en parallèle du commutateur d'isolement afin de réduire les courants d'appel.

NOTE 3 Les commutateurs d'isolement, actionnés manuellement et/ou automatiquement, servant de protection de sécurité sont fournis sur demande.

Figure 5 – Exemple schématique d'un système de batterie auxiliaire

6.1.2 Interface électrique pour alimentation électrique de quai (facultative)

La Figure 6 représente une interface électrique dans le cas d'une fonction de connexion d'alimentation électrique de quai intégrée à la batterie.



IEC

NOTE 1 Le BMS surveille et gère les informations de tension, température, etc. de chaque élément ou bloc d'éléments ou module de batterie.

NOTE 2 Une résistance de protection peut être insérée en parallèle du commutateur d'isolement afin de réduire les courants d'appel.

NOTE 3 Les commutateurs d'isolement, actionnés manuellement et/ou automatiquement, servant de protection de sécurité sont fournis sur demande.

Figure 6 – Exemple d'une configuration de circuit de système de batterie auxiliaire avec connexions d'alimentation électrique de quai

Diverses configurations de connexions en série ou en parallèle d'éléments et de modules de batterie sont mises en œuvre selon les exigences de conception spécifiques.

Pour plus d'informations, voir l'IEC 62928:2017, Article 4 et Annexe A.