

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-temperature secondary batteries –
Part 3: Sodium-based batteries – Performance requirements and tests**

**Batteries d'accumulateurs à haute température –
Partie 3: Batteries au sodium – Exigences et essais relatifs aux qualités de
fonctionnement**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62984-3:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**High-temperature secondary batteries –
Part 3: Sodium-based batteries – Performance requirements and tests**

**Batteries d'accumulateurs à haute température –
Partie 3: Batteries au sodium – Exigences et essais relatifs aux qualités de
fonctionnement**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20

ISBN 978-2-8322-8129-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	6
3.1 Battery construction	6
3.2 Battery functionality	7
3.3 Symbols and abbreviated terms	8
4 Environmental (service) conditions	9
4.1 General.....	9
4.2 Normal service conditions for stationary installations	9
4.3 Special service conditions for stationary installations	9
4.4 Normal service conditions for mobile installations (except propulsion).....	9
4.5 Special service conditions for mobile installations (except propulsion)	9
5 Performance requirements.....	10
5.1 Electrical requirements	10
5.1.1 Nominal voltage.....	10
5.1.2 Discharge rate	10
5.1.3 Charge rate	11
5.1.4 Rated battery energy (W_r).....	12
5.1.5 Battery auxiliary energy consumption	12
5.1.6 Energy efficiency (η).....	12
5.1.7 Long term endurance (LTE)	13
5.2 Thermal requirements	13
5.2.1 General	13
5.2.2 Warm-up.....	13
5.2.3 Cool-down	14
5.2.4 Standby mode	14
5.2.5 Idle	14
5.2.6 Freeze-thaw	14
6 Performance test.....	14
6.1 General.....	14
6.1.1 Classification of tests.....	14
6.1.2 Test object selection.....	14
6.1.3 DUT initial conditions before tests	15
6.1.4 Measuring equipment	15
6.2 List of tests	15
6.3 Type tests.....	16
6.3.1 Battery auxiliary energy consumption test.....	16
6.3.2 Energy efficiency test	17
6.3.3 Long term endurance test	17
6.3.4 Maximum continuous discharge rate test	18
6.3.5 Maximum transient discharge rate test.....	19
6.3.6 Boost charge rate test	19
6.4 Routine tests.....	20
6.4.1 Capacity / energy content combined test	20
6.5 Special tests	21

6.5.1	Freeze-thaw cycle test.....	21
7	Markings.....	22
7.1	General.....	22
7.2	Data plate marking.....	22
8	Rules for transportation, installation and maintenance	23
8.1	Transportation	23
8.2	Installation	24
8.3	Maintenance	24
9	Documentation	24
9.1	Instruction manual	24
9.2	Test report	24
Annex A (informative)	Standard template for report of test results and description of the DUT – Report of type test	25
A.1	Example 1.....	25
A.2	Example 2.....	27
Annex B (informative)	Description of the technologies	30
B.1	Sodium-sulphur battery	30
B.1.1	Principle and features of sodium-sulphur batteries.....	30
B.1.2	Structure of the sodium-sulphur battery	30
B.2	Sodium-nickel battery	32
B.2.1	Principle and features of the sodium-nickel cell	32
B.2.2	Structure of sodium-nickel cell.....	33
B.2.3	Battery design	33
Bibliography		34
Figure 1	– Transient discharge test.....	19
Figure 2	– Example of capacity test	21
Figure 3	– Markings for sodium-based batteries.....	23
Figure 4	– Example of data plate	23
Figure B.1	– Principle of the sodium-sulphur battery	30
Figure B.2	– Cell structure	31
Figure B.3	– Module structure	31
Figure B.4	– Battery structure	32
Figure B.5	– Overall cell reaction	32
Figure B.6	– Schematic diagram of a sodium-nickel cell.....	33
Table 1	– List of symbols and abbreviated terms.....	9
Table 2	– Preferred values of battery nominal voltages	10
Table 3	– Maximum allowed energy content loss after the test.....	13
Table 4	– List of tests	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-TEMPERATURE SECONDARY BATTERIES –**Part 3: Sodium-based batteries –
Performance requirements and tests****FOREWORD**

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

International Standard IEC 62984-3 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

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

FDIS	Report on voting
21/1040/FDIS	21/1048/RVD

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

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

This document is to be read in conjunction with IEC 62984-1:2020.

A list of all parts in the IEC 62984 series, published under the general title *High-temperature secondary batteries*, 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 web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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 62984-3:2020

HIGH-TEMPERATURE SECONDARY BATTERIES –

Part 3: Sodium-based batteries – Performance requirements and tests

1 Scope

This part of IEC 62984 specifies performance requirements and test procedures for high-temperature batteries based on sodium for mobile and/or stationary use and whose rated voltage does not exceed 1 500 V.

Sodium based batteries include sodium-sulphur batteries and sodium-nickel chloride batteries; both are high-temperature batteries and use a solid, sodium conducting electrolyte. Additional information on sodium-based batteries technology, their chemistries and construction are given in Annex B.

This document does not cover aircraft batteries, covered by IEC 60952 (all parts), and batteries for the propulsion of electric road vehicles, covered by IEC 61982 (all parts).

NOTE High-temperature batteries are electrochemical systems whose cells' internal minimum operating temperature is above 100 °C.

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 62902, *Secondary cells and batteries – Marking symbols for identification of their chemistry*

IEC 62984-1:2020, *High-temperature secondary batteries – Part 1: General requirements*

IEC 62984-2:2020, *High-temperature secondary batteries – Part 2: Safety requirements and tests*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62984-1 and the following apply.

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

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

3.1 Battery construction

Refer to IEC 62984-1:2020, 3.1.

3.2 Battery functionality

The definitions of IEC 62984-1:2020, 3.2 and the following apply:

3.2.16

residual capacity

capacity remaining in a cell or battery following a discharge, operation or storage under specific test conditions

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-16]

3.2.17

discharge voltage

U_d

closed circuit voltage

DEPRECATED: on load voltage

<related to cells or batteries> voltage between the terminals of a cell or battery when being discharged

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-28, modified – Added symbol, "closed circuit voltage" changed to an admitted term, and term entry updated editorially.]

3.2.18

end-of-discharge voltage

final voltage

cut-off voltage

end-point voltage

specified voltage of a battery at which the battery discharge is terminated

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30, modified – Synonyms given as admitted terms, and term entry updated editorially.]

3.2.19

open-circuit voltage

<related to cells or batteries> voltage of a cell or battery when the discharge current is zero

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-32, modified – Updated editorially.]

3.2.20

battery endurance

numerically defined performance of a battery during a given test simulating specified conditions of service

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-44]

3.2.21

cycling

<of a cell or battery> set of operations that is carried out on a secondary cell or battery and is repeated regularly in the same sequence

Note 1 to entry: In a secondary battery these operations may consist of a sequence of a discharge followed by a charge or a charge followed by a discharge under specified conditions. This sequence may include rest periods.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-28, modified – Updated editorially.]

3.2.22

boost charge

accelerated charge applied at greater than normal values of electric currents or of voltages (for a particular design) during a short time interval

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-37]

3.2.23

constant current charge

charge during which the electric current is maintained at a constant value regardless of the battery voltage or temperature

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-38]

3.2.24

two step charge

charging method applied to a secondary battery using two levels of charge rate with feedback control to initiate the changeover from a high to a low charge rate

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-48]

3.2.25

constant voltage charge

charge during which the voltage is maintained at a constant value regardless of charge current or temperature

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-49]

3.2.26

energy efficiency

η

ratio of the electric energy provided from a secondary battery during discharge to the electric energy supplied to the battery during the preceding charge

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-53, modified – The symbol has been added.]

3.2.27

warm-up

process of activation of the cells inside a high-temperature battery by the application of heat from the ambient temperature up to their operating temperature

3.2.28

cool-down

process of inactivation of the cells inside a high-temperature battery due to their decrease of temperature from the operating range down to a value where all the active material is inactivated

3.2.29

freeze-thaw cycle

cycle composed of a warm-up and a subsequent cool-down of a high-temperature battery

3.3 Symbols and abbreviated terms

The list of symbols and abbreviated terms, including some of those already defined in IEC 62984-1:2020, is given in Table 1.

Table 1 – List of symbols and abbreviated terms

Symbol / abbreviated term	Full term	Reference
BMS	Battery management system	See IEC 62984-1:2020, 3.1.19
BSS	Battery support system	See IEC 62984-1:2020, 3.1.20
C_r	Rated capacity	See IEC 62984-1:2020, 3.2.2
DUT	Device under test	
I_{dn}	Nominal discharge rate	
I_{dMAX}	Maximum continuous discharge rate	
I_{dTR}	Maximum transient discharge rate	
I_t	Charge rate	See IEC 62984-1:2020, 3.2.12
I_{tn}	Nominal charge rate	
LTE	Long term endurance	
PCS	Power conversion system	
SOC	State of charge	See IEC 62984-1:2020, 3.2.13
U_d	Discharge voltage	See 3.2.17
U_n	Nominal voltage	See 3.2.8
W_r	Rated battery energy	
η	Energy efficiency	See 3.2.26

4 Environmental (service) conditions

4.1 General

Refer to IEC 62984-1:2020, 4.1.

4.2 Normal service conditions for stationary installations

Refer to IEC 62984-1:2020, 4.2.

4.3 Special service conditions for stationary installations

Refer to IEC 62984-1:2020, 4.3.

4.4 Normal service conditions for mobile installations (except propulsion)

Refer to IEC 62984-1:2020, 4.4.

4.5 Special service conditions for mobile installations (except propulsion)

Refer to IEC 62984-1:2020, 4.5.

5 Performance requirements

5.1 Electrical requirements

5.1.1 Nominal voltage

The preferred values of nominal voltages of high-temperature sodium-based batteries are given in Table 2.

Table 2 – Preferred values of battery nominal voltages

Voltages in Volts DC

Electrochemical technology	Nominal voltage values				
Na-NiCl	48	110	220	400	600
Na-S	48	110	192	640	768

5.1.2 Discharge rate

5.1.2.1 General

The discharge of a sodium-sulphur battery or a sodium-nickel chloride battery is an exothermic reaction. The total heat generated during discharge is the sum of the exothermic reaction heat from the electrochemical reaction and the heat from the Joule effect due to the internal resistance of the battery. Therefore, the temperature of cells inside the module tends to rise during discharge. Thermal related issues are therefore one of the aspects to be considered when defining the maximum discharge ratings, together with efficiency as a function of discharge rate.

5.1.2.2 Nominal discharge rate (I_{dn})

The nominal discharge rate is defined as the continuous discharge current over the rated discharge duration of 8 h, on which sodium-based battery specifications are based, and this value shall be reported in the rating plate. The nominal discharge rate of sodium-based high-temperature batteries is expressed in accordance with the following formula:

$$I_{dn} = \frac{C_r}{n}$$

where

I_{dn} is the nominal discharge rate in amperes;

C_r is the rated capacity in ampere-hours;

n is the rated discharge time in hours = 8 h.

5.1.2.3 Maximum continuous discharge rate (I_{dMAX})

The maximum continuous discharge rate is defined as the maximum continuous current at which the rated battery capacity can be discharged without exceeding the battery temperature limits. This value shall be declared by the manufacturer and reported in the rating plate.

The maximum continuous discharge rate (I_{dMAX}) may be expressed in terms of power (watts) instead of current (amperes).

5.1.2.4 Maximum transient discharge rate (I_{dTR})

It may however be possible, if additionally specified by the manufacturer, to exceed the maximum discharge rate I_{dMAX} for a short period before reaching thermal or other limits.

The maximum transient discharge rate I_{dTR} is the maximum discharge current that the battery can withstand for a definite time starting from specified conditions.

If a maximum transient discharge rate is declared by the manufacturer it shall be marked on the rating plate with the corresponding transient discharge time.

It is allowed that the manufacturer declares the maximum transient discharge rating in terms of discharge power instead of discharge current.

When I_{dTR} is specified, the value of the transient discharge time is at least 1 min.

The manufacturer may specify additional values of maximum transient discharge rate and time, more suited for specific applications.

5.1.3 Charge rate

5.1.3.1 Reference charge process

The charging process of sodium-based high-temperature batteries involves a moderately endothermic reaction, which generally mostly compensates for the heat generated by ohmic losses due to the Joule effect, so that no temperature rise results.

The limitations in the charging process are therefore mainly of electrochemical nature and are related to the respect of the safe operating limits of the cells. This is managed by the control algorithms implemented within the BMS.

The reference charge process is declared by the manufacturer and described in the battery documentation. It is the charge process on which the specification of the battery is based.

In the simplest case it is a two step charge process in which the first step is a constant current or power charge and the second step is a constant voltage or reduced current charge.

The BMS shall manage the overall charging process in order to avoid stress or damage to the battery.

5.1.3.2 Nominal charge rate (I_{tn})

The nominal charge rate is the reference charge current defined by the manufacturer and reported on the rating plate, that is used to charge the battery during the first step phase of the reference charge process, on which all specifications of the battery are based. The nominal charge rate of sodium-based high-temperature batteries is expressed in accordance with the following formula:

$$I_{tn} = \frac{C_r}{n}$$

where

I_{tn} is the nominal charge rate in amperes;

C_r is the rated capacity in ampere-hours;

n is the rated discharge time in hours = 8 h.

5.1.3.3 Boost charge rate

It may be possible, if additionally specified by the manufacturer, to charge sodium-based high-temperature batteries at a higher charging current during the first charging phase.

This is called a "boost charge".

The boost charge rate is the maximum charging current value that can be used to charge the battery during the first step of the charging process without exceeding the safe operating conditions of the cells inside the battery.

NOTE In this case, the state of charge achieved at the end of this first boosted charging phase will be lower than that achieved at the end of the first phase of the reference charging process.

When the boost charge rate is declared by the manufacturer, it shall be reported in the rating plate with the associated maximum SOC achievable after the boosted charge.

5.1.4 Rated battery energy (W_r)

The rated value of battery energy (see definition in IEC 62984-1:2020, 3.2.3) is usually expressed in W·h and shall be declared by the manufacturer and reported on the rating plate. Battery energy is measured in reference conditions during a discharge at constant power.

5.1.5 Battery auxiliary energy consumption

The auxiliary energy consumption includes all electrical consumptions that do not contribute to the charging of the electrochemical cell but are necessary for the correct and safe behaviour of the battery such as, for example (with reference to IEC 62984-1:2020, Figure 1):

- BMS/BSS power supply;
- heating or cooling of cells;
- cooling of electronic circuits;
- supply of monitoring/communication circuits which are part of the battery.

Auxiliary energy consumption depends on various factors, including charge/discharge cycles and environmental conditions. An evaluation of typical energy consumption in reference conditions, representative of one typical application shall be given by the manufacturer and measured according to the test procedure given in 6.3.1.

5.1.6 Energy efficiency (η)

Energy efficiency, η , as defined in 3.2.26, is defined as the ratio between W_{out} and W_{in} , where W_{out} is the net energy discharged (i.e. the difference between discharged energy and the auxiliary (BMS/BMU/BSS) energy consumption during the discharge phase), and W_{in} is the total charged energy (i.e. the sum of the charged energy and the auxiliary (BMS/BMU/BSS) energy consumption during the charge phase), according to following formula:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{W_{discharge} - W_{aux,discharge}}{W_{charge} + W_{aux,charge}}$$

The energy efficiency of sodium-based high-temperature batteries is mainly affected by the energy consumption of auxiliary circuits, whose major contribution is the energy spent to keep cells within their operating temperature range.

NOTE For this reason, the energy efficiency of a sodium-based high-temperature battery is higher with short standby periods.

To get a realistic evaluation of the energy efficiency, the standard test procedure given in 6.3.2 shall be used. This test procedure depicts a realistic application. It may not be consistent with all of the possible applications, but it makes the test reproducible, letting users compare batteries from different vendors with the same testing conditions.

The energy efficiency, measured according to the test procedure given in 6.3.2, shall be declared by the manufacturer.

5.1.7 Long term endurance (LTE)

Long term endurance is the ability of a battery to retain its initial energy content over a specified lifetime in terms of time or number of charge/discharge cycles.

A sodium-based high-temperature battery shall not decrease its energy content by more than the values described in Table 3, where two classes of performance, LTE class 3 and LTE class 5, are defined according to the allowed energy content loss.

Table 3 – Maximum allowed energy content loss after the test

Battery type	LTE class	Energy content loss (α)
All	3	$\leq 3,0 \%$
	5	$\leq 5,0 \%$

The relevant test procedure and assessment criteria for the long term endurance test are given in 6.3.3.

5.2 Thermal requirements

5.2.1 General

Sodium-based high-temperature batteries are based on an electrochemical process that operates correctly in a given temperature range, well above the normal ambient temperature. As a result, the internal parts of the battery cells shall constantly be kept at the correct working temperature to achieve the specified battery performance. Additional information on sodium-based batteries technology, their chemistries and construction are given in Annex B.

The temperature profile during warming-up and cooling-down of active materials of a battery (contained in the battery cells) shall carefully follow the profile specified by the manufacturer in order to avoid cell damage or incorrect behaviour. This task is normally performed automatically by the battery BMS without intervention by the user, however the battery is not operational until it is within the specified internal temperature range.

The battery BMS shall automatically perform, without user intervention, the management and control of the internal battery temperature in order to prevent the possibility of battery damage due to human error. In particular, the BMS shall prevent battery charge or discharge outside its internal operating temperature range. This has to be ensured also in the case of a loss of power supply to the BMS.

The manufacturer shall declare the minimum number of freeze-thaw (warm-up and cool-down) cycles that the battery can withstand during the whole battery lifecycle. This value shall be reported in the battery datasheet and rating plate.

5.2.2 Warm-up

The BMS shall automatically manage the warm-up phase according to the manufacturer-specified temperature profile. The BMS shall also prevent the user from altering the temperature profile; this is in order to prevent battery damage and/or possible incorrect battery behaviour.

The BMS shall prevent the battery from being charged or discharged during warm-up phase.

5.2.3 Cool-down

The BMS shall automatically manage the cool-down phase according to the manufacturer-specified temperature profile. The BMS shall also prevent the user from manually altering the temperature profile in order to prevent battery damage or possible incorrect battery behaviour.

The BMS shall prevent the battery from being charged or discharged during the cool-down phase and when the battery is cool.

5.2.4 Standby mode

In standby mode, the battery is fully operational and may enter any state of charge or discharge.

The BMS shall automatically keep the internal battery temperature within the manufacturer-specified range when the battery is in the standby mode.

5.2.5 Idle

When in this mode the battery does not exchange energy with the external circuit (e.g. it is disconnected), so it cannot charge or discharge.

The BMS, in this mode, shall be able to (at the choice of the user) either drive the battery into a cool-down process or make use of the stored energy to keep the battery within the operating temperature range. In both cases the BMS shall operate fully automatically.

5.2.6 Freeze-thaw

A cycle composed of a complete cool-down and a new warm-up to the operating temperature is also called freeze-thaw (cycle).

Sodium-based high-temperature batteries are not intended to be freeze-thaw cycled often, and are optimized to steadily keep their internal operating temperature. This minimizes thermal stresses. However, cooling down the battery may be necessary, for example, in case of periodic maintenance. For this reason, the manufacturer may optionally declare the granted number of freeze-thaw cycles that the battery can withstand during its lifetime. This is demonstrated by the relevant test procedure described in 6.5.1.

6 Performance test

6.1 General

6.1.1 Classification of tests

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.1.

6.1.2 Test object selection

6.1.2.1 Device under test (DUT) for type tests

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.2.1.

6.1.2.2 DUT for routine tests

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.2.2.

6.1.2.3 DUT for special test

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.2.3.

6.1.2.4 DUT for site test

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.2.4.

6.1.3 DUT initial conditions before tests

6.1.3.1 Internal temperature

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.3.1.

6.1.3.2 Charge condition before tests

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.3.2.

6.1.4 Measuring equipment

6.1.4.1 Voltage measurements

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.1.

6.1.4.2 Current measurements

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.2.

6.1.4.3 Temperature measurements

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.3.

6.1.4.4 Humidity measurement

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.4.

6.1.4.5 Time measurements

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.5.

6.1.4.6 Power measurements

Refer to IEC 62984-1:2020, 6.1.4.6.

6.2 List of tests

The list of tests is given in Table 4.

In order to allow long duration tests to be carried out in parallel with other tests, it is permitted to use three different specimens for the type tests program, as outlined in Table 4.

Table 4 – List of tests

Category	No.	Test name	Subclause	Specimen		
				1	2	3
Routine tests	1	Capacity / energy content combined test	6.4.1	X	X	X
Type tests	2	Battery auxiliary energy consumption test	6.3.1	X		
	3	Energy efficiency test	6.3.2	X		
	4	Maximum continuous discharge rate test	6.3.4	X		
	5	Maximum transient discharge rate test	6.3.5	X		
	6	Boost charge rate test	6.3.6	X		
	7	Long term endurance test	6.3.3		X	
Special tests	8	Freeze-thaw cycle test	6.5.1			X

The sequence of type tests is not mandatory. However, before any type test or special test sequence, the test specimen has to be submitted to the routine test.

6.3 Type tests

6.3.1 Battery auxiliary energy consumption test

The test duration is 18 h and will result in the evaluation of the typical daily energy consumption of auxiliary circuits.

NOTE 1 It is important to extend the test duration to 18 h because power consumption varies during charge, discharge or standby states so it is necessary to average the measurement over a suitable time span.

Before the test, the battery shall be charged to 100 % SOC according to the charging procedure declared by the manufacturer.

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- The battery is charged to 100 % SOC.
- The internal temperature shall be at the upper limit of the hysteresis of the temperature control (in case of on/off control) or at the set point temperature (in case of proportional temperature control).
- The external ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE 2 It is important that the external ambient temperature during the test be within the specified range as it influences the test results.

Test sequence:

- a) Discharge the battery down to 20 % SOC by the nominal discharge rate
- b) Charge the battery up to 100 % SOC according to the charging procedure declared by the manufacturer
- c) Leave the battery in standby until 18 h from the beginning of the test. During this time, the SOC of the battery shall be maintained at 100 %.

For the duration of the test, the energy consumption of the auxiliary circuits shall be measured and computed. The cumulated total shall be reported in the test report.

NOTE 3 In some cases (e.g. where there is the possibility that the BMS drains some power from the battery for self-supply) it can be necessary to modify the DUT for the test, in order to make this measurement possible.

6.3.2 Energy efficiency test

This test can be combined with the test for the battery auxiliary energy consumption.

Before the test, the battery shall be charged to 100 % SOC according to the charging procedure declared by the manufacturer.

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- The battery is charged to 100 % SOC.
- The internal temperature shall be at the upper limit of the hysteresis of the temperature control (in case of on/off control) or at the set point temperature (in case of proportional temperature control).
- The external ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

The test begins with a discharge down to 20 % SOC at nominal discharge rate.

The total energy discharged by the battery shall be recorded together with the energy consumed by the auxiliary circuits during discharge.

After the discharge, a standby period shall be observed until the moment when the heaters turn on again.

Then the battery shall be charged according to the charging procedure declared by the manufacturer up to 100 % SOC.

The total energy charged shall be recorded together with the energy consumed by the auxiliary circuits during charge.

The energy efficiency shall then be calculated using the formula:

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} = \frac{W_{\text{discharge}} - W_{\text{aux,discharge}}}{W_{\text{charge}} + W_{\text{aux,charge}}}$$

where

- η is energy efficiency;
- W_{out} is net discharge energy excluding auxiliary energy consumption;
- W_{in} is total charged energy;
- $W_{\text{discharge}}$ is energy discharged by the battery;
- $W_{\text{aux,discharge}}$ is auxiliary energy consumption during discharge;
- W_{charge} is energy charged to the battery;
- $W_{\text{aux,charge}}$ is auxiliary energy consumption during charge.

6.3.3 Long term endurance test

6.3.3.1 General

This test shall be conducted on a new battery after the routine tests.

The test is composed of two consecutive sequences: RUN-IN sequence, with the scope to stabilize the battery performance, and ENDURANCE sequence to evaluate possible wear of the battery.

Before the test, the battery shall be charged up to 100 % SOC according to the charging procedure declared by the manufacturer.

6.3.3.2 RUN-IN sequence

- a) The battery shall be discharged down to 20 % SOC at the nominal discharge rate. The manufacturer may allow discharging at a higher current to reduce the test duration. It is permitted to perform this discharge at constant power, resulting in equivalent discharge duration.
- b) Then the battery shall be charged according to the charging procedure declared by the manufacturer up to 100 % SOC. The manufacturer may allow charging at higher current to reduce the test duration.
- c) The charge/discharge sequence in a) to b) shall be repeated 50 times to allow the stabilization of the battery capacity.
- d) The energy content of the battery shall then be measured in accordance with the procedure in 6.4.1 and the result recorded. This value is called W_1 .

6.3.3.3 ENDURANCE sequence

- a) The charge/discharge sequence in a) to b) of 6.3.3.2 shall be repeated 300 times.
- b) The energy content of the battery shall be measured in accordance with the procedure in 6.4.1 and the result recorded. This value is called W_2 .

6.3.3.4 Assessment criteria:

- 1) The value of energy content W_1 measured at the end of the run-in sequence (point d) of 6.3.3.2 shall not be lower than the rated energy content declared by the manufacturer.
- 2) Total energy content loss at the end of the endurance sequence is within the limit specified in Table 3, according to the following formula:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \leq \alpha$$

where

W_1 is the battery energy content measured at 50 cycles;

W_2 is the battery energy content measured at 350 cycles (run in 50 cycles + 300 cycles endurance);

α is the maximum energy content loss as described in Table 3.

The manufacturer shall report the actual charge and discharge rates and the measured battery energy value throughout the long term endurance test.

If, for some reason, the test is to be repeated on the same specimen, the RUN-IN sequence may be omitted.

6.3.4 Maximum continuous discharge rate test

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- the battery is charged to 100 % SOC;
- the external ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Test procedure:

The battery under test shall be discharged at the maximum discharge rate declared by the manufacturer until it reaches SOC = 0 %.

Assessment criteria: no interruption of the discharge is permitted due to alarm conditions during the discharge.

6.3.5 Maximum transient discharge rate test

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- the battery is charged to 100 % SOC;
- the external ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

Test procedure (see Figure 1):

- a) The battery shall be discharged at the nominal discharge rate down to 80 % SOC.
- b) The discharge current shall be increased to the maximum transient discharge rate for the specified duration.
- c) The discharge rate shall be returned to the nominal discharge rate and the discharge shall be continued until 20 % SOC.
- d) The discharge rate shall be increased again to the rated maximum transient discharge rate for the specified transient discharge time.
- e) The discharge rate shall be returned to the nominal value until the end-of-discharge condition is met. If, due to the battery size, the end-of-discharge condition is met during point d), then the target SOC at point c) shall be increased so that point d) can be completed.

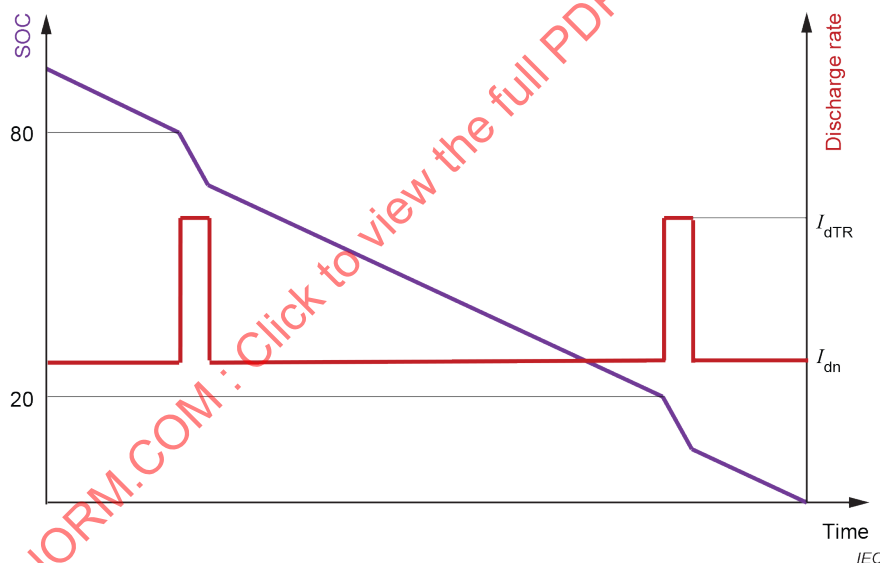


Figure 1 – Transient discharge test

Assessment criteria: no interruption of the discharge is permitted due to thermal alarm during the test.

6.3.6 Boost charge rate test

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- the battery shall be at 0 % of SOC;
- the external ambient temperature is $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE For ease of testing, this test can be performed at the end of the maximum continuous discharge rate test (6.3.4) or after the maximum transient discharge rate test (6.3.5).

Test procedure:

- a) The battery shall be charged at a constant charge rate equal to the boost charge rate declared by the manufacturer from 0 % SOC up to the point where the BMS will switch to the second step of the charging process. The SOC of this transition point shall be recorded.
- b) The charging process shall be brought to completion.

Assessment criteria:

The SOC of the transition point recorded at point a) shall not be lower than the maximum allowable SOC declared by the manufacturer for the boost charge, and no interruption of the boost charge is admitted due to alarms related to the charging process.

6.4 Routine tests

6.4.1 Capacity / energy content combined test

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- The battery shall be in a fully charged state.

NOTE A battery is brought to a fully charged state when the charging process is terminated when reaching the upper cut-off voltage rather than at 100 % of SOC.

Discharge-charge procedure:

1) Discharge method 1:

The battery shall be fully discharged at the nominal discharge rate I_{dn} specified in 5.1.2.2 until the lower cut-off voltage declared by the manufacturer is reached. The discharge current shall be monitored during the discharge process and the cumulated ampere hours shall be computed.

The cumulated ampere hours measured during this discharge are the measure of the actual available capacity of the test battery.

During this test it is possible to co-generate the measurement of energy content by integration over discharge time of the product of discharge current by discharge voltage, according to the following equation:

$$W_{\text{test}} = \int_{t_0}^{t_1} u_d(t) \cdot I_{dn} \cdot dt$$

where

W_{test} is the value of the energy content;

$u_d(t)$ is the battery discharge voltage during the test;

I_{dn} is the battery nominal discharge rate;

t_0 is the time at starting point of the discharge;

t_1 is the time at finishing point of the discharge.

2) Discharge method 2:

Alternatively, it is permitted to carry out the same discharge as method 1 but at constant power whose value is equal to the value obtained by multiplying nominal voltage and nominal discharge rate, according to the following formula:

$$P_{\text{test}} \geq U_n \cdot I_{dn}$$

where

P_{test} is the value of the discharge at constant power;

U_n is the battery nominal voltage;

I_{dn} is the battery nominal discharge rate.

The discharge power shall be kept constant within ± 1 % of the set value, and the discharge time shall be measured.

The capacity is calculated by integration of current during the time. In this case the battery energy in watt hours is the result of the measured discharge time multiplied by the discharge power.

An example of the charge-discharge process is given in Figure 2.

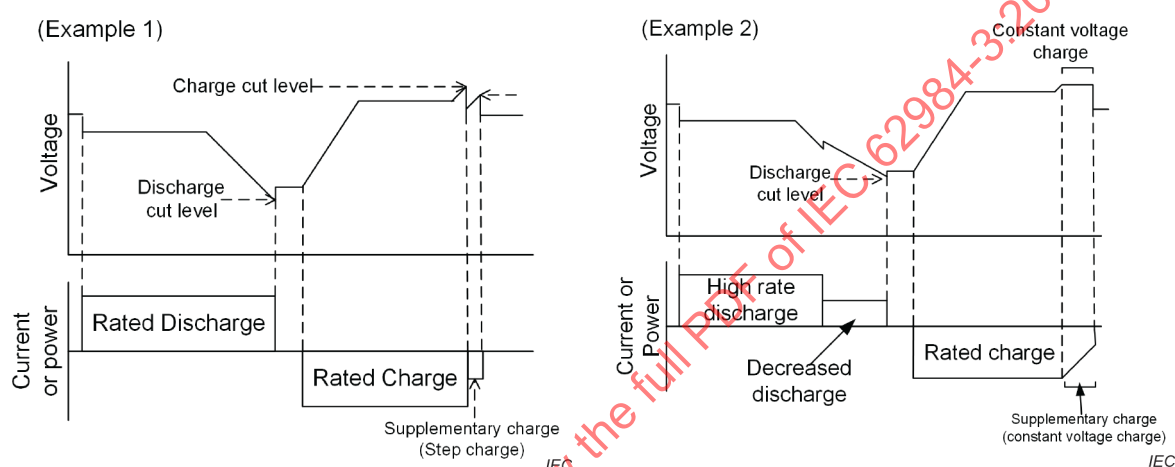


Figure 2 – Example of capacity test

Assessment criteria:

The measured capacity and energy shall not be lower than the rated capacity and energy declared by the manufacturer. Rated energy is also reported in the rating plate.

The manufacturer may allow discharging at a higher rate to reduce the test duration. (See Figure 2, Example 2.) This higher rate shall be recorded in the test report.

6.5 Special tests

6.5.1 Freeze-thaw cycle test

Before the test, the battery shall be charged to 100 % SOC according to the charging procedure declared by the manufacturer.

The conditions of the battery at the beginning of the test are the following:

- The battery is fully charged.

Freeze-thaw procedure:

To evaluate the battery endurance to freeze-thaw cycle declared by manufacturer, the freeze-thaw cycle test shall be conducted according to the following sequence:

- a) The energy content of the battery shall be measured according to the procedure in 6.4.1 and the result recorded. This value is called W_1 and corresponds to the battery energy before the freeze-thaw test.
- b) The battery shall be cooled down until the temperature cell compartment measured by suitable sensors is 80 °C or less. This temperature means that active material of the battery is completely solidified.
- c) After cooling down, the battery shall be warmed up to within the operating temperature range specified by the manufacturer.
- d) The sequence from b) to c) is repeated for the number of freeze-thaw cycles declared by the manufacturer.
- e) After the freeze-thaw cycles, the energy content of the battery shall be measured according to the procedure in 6.4.1 and the result recorded. This value is called W_2 and corresponds to the battery energy after the freeze-thaw test.

Assessment criteria: Total energy content loss is within the limit specified in Table 3 according to the following formula:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \leq \alpha$$

where

W_1 is the battery energy measured at point a);

W_2 is the battery energy measured at point e);

α is the maximum energy content loss as described in Table 3.

7 Markings

7.1 General

Subclause 7.1 of IEC 62984-1:2020 applies.

7.2 Data plate marking

Subclause 7.2 of IEC 62984-1:2020 is applicable with the following additional items:

- j) Nominal discharge rate (I_{dn});
- k) Nominal charge rate (I_{tn});
- l) Rated battery energy (W_r);
- m) Maximum continuous discharge rate (I_{dMAX});
- n) Reference auxiliary energy consumption;
- o) Energy efficiency (η);
- p) Long term endurance class (LTE);
- q) Battery electrochemical type, according to the markings listed in Figure 3 (a) or (b). Background colour shall be yellow RAL 1018 or 1021 or 1023. Other aspects such as dimensions, fonts, recycling symbol and so on, are in accordance with IEC 62902.

Additional items that may optionally be declared by the manufacturer:

- r) Maximum transient discharge rate (I_{dTR}) and relevant transient discharge time;
- s) Boost charge rate and relevant maximum achievable SOC;
- t) Rated number of freeze-thaw cycles that the battery can withstand.

**Figure 3 – Markings for sodium-based batteries**

An example data plate is given in Figure 4.

		IEC 62984-3		(0)		(1)	
Type:	(2)			Serial no.	(3)		(4)
Voltage:	(5)	V DC		$W_r =$	(6) kWh	Mass	(7) kg
Temp.:	(8)	°C		$I_{dn} =$	(9) A	$I_{dMAX} =$	(10) A
Auxiliary consumption =	(12)	kWh		$\eta =$	(13)	LTE class:	(14)
Freeze-thaw cycles:	(15)			$I_{dTR} =$	(16) A	Time =	(17) min.

Key

- (0) Na-Ni or Na-S
- (1) manufacturer's name, logo and address
- (2) type
- (3) serial number
- (4) year
- (5) nominal voltage
- (6) rated energy
- (7) weight
- (8) rated temperature range
- (9) nominal discharge rate
- (10) maximum discharge rate
- (11) nominal charge rate
- (12) auxiliary energy consumption
- (13) efficiency
- (14) long term endurance class: 3 or 5
- (15) rated number of freeze-thaw cycles
- (16) maximum transient discharge current
- (17) transient discharge time

Figure 4 – Example of data plate**8 Rules for transportation, installation and maintenance****8.1 Transportation**

Subclause 8.1 of IEC 62984-2:2020 applies, with the following additional text:

The transportation recommendations provided by the manufacturer in the instruction manual shall be followed as far as possible.

Sodium-based high-temperature batteries shall be transported and, in general, moved when at non-operational temperature. This is because in that condition all active materials inside cells are in solid state and thus cells are more resistant to vibrations, bumps and rough handling.

However, the manufacturer may allow the movement of batteries in active state in specific cases and under specific conditions.

8.2 Installation

Subclause 8.2 of IEC 62984-2:2020 applies, with the following additional text:

The installation instructions provided by the manufacturer in the instruction manual shall be followed.

8.3 Maintenance

Subclause 8.3 of IEC 62984-2:2020 is applicable.

9 Documentation

9.1 Instruction manual

Subclause 9.1 of IEC 62984-1:2020 is applicable.

9.2 Test report

A copy of the routine test report shall be made available to the customer. See Annex A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62984-3:2020

Annex A (informative)

Standard template for report of test results and description of the DUT – Report of type test

A.1 Example 1

Type test (IEC 62984-3)					
Battery type:					
Model no.:					
Subclause	Test item	DUT no.	Test results	Pass/Fail	Attached test report
6.3.1	Battery auxiliary energy consumption test				
6.3.2	Energy efficiency test				
6.3.4	Maximum continuous discharge rate test				
6.3.5	Maximum transient discharge test				
6.3.6	Boost charge rate test				
6.3.3	Long term endurance test				
Additional information					

Test report #	1		
Test item	Battery auxiliary energy consumption test		
Applied standard	IEC 62984-3:2020	Subclause	6.3.1
Date	DD/MM/YYYY		
Condition	Temperature: XX °C, Humidity: XX %		
Test results	Pass/Fail:		
	Measured value: XX kWh		
	Tested by	Witnessed by	Approved by
DUT information			
Test detail			

A.2 Example 2

TEST REPORT FORMAT on IEC 62984-3 High-temperature secondary batteries – Part 3: Sodium-based batteries – Performance requirements and tests					
Test object:					
Product name: Chemistry: Application: ☐ RESIDENTIAL ☐ INDUSTRIAL ☐ SUBSTATION ☐ MOBILE Model: Quantity:					
Testing period:	<i>From MM DD, YYYY to MM DD, YYYY</i>				
Testing place:					
Reference standard:	IEC 62984-3:2020				
Testing items: refer to the following table					
Subclause	Test items	Test category	Specimen		Pass/Fail
			#	Kind (battery/module)	
6.4.1	Capacity / energy content combined test	Routine test			
6.3.1	Battery auxiliary energy consumption test	Type test			
6.3.2	Energy efficiency test				
6.3.4	Maximum continuous discharge rate test				
6.3.5	Maximum transient discharge rate test				
6.3.6	Boost charge rate test				
6.3.3	Long term endurance test				
6.5.1	Freeze-thaw cycle test	Special test			
Total test result:					
Drafted by		Checked by		Approved by	
Signature		Signature		Signature	
Name, Position Department Company name		Name, Position Department Company name		Name, Position Department Company name	
Report number: Date of issue: MM DD, YYYY		Company stamp or logo			

Test item:	<i>Capacity / energy content combined test</i>		
Test category:	☐ ROUTINE TEST ☐ TYPE TEST ☐ SPECIAL TEST ☐ SITE TEST		
Specimen:	☐ Battery ☐ Module	Testing number:	
Applied standard:	IEC 62984-3:2020	Subclause:	<i>6.4.1</i>
Test condition, before test:	Charged state	<i>100 % SOC</i>	

Test process: refer to the following table

Test processes	DC current/power	Cut-off conditions	Measurement items

Measuring instruments: refer to the measuring instruments list

Test result:

Check item	Description	Criteria	Test results
DUT Capacity/Energy	Measured and cumulated the DUT capacity/energy during test	Shall not be lower than the rated capacity/energy declared by the manufacture	XXX kWh/module XXXX Ah/module

Test date: *MM DD, YYYY*

Tested by	Name, Position Department Company name	Assessed by	Name, Position Department Company name
------------------	--	--------------------	--

Additional information: refer to the following

Image or drawing Picture 1. Rating plate of the tested module	Image or drawing Picture 2. Rating plate of the battery
--	--

Measuring instrument list						
Equipment name	Manufacturer	Model	S/N	Calibration due	Used rating	Accuracy
Energy counter	XXXX	XXXX	XXXX	MM-DD-YYYY	XXX V	±XX %
					XX A	±XX %
Clamp sensor	XXXX	XXXX	XXXX	MM-DD-YYYY	XX A	±XX %
Digital multimeter	XXXX	XXXX	XXXX	MM-DD-YYYY	XXX mV	±XX %
...						
Electrometer	XXXX	XXXX	XXXX	MM-DD-YYYY	XXXX V	±XX %
					XXXX V	±XX %

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62984-3:2020

Annex B (informative)

Description of the technologies

B.1 Sodium-sulphur battery

B.1.1 Principle and features of sodium-sulphur batteries

The principle of a sodium-sulphur battery was discovered by Ford Motors in 1967. Figure B.1 shows the reaction of discharge and charge in a sodium-sulphur battery. A sodium-sulphur battery consists of solid electrolyte which only conducts sodium ions and acts as a separator, sodium being the negative active material and sulphur the positive active material. In discharge, sodium ions move from the negative electrode to the positive electrode through the solid electrolyte, and create sodium polysulfide. When charging, the sodium ions return to the negative electrode. These chemical reactions generate an electromotive force of approximately 2,08 V/cell between the positive electrode and negative electrode. The operation temperature of the sodium-sulphur battery should be kept at more than 300 °C because the melting point of sodium polysulfide is 285 °C.

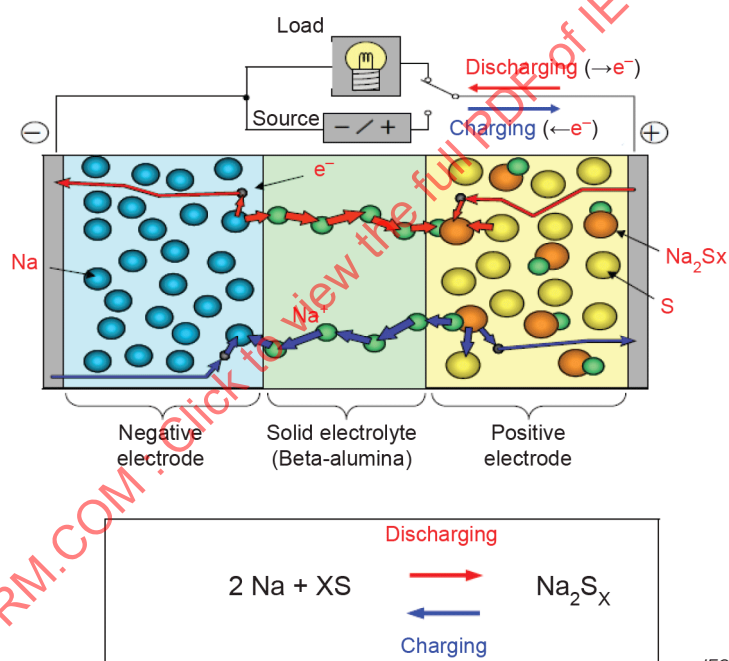


Figure B.1 – Principle of the sodium-sulphur battery

B.1.2 Structure of the sodium-sulphur battery

B.1.2.1 Cell

Figure B.2 shows the structure of a sodium-sulphur cell. The cell is cylindrical in shape and consists of sodium at the centre, sulphur at the outside and solid electrolyte between the sodium and sulphur. Sulphur soaks into carbon felt to keep electron conductivity.

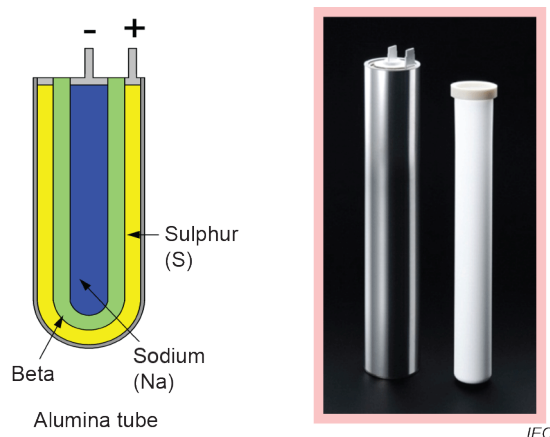


Figure B.2 – Cell structure

B.1.2.2 Module

A module contains many cells within a temperature controlled vacuum insulated container. As previously noted, the cells shall remain above 300 °C. The structure of a module is shown in Figure B.3. The outer double layer vacuum insulation container minimizes heating power, improving system efficiency. Fuses are located at every series cell connection to prevent overcurrent. Dry sand fills the module between and above cells. It serves several purposes: it increases the thermal mass of the system and, in an emergency, it will absorb any leaked material.

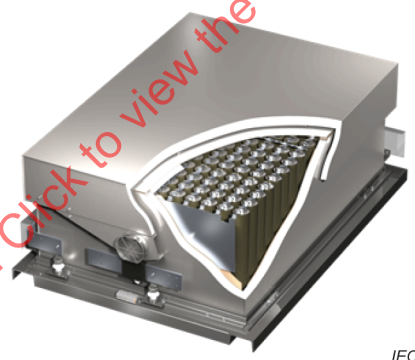


Figure B.3 – Module structure

B.1.2.3 Battery

Modules are connected in series and in parallel to adjust the voltage and current to the power conversion system (PCS). Modules are set in an enclosure or a container equipped with a battery management system (BMS). The BMS measures voltage, current and temperature of modules, communicating with the PCS so that the modules are maintained within their appropriate operational range. The BMS also controls module temperature at around 300 °C. Examples of battery arrangements are shown in Figure B.4.



Figure B.4 – Battery structure

B.2 Sodium-nickel battery

B.2.1 Principle and features of the sodium-nickel cell

Sodium-nickel chloride cells have liquid sodium as the negative electrode and use a solid electrolyte to separate this electrode from the positive electrode composed of a mixture of metals and metal chlorides.

Sodium-nickel chloride cells include a secondary electrolyte of molten sodium tetrachloroaluminate (NaAlCl_4) in the positive electrode. The molten salt electrolyte enables the diffusion of sodium ions from the solid electrolyte to the metal chloride reaction site.

The overall cell reaction is shown in Figure B.5:



Key:

M = Ni, Fe

Figure B.5 – Overall cell reaction

The open-circuit voltage of the cell is 2,58 V for M = Ni and 2,35 V for M = Fe.

During discharge, the sodium reacts with the metal chloride to produce sodium chloride (table salt) and metal (nickel or iron). During charge, the process takes place in the reverse direction, and the negative electrode contains sodium while the positive electrode contains metal chloride. The cell operates at between 250 °C and 350 °C. At this temperature, the sodium and the secondary electrolyte (NaAlCl_4) are molten and the ionic conductivity of the solid electrolyte is high enough.

B.2.2 Structure of sodium-nickel cell

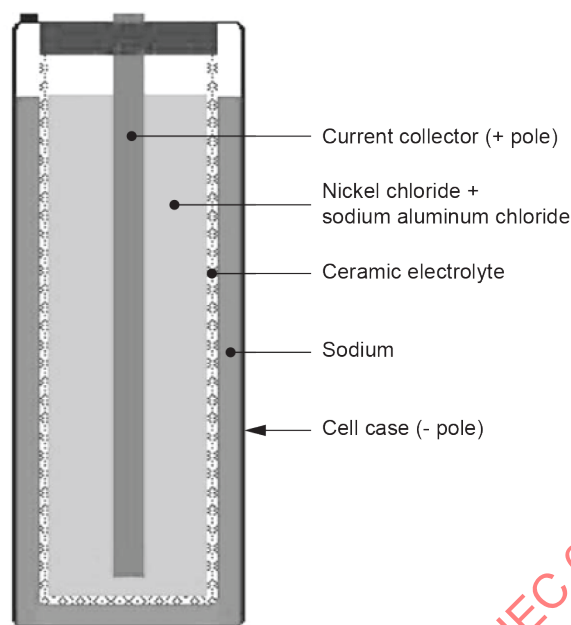


Figure B.6 – Schematic diagram of a sodium-nickel cell

A schematic diagram of a sodium-nickel chloride cell is depicted in Figure B.6. In this standard configuration, the sodium is located on the outside of the $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ electrolyte (outside sodium). The positive electrode itself is then contained within the electrolyte. In a fully charged cell, this electrode is a porous nickel matrix that is partially chlorinated to nickel dichloride. The remaining nickel backbone serves as part of the positive-electrode current collector. The matrix is impregnated with the NaAlCl_4 molten salt.

B.2.3 Battery design

The battery packs are realized connecting single cells in series and parallel by means of laser welded connectors made of corrosion-proof nickel alloys. Several different connection configurations are possible for each battery design to obtain the required battery voltage and rated capacity. The cell pack is surrounded by a double walled stainless steel box with a gap between the metal boxes filled with a high performance thermal insulating material. To provide a better thermal insulation it is possible to evacuate air from the insulating material as in a Dewar flask. The vacuum solution increases the thermal insulation and reduces the heat losses during operation. The battery maintains the operating temperature by means of insulated heaters located in the cell pack.

The battery housing is equipped with the electronic BMS. The BMS measures the battery parameters: current, voltage, and temperature. The BMS ensures optimal thermal management of the cell pack by activating the heaters, i.e. when the battery is below service temperature or deactivating them when it is over the minimal service temperature limit. Thus the battery performance is not affected by the external temperature.

Bibliography

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

IEC 60952 (all parts), *Aircraft batteries*

IEC 61982 (all parts), *Secondary batteries (except lithium) for the propulsion of electric road vehicles*

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62984-3:2020

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62984-3:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	40
3.1 Construction de la batterie	41
3.2 Fonctionnalité de la batterie	41
3.3 Symboles et abréviations	43
4 Conditions environnementales (de service)	43
4.1 Généralités	43
4.2 Conditions normales de service pour installations fixes	43
4.3 Conditions particulières de service pour installations fixes	43
4.4 Conditions normales de service pour installations mobiles (à l'exception de la propulsion)	43
4.5 Conditions particulières de service pour installations mobiles (à l'exception de la propulsion)	43
5 Exigences relatives aux qualités de fonctionnement	44
5.1 Exigences électriques	44
5.1.1 Tension nominale	44
5.1.2 Taux de décharge	44
5.1.3 Taux de charge	45
5.1.4 Énergie assignée d'une batterie (W_T)	46
5.1.5 Consommation auxiliaire d'énergie d'une batterie	46
5.1.6 Rendement en énergie (η)	47
5.1.7 Endurance à long terme (LTE)	47
5.2 Exigences thermiques	48
5.2.1 Généralités	48
5.2.2 Échauffement	48
5.2.3 Refroidissement	48
5.2.4 Mode en état de veille	48
5.2.5 État vacant	49
5.2.6 Gel-dégel	49
6 Essais des qualités de fonctionnement	49
6.1 Généralités	49
6.1.1 Classification des essais	49
6.1.2 Choix de l'objet d'essai	49
6.1.3 Conditions initiales du DUT avant les essais	49
6.1.4 Équipement de mesure	50
6.2 Liste des essais	50
6.3 Essais de type	51
6.3.1 Essai de la consommation auxiliaire d'énergie d'une batterie	51
6.3.2 Essai du rendement en énergie	51
6.3.3 Essai d'endurance à long terme	52
6.3.4 Essai du taux maximal de décharge continue	53
6.3.5 Essai du taux maximal de décharge transitoire	53
6.3.6 Essai du taux de charge rapide	54
6.4 Essais individuels de série	55
6.4.1 Essai combiné capacité / contenu énergétique	55

6.5	Essais spéciaux	57
6.5.1	Essai du cycle de gel-dégel	57
7	Marquages	57
7.1	Généralités	57
7.2	Marquage des plaques signalétiques	57
8	Règles concernant le transport, l'installation et la maintenance	59
8.1	Transport	59
8.2	Installation	59
8.3	Maintenance	59
9	Documentation	59
9.1	Manuel d'instructions	59
9.2	Rapport d'essai	59
Annexe A (informative) Modèle normalisé de rapport de résultats d'essai et description du DUT – Rapport de l'essai de type		60
A.1	Exemple 1	60
A.2	Exemple 2	62
Annexe B (informative) Description des technologies		65
B.1	Batterie sodium-soufre	65
B.1.1	Principe et caractéristiques des batteries sodium-soufre	65
B.1.2	Structure des batteries sodium-soufre	66
B.2	Batterie sodium-nickel	67
B.2.1	Principe et caractéristiques des éléments sodium/nickel	67
B.2.2	Structure des éléments sodium-nickel	68
B.2.3	Conception de la batterie	68
Bibliographie		70
Figure 1 – Essai de décharge transitoire		54
Figure 2 – Exemple d'essai de capacité		56
Figure 3 – Marquages pour batteries au sodium		58
Figure 4 – Exemple de plaque signalétique		58
Figure B.1 – Principe des batteries sodium-soufre		65
Figure B.2 – Structure d'un élément		66
Figure B.3 – Structure d'un module		66
Figure B.4 – Structure d'une batterie		67
Figure B.5 – Réaction globale des éléments		67
Figure B.6 – Diagramme schématisé d'un élément sodium-nickel		68
Tableau 1 – Liste des symboles et des abréviations		43
Tableau 2 – Valeurs préférentielles de tension nominale de batteries		44
Tableau 3 – Perte énergétique maximale admise après l'essai		47
Tableau 4 – Liste des essais		50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

BATTERIES D'ACCUMULATEURS À HAUTE TEMPÉRATURE –**Partie 3: Batteries au sodium –
Exigences et essais relatifs aux qualités de fonctionnement****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 62984-3 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

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

FDIS	Rapport de vote
21/1040/FDIS	21/1048/RVD

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

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

Ce document doit être lu conjointement avec l'IEC 62984-1:2020.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62984, publiées sous le titre général *Batteries d'accumulateurs à haute température*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo « colour inside » qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle 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 62984-3:2020

BATTERIES D'ACCUMULATEURS À HAUTE TEMPÉRATURE –

Partie 3: Batteries au sodium – Exigences et essais relatifs aux qualités de fonctionnement

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62984 spécifie les exigences relatives aux qualités de fonctionnement et les procédures d'essai relatives aux batteries au sodium à haute température pour usage mobile et/ou fixe et dont la tension assignée ne dépasse pas 1 500 V.

Les batteries au sodium comprennent les batteries sodium-soufre et les batteries sodium-chlorure de nickel; les deux types de batteries sont des batteries à haute température et utilisent un électrolyte conducteur solide au sodium. L'Annexe B donne des informations complémentaires sur la technologie des batteries au sodium, leurs caractéristiques chimiques et leur construction.

Le présent document ne couvre pas les batteries d'aéronefs, couvertes par la série IEC 60952 (toutes les parties), et les batteries pour la propulsion des véhicules routiers électriques, couvertes par l'IEC 61982 (toutes les parties).

NOTE Les batteries à haute température sont des systèmes électrochimiques dont la température interne minimale de fonctionnement des éléments dépasse 100 °C.

2 Références normatives

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

IEC 62902, *Batteries d'accumulateurs – Symboles de marquage pour l'identification de leur caractéristique chimique*

IEC 62984-1:2020, *Batteries d'accumulateurs à haute température – Partie 1: Exigences générales*

IEC 62984-2:2020, *Batteries d'accumulateurs à haute température – Partie 2: Exigences de sécurité et essais*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62984-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

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

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

3.1 Construction de la batterie

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 3.1.

3.2 Fonctionnalité de la batterie

Les définitions de l'IEC 62984-1:2020, 3.2, ainsi que les suivantes, s'appliquent.

3.2.16

capacité résiduelle

capacité restant dans un élément ou une batterie après décharge, utilisation ou stockage dans des conditions d'essais spécifiques

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-16]

3.2.17

tension de décharge

U_d

tension de circuit fermé

DÉCONSEILLÉ: tension chargée

<d'un élément ou d'une batterie> tension électrique entre les bornes d'un élément ou d'une batterie pendant la décharge

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-28, modifiée – Symbole ajouté, « tension de circuit fermé » devient un terme admis, et rédaction de l'article mise à jour.]

3.2.18

tension finale

tension d'arrêt

tension spécifiée pour laquelle la décharge de la batterie est terminée

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30, modifiée – Les synonymes deviennent des termes admis, et rédaction de l'article mise à jour.]

3.2.19

tension de circuit ouvert

<d'un élément ou d'une batterie> tension électrique aux bornes d'un élément ou d'une batterie quand le courant de décharge est nul

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-32, modifiée – Rédaction mise à jour]

3.2.20

endurance de batterie

comportement d'une batterie évalué numériquement lors d'un essai simulant des conditions de service spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-44]

3.2.21

cycle

<d'un élément ou d'une batterie> ensemble d'opérations qui est conduit sur un accumulateur ou une batterie d'accumulateurs et est répété régulièrement selon la même séquence

Note 1 à l'article: Pour une batterie d'accumulateurs, ces opérations peuvent consister en un ensemble d'une décharge suivie d'une charge ou d'une charge suivie d'une décharge dans des conditions spécifiées. Cette séquence peut comprendre des périodes de repos.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-28, modifiée – Rédaction mise à jour]

3.2.22

charge rapide biberonnage

charge effectuée, dans un but particulier, à des courants ou tensions électriques supérieurs à la normale pendant un court intervalle de temps

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-37]

3.2.23

charge à courant constant

charge pendant laquelle le courant électrique est maintenu à une valeur constante indépendamment de la tension ou de la température de la batterie

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-38]

3.2.24

charge à deux courants

méthode de charge d'une batterie d'accumulateurs en utilisant deux niveaux de taux de charge avec une rétroaction pour déclencher le passage entre un taux haut et un taux bas

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-48]

3.2.25

charge à tension constante

charge au cours de laquelle la tension est maintenue à une valeur constante indépendamment du courant de charge ou de la température

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-49]

3.2.26

rendement en énergie

η

rapport de l'énergie électrique obtenue d'une batterie d'accumulateurs pendant la décharge à l'énergie électrique fournie à la batterie d'accumulateurs durant la charge précédente

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-53, modifiée – Le symbole a été ajouté.]

3.2.27

échauffement

processus d'activation des éléments à l'intérieur d'une batterie à haute température par l'application de chaleur à partir de la température ambiante jusqu'à leur température de fonctionnement

3.2.28

refroidissement

processus de désactivation des éléments à l'intérieur d'une batterie à haute température en raison de la diminution de leur température qui passe de la plage de fonctionnement à une valeur à laquelle tous les matériaux actifs sont désactivés

3.2.29

cycle de gel-dégel

cycle comprenant un échauffement et le refroidissement ultérieur d'une batterie à haute température

3.3 Symboles et abréviations

La liste des symboles et des abréviations, dont certains ont déjà été définis dans l'IEC 62984-1:2020, est donnée dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Liste des symboles et des abréviations

Symboles / abréviation	Terme développé	Référence
BMS	Battery management system (système de gestion de batterie)	Voir IEC 62984-1:2020, 3.1.19
BSS	Battery support system (système de support batterie)	Voir IEC 62984-1:2020, 3.1.20
C_r	Capacité assignée	Voir IEC 62984-1:2020, 3.2.2
DUT	Device Under Test (dispositif en essai)	
I_{dn}	Taux de décharge nominal	
I_{dMAX}	Taux maximal de décharge continue	
I_{dTR}	Taux maximal de décharge transitoire	
I_t	Taux de charge	Voir IEC 62984-1:2020, 3.2.12
I_{tn}	Taux de charge nominal	
LTE	Long Term Endurance (Endurance à long terme)	
PCS	Power Conversion System (Système de conversion de puissance)	
SOC	State Of Charge (État de charge)	Voir IEC 62984-1:2020, 3.2.13
U_d	Tension de décharge	Voir 3.2.17
U_n	Tension nominale	Voir 3.2.8
W_r	Énergie assignée d'une batterie	
η	Rendement en énergie	Voir 3.2.26

4 Conditions environnementales (de service)

4.1 Généralités

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 4.1.

4.2 Conditions normales de service pour installations fixes

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 4.2.

4.3 Conditions particulières de service pour installations fixes

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 4.3.

4.4 Conditions normales de service pour installations mobiles (à l'exception de la propulsion)

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 4.4.

4.5 Conditions particulières de service pour installations mobiles (à l'exception de la propulsion)

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 4.5.

5 Exigences relatives aux qualités de fonctionnement

5.1 Exigences électriques

5.1.1 Tension nominale

Le Tableau 2 présente les valeurs préférentielles de tension nominale pour batteries à haute température au sodium.

Tableau 2 – Valeurs préférentielles de tension nominale de batteries

Tensions en volts (courant continu)

Technologie électrochimique	Valeurs de tension nominale				
Na-NiCl	48	110	220	400	600
Na-S	48	110	192	640	768

5.1.2 Taux de décharge

5.1.2.1 Généralités

La décharge d'une batterie sodium-soufre ou d'une batterie sodium-chlorure de nickel est une réaction exothermique. La chaleur totale produite pendant la décharge est la somme de la chaleur produite par la réaction exothermique lors de la réaction électrochimique et de la chaleur émanant de l'effet Joule en raison de la résistance interne de la batterie. Par conséquent, la température des éléments se trouvant dans le module a tendance à augmenter pendant la décharge. Les enjeux thermiques font ainsi partie des aspects à prendre en considération lors de la définition des taux maximaux de décharge, ainsi que le rendement en fonction du taux de décharge.

5.1.2.2 Taux de décharge nominal (I_{dn})

Le taux de décharge nominal est défini comme le courant permanent de décharge pendant une durée assignée de décharge de 8 h, d'après lequel sont fondées les spécifications relatives aux batteries au sodium. Cette valeur doit être indiquée sur la plaque signalétique. Le taux de décharge nominal des batteries à haute température au sodium est exprimé selon la formule suivante:

$$I_{dn} = \frac{C_r}{n}$$

où

I_{dn} est le taux de décharge nominal, en ampères;

C_r est la capacité assignée, en ampères-heures;

n est le temps assigné de décharge, en heures = 8 h.

5.1.2.3 Taux maximal de décharge continue (I_{dMAX})

Le taux maximal de décharge continue est défini comme le courant permanent maximal auquel la capacité assignée de la batterie peut être déchargée sans dépasser les limites de température de la batterie. Cette valeur doit être déclarée par le fabricant et indiquée sur la plaque signalétique.

Le taux maximal de décharge continue (I_{dMAX}) peut être exprimé en termes de puissance (watts) au lieu d'être exprimé en termes de courant (ampères).

5.1.2.4 Taux maximal de décharge transitoire (I_{dTR})

Cependant, il peut être possible, si cela est également spécifié par le fabricant, de dépasser le taux maximal de décharge I_{dMAX} pendant une courte période avant d'atteindre la limite thermique ou une limite d'un autre type.

Le taux maximal de décharge transitoire I_{dTR} est le courant maximal de décharge que la batterie peut supporter pendant un temps défini à partir des conditions spécifiées.

Si un taux maximal de décharge transitoire est déclaré par le fabricant, il doit être indiqué sur la plaque signalétique avec le temps de décharge transitoire correspondant.

Il est admis que le fabricant déclare les taux maximaux de décharge transitoire en fonction de la puissance de décharge au lieu de les déclarer en fonction du courant de décharge.

Lorsque I_{dTR} est spécifié, la valeur du temps de décharge transitoire est d'au moins 1 min.

Le fabricant peut spécifier des valeurs supplémentaires de taux et de temps maximaux de décharge transitoire qui seront plus adaptées à des applications spécifiques.

5.1.3 Taux de charge

5.1.3.1 Processus de charge de référence

Le processus de charge des batteries à haute température au sodium implique une réaction modérément endothermique, qui compense, la plupart du temps, la chaleur produite par les pertes ohmiques dues à l'effet Joule, de sorte qu'il n'en résulte aucun échauffement.

Par conséquent, les limites du processus de charge sont principalement de nature électrochimique et sont liées au respect des limites de fonctionnement sûr des éléments. Ce respect est géré par des algorithmes de commande mis en œuvre dans le système de gestion de batterie (BMS – *Battery Management System*).

Le processus de charge de référence est déclaré par le fabricant et décrit dans la documentation relative à la batterie. Il s'agit du processus de charge sur lequel repose la spécification relative à la batterie.

Dans le cas le plus simple, il s'agit d'un processus de charge en deux étapes dans lequel la première étape est une charge de courant ou de puissance constante et la seconde étape est une charge de tension constante ou de courant réduit.

Le BMS doit gérer le processus global de charge afin d'éviter toute contrainte ou tout dommage à la batterie.

5.1.3.2 Taux de charge nominal (I_{tn})

Le taux de charge nominal est le courant de charge de référence défini par le fabricant et indiqué sur la plaque signalétique, utilisé pour charger la batterie pendant la première étape du processus de charge de référence, sur lequel reposent toutes les spécifications de la batterie. Le taux de charge nominal des batteries à haute température au sodium est exprimé selon la formule suivante:

$$I_{tn} = \frac{C_r}{n}$$

où

I_{tn} est le taux de charge nominal, en ampères;

C_r est la capacité assignée, en ampères-heures;

n est le temps assigné de décharge, en heures = 8 h.

5.1.3.3 Taux de charge rapide

Il peut être possible, si cela est également spécifié par le fabricant, de charger les batteries à haute température au sodium à un courant de charge supérieur pendant la première phase de charge.

Ce processus est appelé « charge rapide ».

Le taux de charge rapide est la valeur maximale du courant de charge pouvant être utilisée pour charger la batterie pendant la première étape du processus de charge sans dépasser les conditions de fonctionnement sûr des éléments à l'intérieur de la batterie.

NOTE Dans ce cas, l'état de charge atteint à la fin de cette première phase de charge rapide est inférieur à celui atteint à la fin de la première phase du processus de charge de référence.

Lorsque le taux de charge rapide est déclaré par le fabricant, il doit être indiqué sur la plaque signalétique avec l'état de charge (SOC – *state of charge*) maximal associé atteignable après une charge rapide.

5.1.4 Énergie assignée d'une batterie (W_r)

La valeur assignée de l'énergie d'une batterie (voir la définition dans l'IEC 62984-1:2020, 3.2.3) est généralement exprimée en W·h et doit être déclarée par le fabricant et indiquée sur la plaque signalétique. L'énergie d'une batterie est mesurée dans les conditions de référence pendant une décharge à la puissance constante.

5.1.5 Consommation auxiliaire d'énergie d'une batterie

La consommation auxiliaire d'énergie comprend toutes les consommations électriques qui ne contribuent pas à la charge des éléments électrochimiques, mais qui sont nécessaires au comportement correct et sûr de la batterie, par exemple (par référence à la Figure 1 de l'IEC 62984-1:2020):

- alimentation du BMS/BSS;
- chauffage ou refroidissement des éléments;
- refroidissement des circuits électroniques;
- alimentation des circuits de surveillance/communication faisant partie de la batterie.

La consommation auxiliaire d'énergie dépend de divers facteurs, comprenant les cycles de charge/décharge et les conditions environnementales. Une évaluation de la consommation type d'énergie dans les conditions de référence, représentatives d'une application type, doit être fournie par le fabricant et ladite consommation doit être mesurée conformément à la procédure d'essai donnée en 6.3.1.

5.1.6 Rendement en énergie (η)

Le rendement en énergie η , tel que défini en 3.2.26, est défini comme le rapport entre W_{out} et W_{in} , où W_{out} est l'énergie utile déchargée (c'est-à-dire, l'écart entre l'énergie déchargée et la consommation auxiliaire d'énergie (BMS/BMU/BSS) pendant la phase de décharge), et W_{in} est l'énergie totale chargée (c'est-à-dire, la somme de l'énergie chargée et de la consommation auxiliaire d'énergie (BMS/BMU/BSS) pendant la phase de charge), selon la formule suivante:

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} = \frac{W_{\text{discharge}} - W_{\text{aux,discharge}}}{W_{\text{charge}} + W_{\text{aux,charge}}}$$

Le rendement en énergie des batteries à haute température au sodium est principalement affecté par la consommation d'énergie des circuits auxiliaires, qui contribue majoritairement à la dépense de l'énergie pour maintenir les éléments dans leur plage de températures de fonctionnement.

NOTE C'est pour cette raison que le rendement en énergie d'une batterie à haute température au sodium est supérieur avec des courtes périodes en état de veille.

Pour obtenir une évaluation réaliste du rendement en énergie, la procédure normalisée d'essai donnée en 6.3.2 doit être utilisée. Cette procédure d'essai décrit une application réaliste. Elle peut ne pas être cohérente avec toutes les applications possibles, mais elle rend l'essai reproductible en permettant aux utilisateurs de comparer les batteries provenant de différents fournisseurs avec les mêmes conditions d'essai.

Le rendement en énergie, mesuré conformément à la procédure d'essai de 6.3.2, doit être déclaré par le fabricant.

5.1.7 Endurance à long terme (LTE)

L'endurance à long terme est la capacité d'une batterie à conserver son contenu énergétique initial pendant une durée de vie spécifiée en fonction du temps ou du nombre de cycles de charge/décharge.

Le contenu énergétique d'une batterie à haute température au sodium ne doit pas diminuer au-delà des valeurs spécifiées dans le Tableau 3, dans lequel deux classes de qualités de fonctionnement, la classe de LTE 3 et la classe de LTE 5, sont définies selon la perte énergétique admise.

Tableau 3 – Perte énergétique maximale admise après l'essai

Type de batterie	Classe de LTE	Perte énergétique (α)
Tous	3	$\leq 3,0 \%$
	5	$\leq 5,0 \%$

La procédure d'essai pertinente et les critères d'évaluation pour l'essai d'endurance à long terme sont donnés en 6.3.3.

5.2 Exigences thermiques

5.2.1 Généralités

Les batteries à haute température au sodium sont fabriquées à partir d'un processus électrochimique qui fonctionne correctement dans une plage donnée de températures, nettement supérieures à la température ambiante normale. Par conséquent, les parties internes des éléments de batteries doivent en permanence être maintenues à la bonne température de travail pour atteindre les qualités de fonctionnement spécifiées de la batterie. L'Annexe B donne des informations complémentaires sur la technologie des batteries au sodium, leurs caractéristiques chimiques et leur construction.

Le profil des températures pendant l'échauffement et le refroidissement des matériaux actifs d'une batterie (contenus dans les éléments d'une batterie) doit respecter scrupuleusement le profil spécifié par le fabricant afin d'éviter tout dommage ou comportement incorrect des éléments. Cette tâche est normalement effectuée de manière automatique par le BMS de la batterie sans intervention de l'utilisateur. Cependant, la batterie n'est pas opérationnelle tant que sa température ne se trouve pas dans la plage spécifiée de températures internes.

Le BMS de la batterie doit exécuter automatiquement, sans intervention de l'utilisateur, la gestion et le contrôle de la température interne de la batterie afin de prévenir les éventuels dommages de la batterie en raison d'une erreur humaine. Le BMS doit notamment empêcher la charge ou la décharge de la batterie en dehors de sa plage de températures internes de fonctionnement. Ceci doit également être garanti en cas de perte d'alimentation du BMS.

Le fabricant doit déclarer le nombre minimal de cycles de gel-dégel (échauffement et refroidissement) que la batterie peut supporter pendant l'intégralité de son cycle de vie. Cette valeur doit être consignée sur la fiche technique et la plaque signalétique de la batterie.

5.2.2 Échauffement

Le BMS doit gérer de manière automatique la phase d'échauffement conformément au profil des températures spécifié par le fabricant. Le BMS doit également empêcher l'utilisateur de modifier le profil des températures, et ce, afin d'éviter tout dommage et/ou éventuel comportement incorrect de la batterie.

Le BMS doit empêcher la charge ou la décharge de la batterie pendant la phase d'échauffement.

5.2.3 Refroidissement

Le BMS doit gérer de manière automatique la phase de refroidissement conformément au profil des températures spécifié par le fabricant. Le BMS doit également empêcher l'utilisateur de modifier manuellement le profil des températures afin d'éviter tout dommage et/ou éventuel comportement incorrect de la batterie.

Le BMS doit empêcher la charge ou la décharge de la batterie pendant la phase de refroidissement et lorsque la batterie est froide.

5.2.4 Mode en état de veille

En mode en état de veille, la batterie est complètement opérationnelle et peut entrer dans un état quelconque de charge ou de décharge.

Le BMS doit maintenir de manière automatique la température interne de la batterie dans la plage spécifiée par le fabricant lorsque la batterie est en mode en état de veille.

5.2.5 État vacant

Lorsqu'elle est dans ce mode, la batterie n'échange pas d'énergie avec le circuit externe (elle est par exemple déconnectée). Par conséquent, elle ne peut pas être chargée ou déchargée.

Le BMS, dans ce mode, doit pouvoir (sur décision de l'utilisateur) entraîner la batterie dans un processus de refroidissement ou utiliser l'énergie stockée pour maintenir la température de la batterie dans la plage de températures de fonctionnement. Dans les deux cas, le BMS doit fonctionner totalement de manière automatique.

5.2.6 Gel-dégel

Un cycle constitué d'un refroidissement complet et d'un nouvel échauffement jusqu'à atteindre la température de fonctionnement est également appelé (cycle de) « gel-dégel ».

Les batteries à haute température au sodium ne sont pas destinées à être soumises à des cycles de gel-dégel de manière fréquente et sont optimisées pour maintenir de manière régulière leur température interne de fonctionnement. Ceci réduit le plus possible les contraintes thermiques. Cependant, le refroidissement de la batterie peut être nécessaire, par exemple, en cas de maintenance périodique. C'est pourquoi le fabricant peut, de manière facultative, déclarer le nombre autorisé de cycles de gel-dégel que la batterie peut supporter pendant sa durée de vie. Ceci est démontré par la procédure pertinente d'essai décrite en 6.5.1.

6 Essais des qualités de fonctionnement

6.1 Généralités

6.1.1 Classification des essais

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.1.

6.1.2 Choix de l'objet d'essai

6.1.2.1 Dispositif en essai (DUT) pour essais de type

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.2.1.

6.1.2.2 DUT pour essais individuels de série

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.2.2.

6.1.2.3 DUT pour essais spéciaux

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.2.3.

6.1.2.4 DUT pour essais sur site

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.2.4.

6.1.3 Conditions initiales du DUT avant les essais

6.1.3.1 Température interne

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.3.1.

6.1.3.2 Condition de charge avant les essais

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.3.2.

6.1.4 Équipement de mesure

6.1.4.1 Mesurages de tension

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.1.

6.1.4.2 Mesurages de courant

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.2.

6.1.4.3 Mesurages de température

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.3.

6.1.4.4 Mesurages d'humidité

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.4.

6.1.4.5 Mesurages du temps

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.5.

6.1.4.6 Mesurages de puissance

Se reporter à l'IEC 62984-1:2020, 6.1.4.6.

6.2 Liste des essais

Le Tableau 4 présente la liste des essais.

Afin de permettre la réalisation des essais de longue durée en parallèle avec d'autres essais, il est admis d'utiliser trois éprouvettes différentes pour le programme d'essais de type, comme spécifié dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Liste des essais

Catégorie	N°	Nom de l'essai	Paragraphe	Éprouvette		
				1	2	3
Essais individuels de série	1	Essai combiné capacité / contenu énergétique	6.4.1	X	X	X
Essais de type	2	Essai de la consommation auxiliaire d'énergie d'une batterie	6.3.1	X		
	3	Essai du rendement en énergie	6.3.2	X		
	4	Essai du taux maximal de décharge continue	6.3.4	X		
	5	Essai du taux maximal de décharge transitoire	6.3.5	X		
	6	Essai du taux de charge rapide	6.3.6	X		
	7	Essai d'endurance à long terme	6.3.3		X	
Essais spéciaux	8	Essai du cycle de gel-dégel	6.5.1			X

La séquence d'essais de type n'est pas obligatoire. Cependant, avant toute séquence d'essais de type ou d'essais spéciaux, l'éprouvette d'essai doit être soumise à l'essai individuel de série.

6.3 Essais de type

6.3.1 Essai de la consommation auxiliaire d'énergie d'une batterie

L'essai dure 18 h et donne lieu à l'évaluation de la consommation quotidienne type d'énergie des circuits auxiliaires.

NOTE 1 Il est important d'étendre la durée de l'essai à 18 h en raison de la variation de la consommation de puissance pendant la charge, la décharge ou l'état de veille de sorte qu'il soit nécessaire de moyenner le mesurage pendant un intervalle approprié de temps.

Avant l'essai, la batterie doit être chargée à un SOC de 100 %, conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant.

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- La batterie est chargée à un SOC de 100 %.
- La température interne doit être à la limite supérieure de l'hystérèse de la régulation thermique (en cas de régulation marche/arrêt) ou à la température du point de consigne (en cas de régulation thermique proportionnelle).
- La température ambiante externe est de $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE 2 Il est important que la température ambiante externe pendant l'essai se trouve dans la plage spécifiée, car elle influe sur les résultats d'essai.

Séquence d'essais:

- a) Décharge de la batterie jusqu'à un SOC de 20 % par le taux de décharge nominal.
- b) Charge de la batterie jusqu'à un SOC de 100 %, conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant.
- c) État de veille de la batterie jusqu'à 18 h à partir du début de l'essai. Pendant ce temps, le SOC de la batterie doit être maintenu à 100 %.

Pendant la durée de l'essai, la consommation d'énergie des circuits auxiliaires doit être mesurée et calculée. Le total cumulé doit être consigné dans le rapport d'essai.

NOTE 3 Dans certains cas (par exemple, lorsqu'il est possible que le BMS draine de la puissance provenant de la batterie pour s'autoalimenter), il peut s'avérer nécessaire de modifier le DUT pour l'essai afin de rendre ce mesurage possible.

6.3.2 Essai du rendement en énergie

Cet essai peut être associé à l'essai de la consommation auxiliaire d'énergie de la batterie.

Avant l'essai, la batterie doit être chargée à un SOC de 100 %, conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant.

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- La batterie est chargée à un SOC de 100 %.
- La température interne doit être à la limite supérieure de l'hystérèse de la régulation thermique (en cas de régulation marche/arrêt) ou à la température du point de consigne (en cas de régulation thermique proportionnelle).
- La température ambiante externe est de $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

L'essai commence par une décharge jusqu'à un SOC de 20 % au taux de décharge nominal.

L'énergie totale déchargée par la batterie doit être consignée ainsi que l'énergie consommée par les circuits auxiliaires pendant la décharge.

Après la décharge, une période de veille doit être observée, jusqu'à ce que les éléments chauffants se remettent en fonctionnement.

Ensuite, la batterie doit être chargée conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant jusqu'à un SOC de 100 %.

L'énergie totale chargée doit être consignée ainsi que l'énergie consommée par les circuits auxiliaires pendant la charge.

Le rendement en énergie doit alors être calculé à l'aide de la formule:

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} = \frac{W_{\text{discharge}} - W_{\text{aux,discharge}}}{W_{\text{charge}} + W_{\text{aux,charge}}}$$

où

η	est le rendement en énergie;
W_{out}	est l'énergie utile de décharge excluant la consommation auxiliaire d'énergie;
W_{in}	est l'énergie totale chargée;
$W_{\text{discharge}}$	est l'énergie déchargée par la batterie;
$W_{\text{aux,discharge}}$	est la consommation d'énergie auxiliaire pendant la décharge;
W_{charge}	est l'énergie chargée dans la batterie;
$W_{\text{aux,charge}}$	est la consommation d'énergie auxiliaire pendant la charge.

6.3.3 Essai d'endurance à long terme

6.3.3.1 Généralités

Cet essai doit être effectué sur une batterie neuve après les essais individuels de série.

L'essai se déroule en deux séquences consécutives: Une séquence RUN-IN (rodage), dans le but de stabiliser les qualités de fonctionnement de la batterie, et une séquence ENDURANCE afin d'évaluer une éventuelle usure de la batterie.

Avant l'essai, la batterie doit être chargée jusqu'à un SOC de 100 %, conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant.

6.3.3.2 Séquence RUN-IN

- La batterie doit être déchargée jusqu'à un SOC de 20 % au taux de décharge nominal. Le fabricant peut autoriser les décharges à un courant supérieur pour réduire la durée de l'essai. Il est admis d'effectuer cette décharge à une puissance constante, ce qui donne lieu à une durée équivalente de décharge.
- Ensuite, la batterie doit être chargée conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant jusqu'à un SOC de 100 %. Le fabricant peut autoriser les charges à un courant supérieur pour réduire la durée de l'essai.
- La séquence charge/décharge de a) à b) doit être répétée 50 fois pour permettre une stabilisation de la capacité de la batterie.
- Le contenu énergétique de la batterie doit alors être mesuré conformément à la procédure de 6.4.1 et le résultat doit être consigné. Cette valeur est appelée W_1 .

6.3.3.3 Séquence ENDURANCE

- a) La séquence charge/décharge de a) à b) de 6.3.3.2 doit être répétée 300 fois.
- b) Le contenu énergétique de la batterie doit être mesuré conformément à la procédure de 6.4.1 et le résultat doit être consigné. Cette valeur est appelée W_2 .

6.3.3.4 Critères d'évaluation

- 1) La valeur du contenu énergétique W_1 mesurée à la fin de la séquence run-in (point d) du 6.3.3.2 ne doit pas être inférieure au contenu énergétique assigné déclaré par le fabricant.
- 2) La perte totale de contenu énergétique à la fin de la séquence d'endurance se trouve dans les limites spécifiées dans le Tableau 3, selon la formule suivante:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \leq \alpha$$

où

W_1 est le contenu énergétique de la batterie mesuré à 50 cycles

W_2 est le contenu énergétique de la batterie mesuré à 350 cycles (50 cycles en RUN-IN + 300 cycles d'endurance);

α est la perte maximale de contenu énergétique telle que décrite dans le Tableau 3.

Le fabricant doit indiquer les taux réels de charge et de décharge ainsi que la valeur énergétique mesurée de la batterie pendant l'intégralité de l'essai d'endurance à long terme.

Si, pour quelque raison que ce soit, l'essai doit être répété sur la même éprouvette, la séquence RUN-IN peut être ignorée.

6.3.4 Essai du taux maximal de décharge continue

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- la batterie est chargée à un SOC de 100 %;
- la température ambiante externe est de 25 °C ± 10 °C.

Procédure d'essai:

La batterie en essai doit être déchargée au taux maximal de décharge déclaré par le fabricant jusqu'à ce qu'elle atteigne un SOC de 0 %.

Critères d'évaluation: aucune interruption de la décharge n'est admise en raison des conditions d'alarme pendant la décharge.

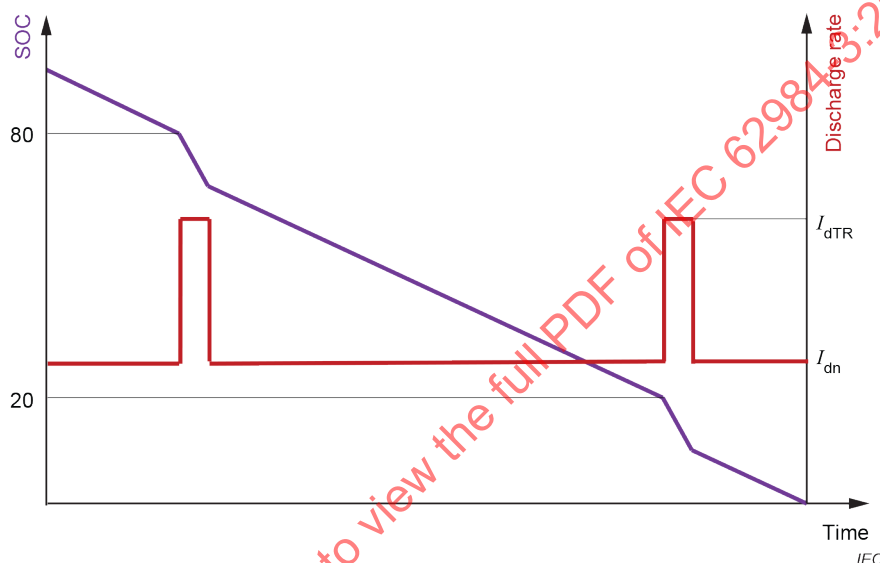
6.3.5 Essai du taux maximal de décharge transitoire

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- la batterie est chargée à un SOC de 100 %;
- la température ambiante externe est de 25 °C ± 10 °C.

Procédure d'essai (voir la Figure 1):

- La batterie doit être déchargée au taux de décharge nominal jusqu'à un SOC de 80 %.
- Le courant de décharge doit être augmenté pour atteindre le taux maximal de décharge transitoire pendant la durée spécifiée.
- Le taux de décharge doit revenir au taux de décharge nominal et la décharge doit être poursuivie jusqu'à un SOC de 20 %.
- Le taux de décharge doit de nouveau être augmenté pour atteindre le taux maximal de décharge transitoire assigné pendant le temps de décharge transitoire spécifié.
- Le taux de décharge doit revenir au taux de décharge nominal jusqu'à ce que la condition de fin de décharge soit atteinte. Si, en raison de la taille de la batterie, la condition de fin de décharge est atteinte pendant le point d), alors le SOC cible au point c) doit être augmenté de sorte que le point d) puisse être satisfait.



Anglais	Français
Discharge rate	Taux de décharge
Time	Temps

Figure 1 – Essai de décharge transitoire

Critères d'évaluation: aucune interruption de la décharge n'est admise en raison de l'alarme thermique pendant l'essai.

6.3.6 Essai du taux de charge rapide

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- la batterie doit avoir un SOC de 0 %;
- la température ambiante externe est de $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE Afin de simplifier les essais, cet essai peut être effectué à la fin de l'essai du taux maximal de décharge continue (6.3.4) ou après l'essai du taux maximal de décharge transitoire (6.3.5).

Procédure d'essai:

- La batterie doit être chargée à un taux constant de charge égal au taux de charge rapide déclaré par le fabricant d'un SOC de 0 % au point auquel le BMS passe à la deuxième étape du processus de charge. Le SOC de ce point de transition doit être consigné.
- Le processus de charge doit être mené à terme.

Critères d'évaluation:

Le SOC du point de transition consigné au point a) ne doit pas être inférieur au SOC maximal admissible déclaré par le fabricant pour la charge rapide et aucune interruption de la charge rapide n'est admise en raison des alarmes liées au processus de charge.

6.4 Essais individuels de série

6.4.1 Essai combiné capacité / contenu énergétique

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- La batterie doit être complètement chargée.

NOTE Une batterie est complètement chargée lorsque le processus de charge est terminé par l'atteinte de la tension finale la plus élevée plutôt que par l'atteinte d'un SOC de 100 %.

Procédure de décharge/charge:

1) Méthode de décharge 1:

La batterie doit être complètement déchargée au taux de décharge nominal de I_{dn} spécifié en 5.1.2.2 jusqu'à ce que la tension finale la plus faible déclarée par le fabricant soit atteinte. Le courant de décharge doit être surveillé pendant le processus de décharge et les ampères-heures cumulés doivent être comptés.

Les ampères-heures cumulés mesurés au cours de cette décharge constituent la mesure de la capacité réelle disponible de la batterie d'essai.

Pendant cet essai, il est possible de cogénérer le mesurage du contenu énergétique par l'intégration, pendant le temps de décharge, du produit du courant de décharge par la tension de décharge, selon l'équation suivante:

$$W_{\text{test}} = \int_{t_0}^{t_1} u_d(t) \cdot I_{dn} \cdot dt$$

où

W_{test} est la valeur du contenu énergétique;

$u_d(t)$ est la tension de décharge de la batterie pendant l'essai;

I_{dn} est le taux de décharge nominal de la batterie;

t_0 est le temps au début de la décharge;

t_1 est le temps à la fin de la décharge.

2) Méthode de décharge 2:

En variante, il est admis d'effectuer la même décharge que celle de la méthode 1, mais à la puissance constante dont la valeur est égale à la valeur obtenue en multipliant la tension nominale par le taux de décharge nominal, selon la formule suivante:

$$P_{\text{test}} \geq U_n \cdot I_{dn}$$

où

P_{test} est la valeur de la décharge à la puissance constante;

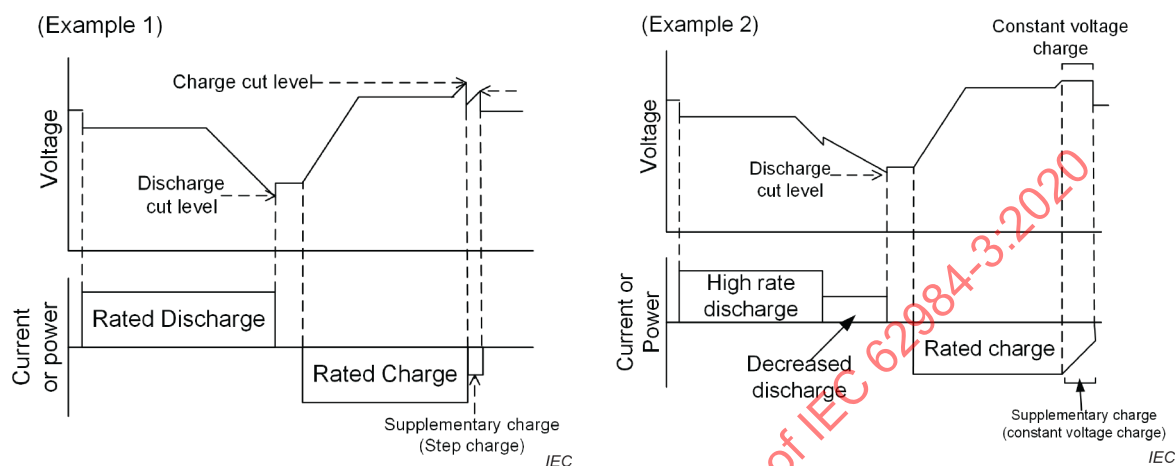
U_n est la tension nominale de la batterie;

I_{dn} est le taux de décharge nominal de la batterie.

La puissance de décharge doit rester constante à ± 1 % de la valeur définie et le temps de décharge doit être mesuré.

La capacité est calculée par l'intégration du courant dans le temps. Dans ce cas, l'énergie de la batterie en wattheures résulte du temps mesuré de décharge multiplié par la puissance de décharge.

La Figure 2 donne un exemple de processus de charge-décharge.



Anglais	Français
Example	Exemple
Voltage	Tension
Current or power	Courant ou puissance
Charge cut level	Niveau de coupure de la charge
Discharge cut level	Niveau de coupure de la décharge
Rated discharge	Décharge assignée
Rated charge	Charge assignée
Supplementary charge (step charge)	Charge supplémentaire (étape de charge)
Constant voltage charge	Charge à tension constante
High rate discharge	Décharge à haut taux
Decreased discharge	Décharge diminuée
Supplementary charge (constant voltage charge)	Charge supplémentaire (charge à tension constante)

Figure 2 – Exemple d'essai de capacité

Critères d'évaluation:

La capacité et l'énergie mesurées ne doivent pas être inférieures à la capacité et à l'énergie assignées déclarées par le fabricant. L'énergie assignée est également indiquée sur la plaque signalétique.

Le fabricant peut autoriser les décharges à un taux supérieur pour réduire la durée de l'essai. (Voir l'Exemple 2 de la Figure 2). Ce taux supérieur doit être consigné dans le rapport d'essai.

6.5 Essais spéciaux

6.5.1 Essai du cycle de gel-dégel

Avant l'essai, la batterie doit être chargée à un SOC de 100 %, conformément à la procédure de charge déclarée par le fabricant.

Les conditions de la batterie au début de l'essai sont les suivantes:

- La batterie est complètement chargée.

Procédure de gel-dégel:

Pour évaluer l'endurance de batterie au cycle de gel-dégel déclaré par le fabricant, l'essai du cycle de gel-dégel doit être effectué, conformément à la séquence suivante:

- a) Le contenu énergétique de la batterie doit être mesuré conformément à la procédure de 6.4.1 et le résultat doit être consigné. Cette valeur est appelée W_1 et correspond à l'énergie de la batterie avant l'essai de gel-dégel.
- b) La batterie doit être refroidie jusqu'à ce que la température du compartiment d'éléments de batterie, mesurée par des capteurs adaptés soit inférieure ou égale à 80 °C. Cette température signifie que le matériau actif de la batterie est complètement solidifié.
- c) Après le refroidissement, la batterie doit être réchauffée pour obtenir une température se trouvant dans la plage de températures de fonctionnement spécifiée par le fabricant.
- d) La séquence de b) à c) est répétée pendant le nombre de cycles de gel-dégel déclaré par le fabricant.
- e) Après les cycles de gel-dégel, le contenu énergétique de la batterie doit être mesuré conformément à la procédure de 6.4.1 et le résultat doit être consigné. Cette valeur est appelée W_2 et correspond à l'énergie de la batterie après l'essai de gel-dégel.

Critères d'évaluation: La perte totale de contenu énergétique se trouve dans les limites spécifiées dans le Tableau 3, selon la formule suivante:

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100 \leq \alpha$$

où

W_1 est l'énergie de la batterie mesurée au point a);

W_2 est l'énergie de la batterie mesurée au point e);

α est la perte maximale de contenu énergétique telle que décrite dans le Tableau 3.

7 Marquages

7.1 Généralités

Le Paragraphe 7.1 de l'IEC 62984-1:2020 s'applique.

7.2 Marquage des plaques signalétiques

Le Paragraphe 7.2 de l'IEC 62984-1:2020 s'applique avec les ajouts suivants:

- j) Taux de décharge nominal (I_{dn});
- k) Taux de charge nominal (I_{tn});
- l) Énergie assignée d'une batterie (W_r);