

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test –
Part 2: On-grid applications**

**Accumulateurs pour le stockage de l'énergie renouvelable – Exigences générales et méthodes d'essais –
Partie 2: Applications en réseau**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test –
Part 2: On-grid applications**

**Accumulateurs pour le stockage de l'énergie renouvelable – Exigences générales et méthodes d'essais –
Partie 2: Applications en réseau**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.220.20

ISBN 978-2-8322-2881-4

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

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 General considerations	13
5 General test conditions	14
5.1 Accuracy of measuring equipment	14
5.1.1 Voltage measurements	14
5.1.2 Current measurements	14
5.1.3 Temperature measurements	14
5.1.4 Time measurements	14
5.2 Test object considerations	14
5.3 Test object battery selection and size considerations	15
5.4 Test plan	16
6 Battery endurance	20
6.1 General	20
6.2 Test for endurance in frequency-regulation service	20
6.3 Test for endurance in load-following service	25
6.4 Test for endurance in peak-power shaving service	28
6.5 Test for endurance in photovoltaic energy storage, time-shift service	30
7 Battery properties and electrical performance	33
7.1 Declaration of the system properties	33
7.2 Determination of energy content at +25 °C ambient temperature	36
7.3 Determination of the energy efficiency during endurance tests at +25 °C ambient temperature	36
7.4 Determination of the energy efficiency during endurance tests at the minimum and maximum ambient temperature	38
7.5 Determination of waste heat generated during endurance tests at the maximum ambient temperature	42
7.6 Determination of energy requirements during periods of idle state at +25 °C ambient temperature	44
Annex A (informative) Battery-related hazards	47
A.1 General	47
A.2 Examples	47
Bibliography	49
Figure 1 – Boundary of the full-sized battery (FSB)	15
Figure 2 – Two-step selection process of the test object battery (TOB)	16
Figure 3 – Workflow for the determination of endurance properties and electrical performance of the TOB as governed by the sequence of test data generation within 6.2 to 6.5	17
Figure 4 – Sequence of performance tests carried out with TOB 1 within an endurance test 6.x	17
Figure 5 – Workflow and decision tree for endurance tests 6.2 through 6.5	19
Figure 6 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile a	22
Figure 7 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile b	22

Figure 8 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile c	23
Figure 9 – Schematic view of the evolution of battery voltage over time during cycling with constant power discharge and charge pulses	24
Figure 10 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile a	26
Figure 11 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile b	27
Figure 12 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile c	27
Figure 13 – Daily peak-power shaving service test routine profile (6.4)	29
Figure 14 – Daily photovoltaic energy storage time-shift service test routine (6.5) – 3 kW	32
Figure 15 – Daily photovoltaic energy storage time-shift service test routine (6.5) – 30 kW	32
Figure 16 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to and from TOB) to be used for the determination of the energy storage efficiency factor η	37
Figure 17 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to and from battery) to be used for the determination of the amount of waste heat generated	43
Figure 18 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to battery) to be used for the determination of the energy requirements during periods of idle state of the battery	45
Table 1 – Summary of endurance test related electrical property data of the full-sized (FSB) and the test object (TOB) battery	34
Table 2 – Summary of physical dimension data of the full-sized battery (FSB)	35
Table 3 – Summary description of the full-sized battery (FSB)	35
Table 4 – Summary description of the test object battery (TOB)	35
Table 5 – Summary of the constant power discharge performance of the TOB at an ambient temperature of $+25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$	36
Table 6 – Summary of energy efficiencies determined in endurance tests at an ambient temperature of $+25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$	38
Table 7 – Summary of energy efficiencies determined in endurance cycle tests at the minimum and maximum ambient temperature	40
Table 8 – Parameters to achieve and maintain the target operational state of charge, SoC_{OT} , during tests at the minimum ambient temperature	41
Table 9 – Parameters to achieve and maintain the target operational state of charge, SoC_{OT} , during tests at the maximum ambient temperature	42
Table 10 – Summary of energy released as heat during endurance tests at the maximum ambient temperature	44
Table 11 – Summary of energy required during idle state periods at $+25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature	46
Table A.1 – Non-exhaustive listing of potential battery-related hazards to be taken in consideration in risk assessment activities	47
Table A.2 – Non-exhaustive listing of potential installation-related hazards to be taken in consideration in risk assessment activities	48

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SECONDARY CELLS AND BATTERIES
FOR RENEWABLE ENERGY STORAGE –
GENERAL REQUIREMENTS AND METHODS OF TEST –****Part 2: On-grid applications**

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 61427-2 has been prepared by IEC technical committee 21: Secondary cells and batteries.

A list of all parts in the IEC 61427 series, published under the general title *Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test*, can be found on the IEC website.

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

FDIS	Report on voting
21/862/FDIS	21/863/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

SECONDARY CELLS AND BATTERIES FOR RENEWABLE ENERGY STORAGE – GENERAL REQUIREMENTS AND METHODS OF TEST

Part 2: On-grid applications

1 Scope

This part of IEC 61427 relates to secondary batteries used in on-grid Electrical Energy Storage (EES) applications and provides the associated methods of test for the verification of their endurance, properties and electrical performance in such applications. The test methods are essentially battery chemistry neutral, i.e. applicable to all secondary battery types.

On-grid applications are characterized by the fact that batteries are connected, via power conversion devices, to a regional or nation- or continent-wide electricity grid and act as instantaneous energy sources and sinks to stabilize the grid's performance when randomly major amounts of electrical energy from renewable energy sources are fed into it.

Related power conversion and interface equipment is not covered by this part of IEC 61427.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

None.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

accuracy

<of a measuring instrument>

quality which characterizes the ability of a measuring instrument to provide an indicated value close to a true value of the quantity to be measured

Note 1 to entry: This term is used in the "true" value approach.

Note 2 to entry: Accuracy is better when the indicated value is closer to the corresponding true value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.2

accuracy class

category of measuring instruments, all of which are intended to comply with a set of specifications regarding uncertainty

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-09]

3.3

ambient temperature

average temperature of the air or another medium in the vicinity of the equipment

Note 1 to entry - During the measurement of the ambient temperature the measuring instrument/probe should be shielded from draughts and radiant heating.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-03]

3.4

maximum ambient temperature

<for battery operation> highest ambient temperature at which the battery is operable and should perform according to specified requirements

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-20-17, modified — In the definition, “trace heating” has been replaced with “battery”.]

3.5

minimum ambient temperature

<for battery operation> lowest ambient temperature at which the battery is operable and should perform according to specified requirements

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-20-20, modified — In the definition, “trace heating” has been replaced with “battery”.]

3.6

ampere hour

quantity of electrical charge obtained by integrating the current in amperes with respect to time in hours

Note 1 to entry: The SI unit for electric charge is the coulomb (1 C = 1 As) but in practice it is usually expressed in ampere hours (Ah).

3.7

battery

two or more cells fitted with devices necessary for use, for example case, terminals, marking and protective devices

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-04, modified — In the definition, “one” has been replaced with “two”.]

3.8

battery management system

BMS

battery management unit

BMU

electronic system associated with a battery which monitors and/or manages its state, calculates secondary data, reports that data and/or controls its environment to influence the battery's performance and/or service life

Note 1 to entry: The function of the battery management system can be fully or partially assigned to the battery pack and/or to equipment that uses this battery.

Note 2 to entry: A battery management system is also called a “battery management unit” (BMU).

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

3.9

idle state

<of a battery system> state of a battery which is fully functional but not actively delivering or absorbing energy

Note 1 to entry: Such a system can deliver and absorb energy on demand with a reaction time as required by the application.

Note 2 to entry: The reaction time can vary from a few milliseconds to a few seconds.

3.10

battery support system

BSS

group of interconnected and interactive parts that perform an essential task as a component of a battery system

Note 1 to entry: Such systems are for example electrolyte storage tanks and circulation pumps, cooling and heating devices, exhaust gas abatement systems, fire extinguishers, spill catchment systems, safety barriers, racks and similar facilities.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.11

capacity

<of cells and batteries> quantity of electric charge which a cell or battery can deliver under specified discharge conditions

Note 1 to entry: The SI unit for electric charge, or quantity of electricity, is the coulomb (1 C = 1 As) but in practice, capacity is usually expressed in ampere hours (Ah).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-14, modified — In the definition, “quantity of” has been added.]

3.12

charging

<of a battery> operation during which a secondary battery is supplied with electric energy from an external circuit which results in chemical changes within the cell and thus the storage of energy as chemical energy.

Note 1 to entry: A charge operation is defined by its maximum voltage, current, duration and other conditions as specified by the manufacturer.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-27, modified — Note 1 to entry has been added.]

3.13

constant power charge

<of a battery> operation in which the charge power input, i.e. the product of charge current and charge voltage, is held constant and where the current and voltage freely adjust according to polarization effects of the battery

3.14

discharge

operation by which a battery delivers, to an external electric circuit and under specified conditions, electric energy produced in the cells

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-23]

3.15

constant power discharge

<of a battery> operation in which the discharge power output, i.e. the product of discharge current and discharge voltage, is held constant and where the current and voltage freely adjust according to polarization effects of the battery

3.16**electrolyte**

substance containing mobile ions that render it ionically conductive

Note 1 to entry: The electrolyte may be a liquid, solid or a gel.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-29]

3.17**endurance**

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

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

3.18**endurance test**

<of a battery> test carried out over a time interval to investigate how the properties are affected by the application of stated stresses and by their time duration or repeated application

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-22, modified — “<of a battery>” has been added before the definition and “of an item” has been deleted from the definition.]

3.19**energy**

<of a battery> energy which a battery delivers under specified conditions

Note 1 to entry: The SI unit for energy is the joule (1 J = 1 Ws) but in practice, energy of a battery is usually expressed in watt hours (Wh) (1 Wh = 3 600 J).

Note 2 to entry: Such energy content is generally determined with a constant power (W) discharge.

Note 3 to entry: k or M are unit prefixes in the metric system denoting multiplication of the unit by one thousand (k) or one million (M).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-21, modified — Notes 2 and 3 to entry have been added.]

3.20**actual energy**

<of a battery> energy content value, determined experimentally at a defined instant of time with a constant power discharge at a specified rate to a specified final voltage and at a specified temperature

Note 1 to entry: This value is expressed in watt hours (Wh) and varies over the operational cycle or life of the battery.

3.21**final voltage**

end-of-discharge voltage

cut-off voltage

end-point-voltage

U_{final}

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

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30]

3.22

flow cell

secondary cell characterized by the spatial separation of the electrode from the fluid volumes which contain active materials

Note 1 to entry: The fluids, consisting of liquids, solutions, suspensions or gases, flow separately through the electrode spaces.

Note 2 to entry: A flow cell in which one of the active materials is, depending on the state of charge, a solid deposited on one of the electrodes, is called a hybrid flow cell.

3.23

flow battery

two or more flow cells electrically connected in series and including all components for their use as an electrochemical energy storage system

Note 1 to entry: The components can be tanks, pumps, thermal and battery management systems, piping and similar.

3.24

frequency regulation service

<with batteries> regulation mode of the electrical power grid with energy drawn from or supplied to batteries to maintain the system frequency within defined limits

Note 1 to entry: This balancing of the temporal variations of grid frequency occurs typically over time periods of the order of seconds to minutes.

3.25

full charge

<of a battery> state of charge wherein the battery has been completely charged in accordance with the manufacturer's recommended charging conditions.

3.26

full-sized battery

FSB

complete battery that meets the absolute requirements of power capability and energy content, as defined in the respective endurance test clauses

Note 1 to entry: This battery is an assembly of n cells, modules or stacks and is equipped with the relative BMS and BSS as needed.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.27

laboratory test

<of a battery> test made under prescribed and controlled conditions that may or may not simulate field conditions

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-09-05]

3.28

load following service

<with batteries> regulation mode of the electrical power grid with energy drawn from or supplied to batteries to compensate for temporary variations in load demand

Note 1 to entry: This balancing of the temporary variations of grid load demand occurs typically over time periods of the order of a few minutes to one hour.

3.29

module

standardized and interchangeable assembly of cells connected in series and/or parallel and associated hardware designed for easy assembly into a commercial battery

3.30**operating voltage range
operating voltage limits**

<of a battery> voltage range, as declared by the manufacturer, in which the battery is to be operated and performs according to specifications

3.31**maximum operating voltage
upper voltage limit**

$U_{\max}$

<of a battery> upper limit of the voltage range in which the battery is operable and performs according to specifications

3.32**minimum operating voltage
lower voltage limit**

$U_{\min}$

<of a battery> lower limit of the voltage range in which the battery is operable and performs according to specification

3.33**peak-power shaving service
load levelling service**

<with batteries> process of energy demand management consisting of supplementing the energy in a localized power grid, during periods of excessive demand or instantaneous high electricity costs, with energy drawn from a battery

Note 1 to entry: The energy utilized to “shave off” the demand peak is recharged into the battery in periods of low energy demand or cheap energy supply.

Note 2 to entry: This demand peak-shaving activity lasts typically over time periods of one to several hours.

3.34**PV energy storage time-shift service**

<with batteries> process of energy demand management consisting of storing photovoltaic energy in a battery for a time deferred release into a localized power grid

Note 1 to entry: This energy demand management occurs typically with a 24 h day/night rhythm.

3.35**performance**

<of a battery> characteristics defining the ability of the battery to achieve the intended function

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-11, modified — In the definition, “measuring instrument” has been replaced with “battery”.]

3.36**performance test**

test carried out to determine the electrical characteristics of a battery

3.37**secondary cell**

<electrochemical> basic manufactured unit of an electrochemical system capable of storing electric energy in chemical form and delivering that electrical energy back by reconversion of its stored chemical energy.

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-20-01, modified]

3.38

service life

<of a battery> total period of useful life of a cell or battery in operation

Note 1 to entry: For secondary cells and batteries, the service life may be expressed in time, number of charge/discharge cycles, or total throughput in ampere hours (Ah).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-46, modified — Note 1 to entry has been deleted.]

3.39

maximum service temperature

maximum operating temperature

maximum permissible temperature

<of a battery> highest temperature which the battery is allowed to attain in normal use as a result of ambient temperatures, induced heat and heat caused by the battery itself

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-41, modified — In the definition, “connecting device” has been replaced with “battery”.]

3.40

minimum service temperature

minimum operating temperature

minimum permissible temperature

<of a battery> lowest temperature which the battery is allowed to attain in normal use as a result of ambient temperatures and forced cooling

3.41

stack

<of a flow battery> two or more flow cells connected in series or in parallel with associated electrical connections and fluid piping

3.42

state of charge

SoC

<of a battery> amount of stored charge in ampere hours (Ah) or energy in watt hours (Wh) related to the actual capacity or energy content

Note 1 to entry: This definition is applicable throughout and only to this part of IEC 61427.

Note 2 to entry: State of charge is expressed as a percentage.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.43

target operational state of charge

SoC_{OT}

<of a battery> pre-defined state of charge to which the energy storage system is driven by a controller or BMS under pre-defined conditions

Note 1 to entry: This SoC_{OT} is to be attained or/and maintained when bidirectional energy transfers to and from the battery are to be achieved within set voltage and SoC limits.

Note 2 to entry: State of charge is expressed as a percentage.

Note 3 to entry: SoC_{OT} is typically the desired or recommended average operating SoC during the specified application scenario. It is selected to improve electrical energy storage (EES) system performance and/or improve the EES system service life in the specified application.

3.44**test**

<of a battery> technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given battery according to a specified procedure

Note 1 to entry: A test is carried out to measure or classify a characteristic of a property of a battery by applying to the battery a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13, modified — In the definition, “product, process or service” has been replaced with “battery”.]

3.45**test object**

item submitted to a test, including any accessories, unless otherwise specified

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-28]

3.46**test object battery****TOB**

assembly of $x \times 1/n$ units consisting of cells, modules or stacks of the full-sized battery (FSB), which when assembled in n units, form the FSB which meets the absolute requirements of power capability and energy content as defined in the respective endurance test clauses

Note 1 to entry: The test object battery (TOB) is fully representative of the full-sized battery (FSB) in terms of scalability so that obtained test results can be generalized accurately to the FSB.

Note 2 to entry: The TOB is equipped with the relative BMS and BSS as needed.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.47**time-shift service**

<with batteries> process of energy demand management consisting in providing to the grid, at suitable moments, energy stored in batteries at times of ample production or weak demand

Note 1 to entry: This supplying of energy to the grid occurs over time periods typically of the order of a few hours, days or even seasons.

4 General considerations

The supply of energy from renewable energy sources such as wind, solar radiation or tidal forces is characterized by a high degree of intermittency and a low degree of predictability. When their output is fed into the power transmission and distribution grid, overload and instability conditions may develop which make it highly desirable to use rechargeable batteries to temporarily store this energy and then release it in a controlled fashion to smooth and stabilize the flow of power in the grid.

Such instabilities and imbalances in power grids may also result when insufficient power generation capability is present.

The aim of this part of IEC 61427 is to advise and guide future system operators to identify and select suitable rechargeable batteries for grid-connected electrical energy storage (EES). This process will be aided by a set of common test methods that quantify the capability of battery systems of different chemistries and designs in a particular application scenario.

The requirements for battery endurance and electrical performance are linked to the specific EES scenarios to be implemented for the management of excess energy in the grid and the associated capital and operating expenditures for such an installation.

These requirements, expressed as energy efficiency, service life, cumulated energy throughput, installation space and similar, are highly variable since they are eminently application-scenario related and furthermore strongly tied to local costs/benefits and payback time considerations.

Therefore, this part of IEC 61427 does not define these requirements but offers instead test methods to determine and compare the endurance and electrical performance of the candidate storage systems.

All EES batteries have to exhibit safe behaviour. Proper design and associated qualification testing by the battery manufacturers shall ensure this at all levels from the cell to the overall system level.

An informal listing of hazards associated with batteries and battery installations is included in this part of IEC 61427. This list should help in the assessment of the possible reactions of the batteries when they are exposed to abnormal and abusive service conditions.

5 General test conditions

5.1 Accuracy of measuring equipment

5.1.1 Voltage measurements

The instruments used shall be of an accuracy class of at least 0,5 (%) or better.

5.1.2 Current measurements

The instruments used shall be of an accuracy class of at least 0,5 (%) or better.

NOTE Particular attention has to be given to the accuracy of current measurement and current-over-time integration devices as any degraded accuracy or instability can negatively impact the effectiveness of SoC stabilization routines.

5.1.3 Temperature measurements

The instrument used shall have a resolution of 0,5 K. The accuracy of the instrument shall be ± 2 K or better.

5.1.4 Time measurements

The instrument used shall have a resolution of 1 s and an accuracy of 0,1 % of the measured time interval.

5.2 Test object considerations

This part of IEC 61427 and the resulting test results are intended to assist the future operator of an electrical energy storage system in the selection of the most suitable battery for the target application by providing comparable data of candidate systems.

The battery system to be tested shall include the cells or modules or stacks and, when they are essential for the operation of the battery, the battery management system (BMS) and battery support systems (BSS).

The boundary of this battery system is outlined by the dotted line in Figure 1.

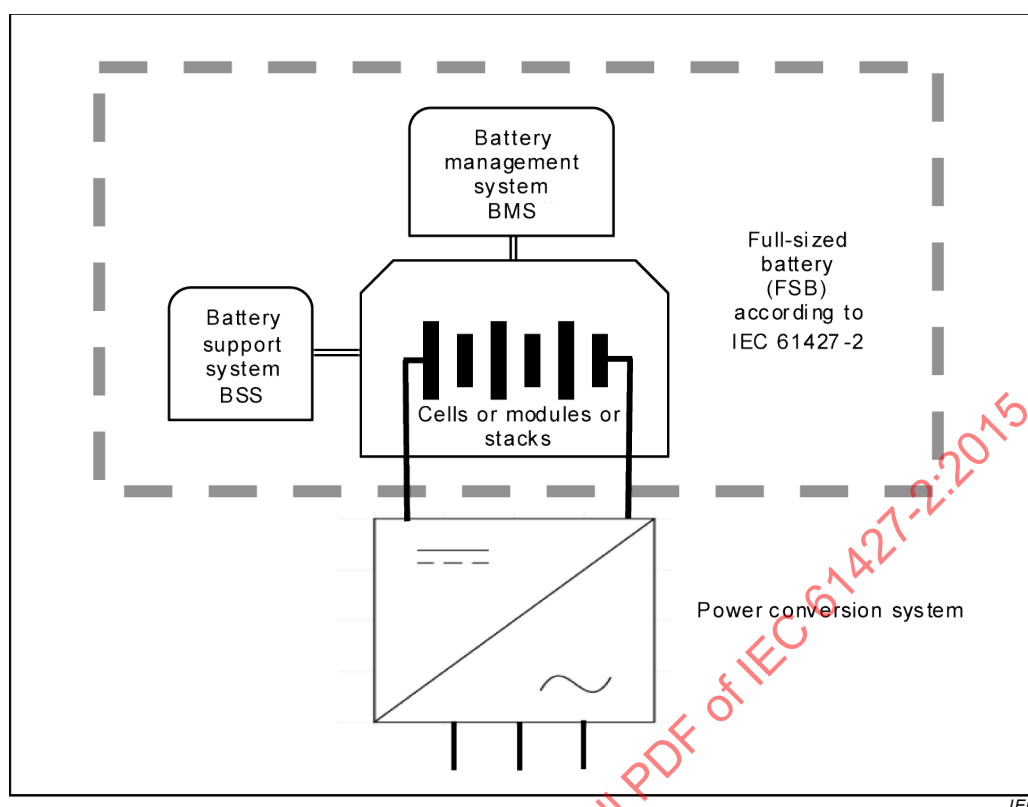


Figure 1 – Boundary of the full-sized battery (FSB)

Power conversion systems and components and associated interfaces are not within the scope of this part of IEC 61427 and are not necessarily present when the tests, according to Clauses 6 and 7, are carried out.

5.3 Test object battery selection and size considerations

The battery systems offered by the manufacturers for on-grid electric energy storage reflect the intrinsic constraints of each cell chemistry and design as well as the specific needs of the target application or service. Such batteries range typically from a few kilowatts to up to 50 MW in power capability and up to 100 MWh in energy content. No common size exemplifying each prospective cell chemistry is yet available.

When the manufacturer or end-user carries out the testing of a battery system to generate data in compliance with this part of IEC 61427, freedom shall be granted to choose that design, model and size which is most suitable for yielding the endurance and electrical performance needed for the selected application or service. These applications or services are exemplified by the endurance tests specified in 6.2 through 6.5. These battery sizes and layouts may vary from one cell chemistry or application to another.

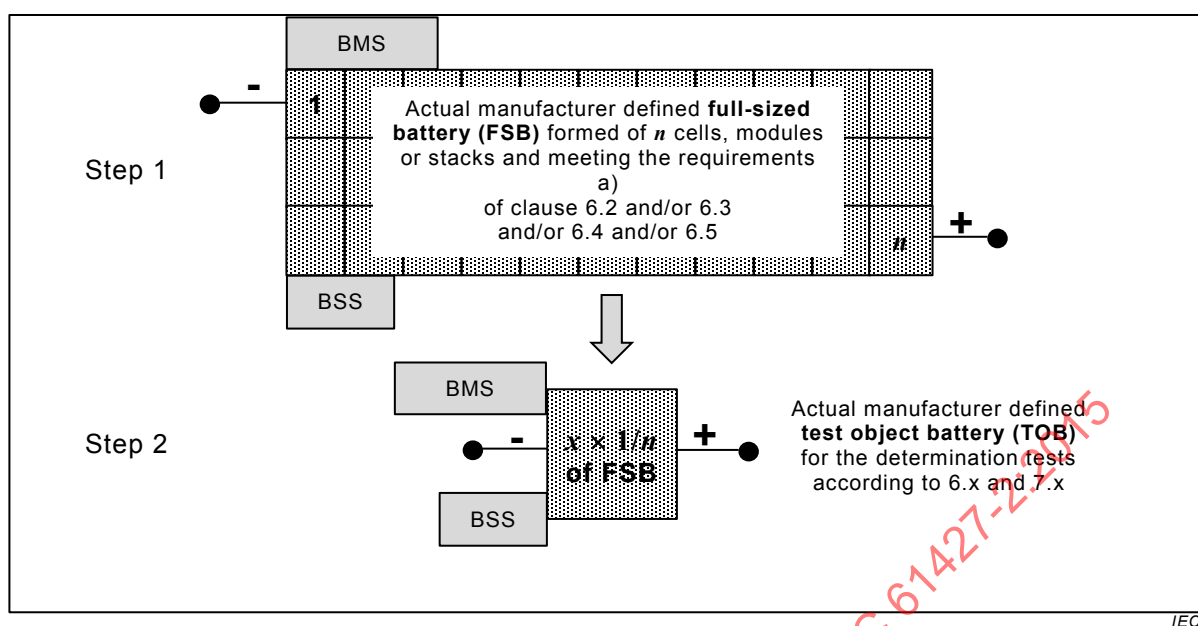


Figure 2 – Two-step selection process of the test object battery (TOB)

In order to assure the generation of comparable test data, the following constraints shall be respected.

- Throughout this part of IEC 61427 the relevant batteries are defined as below.

Full-sized battery (FSB) – The FSB shall consist of the complete battery that meets the absolute requirements of power capability and energy content as defined in 6.2 or 6.3 or 6.4 or 6.5, as applicable. This battery may be an assembly of n cells, modules or stacks and shall be equipped with the relevant BMS and BSS as needed. Thus up to five different FSBs may be defined.

Test object battery (TOB) – The TOB and its associated BMS and BSS shall be representative of each of the FSBs above in terms of scalability of endurance and performances so that test results can be extrapolated accurately and hence demonstrate the performance of the FSB. The TOB shall be an assembly of $x \times 1/n$ cells, modules or stacks as present in the above FSB. The minimum number x is defined in the relevant test clause. Unless otherwise specified, all the tests shall be carried out on this TOB.

The steps to define this TOB are outlined in Figure 2.
- All the TOB's utilized for the verification of the behaviour in the selected application service, as exemplified by test 6.2 or 6.3 or 6.4 or 6.5, shall be of the same size, design and features. No ad-hoc adaptation of the design, just to meet a particular test environment, is permitted.
- Any BMS and BSS essential for the operation of the TOB shall be included.
- Only those endurance tests for which the battery is designed/specified shall be carried out.
- When an available battery-based EES system with different power capability and/or energy content requires testing for compliance with the clauses of this part of IEC 61427, then such a choice is permitted provided that all other provisions are fulfilled and this deviation is stated in the test documentation.

5.4 Test plan

The following provisions apply.

- The tests for the verification of the suitability of a battery, for a particular application scenario, shall be accomplished with not more than two individual and identical TOBs.

- TOB 1 shall be used to carry out the relevant endurance test 6.2 or 6.3 or 6.4 or 6.5 and the associated nested performance tests 7.2 through 7.5. See also Figure 3, Figure 4 and Figure 5.

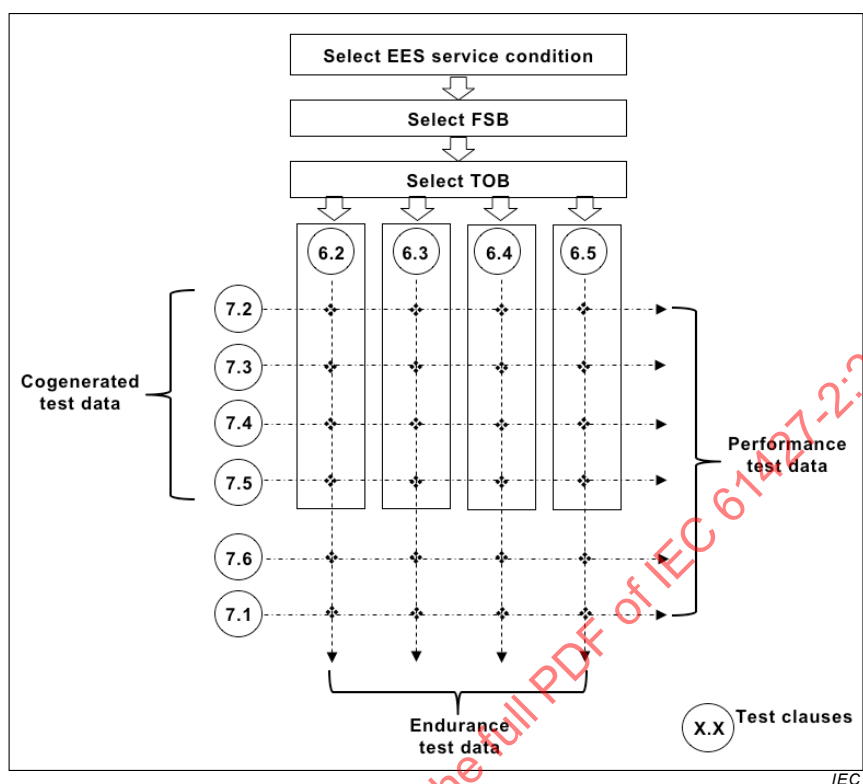
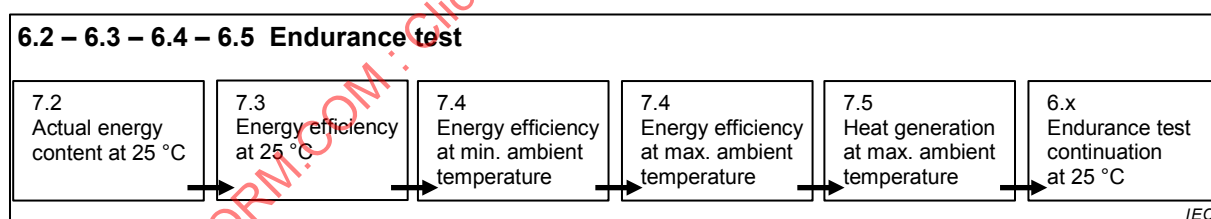


Figure 3 – Workflow for the determination of endurance properties and electrical performance of the TOB as governed by the sequence of test data generation within 6.2 to 6.5



NOTE 1 The details of the performance test are specified in 7.2 through 7.5.

NOTE 2 The performance tests 7.2 to 7.5 are sequential and combined with the relevant endurance test.

NOTE 3 The test profile used in the performance tests 7.3 to 7.5 is that of the relative endurance test.

Figure 4 – Sequence of performance tests carried out with TOB 1 within an endurance test 6.x

- TOB 2 shall be used to carry out the low-stress-level performance test 7.6 (Energy requirement in idle state), which could precede any endurance test allowing ultimately to reduce the number of TOBs, per application scenario verification, to a single TOB. The number of TOBs eventually used shall be reported in Table 1.
- Subclause 7.1 requires the summarizing of data and does not require an additional TOB.
- The test conditions of 7.4, and associated subclause 7.5, keep the TOB within acceptable thermal stress levels at the manufacturer's specified lowest and highest ambient temperatures. At these temperatures the battery is declared operable by the manufacturer

and performs according to specified requirements; thus, no additional TOB is needed for these tests.

- The manufacturer shall carry out only those endurance tests for which the FSB, and by derivation the TOB, has been designed/specified.
- An endurance test can be terminated at any moment when the battery manufacturer has demonstrated the declared service life of the FSB design with a robust extrapolation of the energy acceptance and delivery capability, over time, of the TOB.
- Relevant changes in materials and design of an FSB which impact endurance or performance shall be evaluated for their bearing on the test results in Clauses 6 and 7 by repeating the tests most likely to be impacted by the change.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

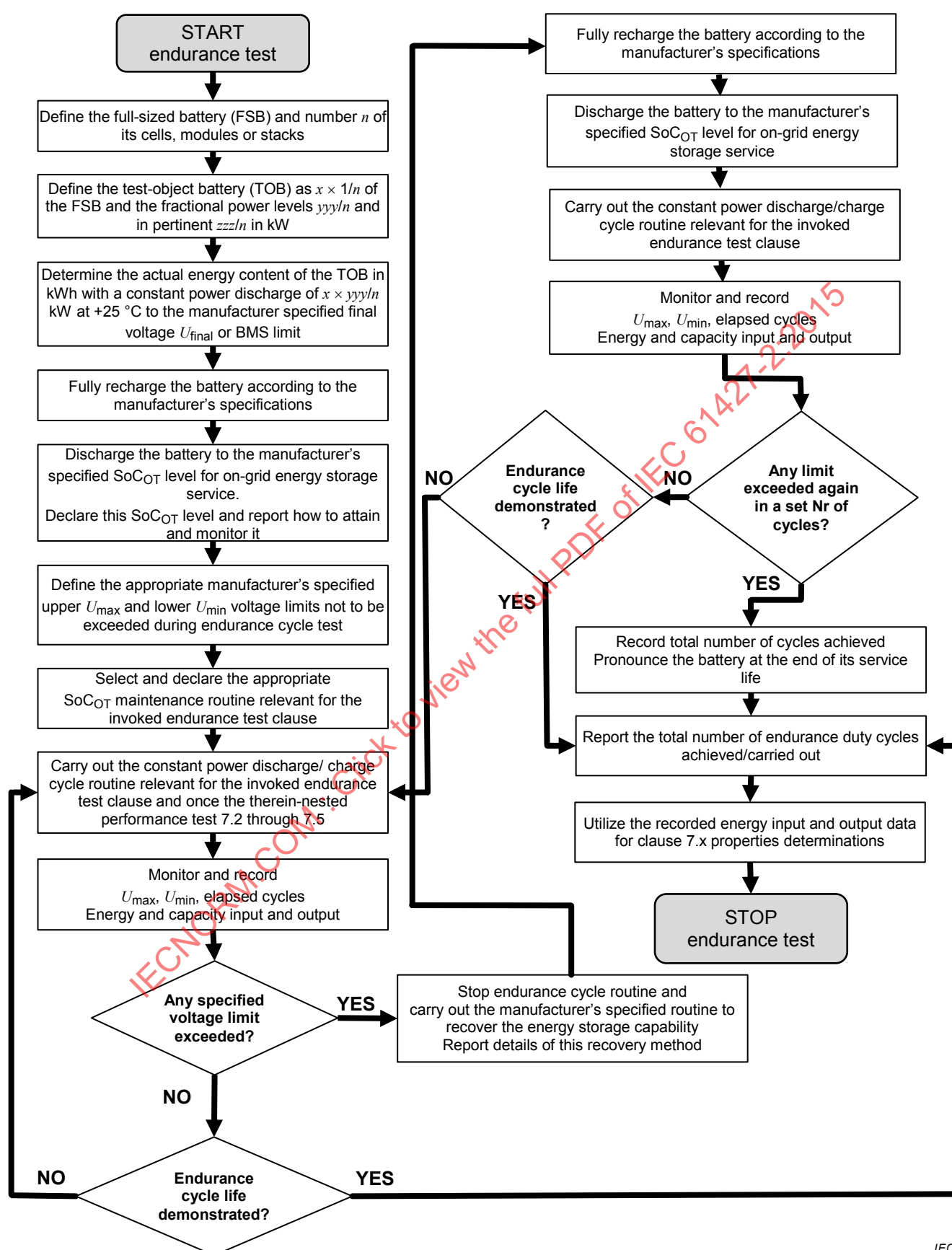


Figure 5 – Workflow and decision tree for endurance tests 6.2 through 6.5

6 Battery endurance

6.1 General

The endurance tests in this part of IEC 61427 are intended to determine the suitability of the battery design to accept and deliver energy under experimental conditions that reproduce in a simplified way the duty the battery will be expected to perform in on-grid energy storage applications.

The key stress factors in such a service are

- a) the charge and discharge power levels per available energy content,
- b) the operation in a state of charge (SoC) of less than 100 %, and
- c) the large number of duty cycles to be accomplished over the service life.

The test conditions are formulated to quantify the battery endurance in the following four application scenarios: frequency-regulation, load-following, peak-power shaving and photovoltaic energy storage time-shift duty.

The highly random energy transfer to and from the battery in on-grid energy storage is simulated with more simplified energy exchange routines.

It is recognized that the individual energy exchange routines chosen may not replicate exactly all the service conditions in the field, which is typical of laboratory tests.

The regular use of these tests, for product development and for qualification purposes, will nevertheless guide the manufacturer and EES system operator in developing and selecting the proper battery.

6.2 Test for endurance in frequency-regulation service

The test conditions are as follows.

- a) The manufacturer shall select and define a full-sized battery (FSB) which is able to
 - 1) supply and accept continued 500 kW and 1 000 kW constant power pulses as per j) within the battery operating voltage limits specified by the manufacturer and when the battery is thermally equilibrated at an ambient temperature of +25 °C, and
 - 2) tolerate such energy transfers multiple times per hour and 24 h per day without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- b) The manufacturer shall report how many cells, modules or stacks make up such a FSB. This value is termed n .
- c) The manufacturer shall define the fraction of power (500/ n) kW and (1 000/ n) kW such a cell, module or stack will deliver or accept when it is part of the FSB and this battery meets the conditions of 1) to 2) in 6.2 a).
- d) The manufacturer shall assemble with x of such cells, modules or stacks the appropriate TOB having at least
 - 1) four (4) cells in series (only if these cells are commercialized individually),
 - or
 - 2) one or more modules that result in at least four (4) cells in series,
 - or
 - 3) one stack with at least four (4) flow cells in series,
 and incorporate the relevant BMS and BSS peripherals.
- e) When a battery based EES system with different power capability and/or energy content requires testing for compliance with this part of IEC 61427, then such choice is acceptable

provided that all other provisions are fulfilled and this deviation is stated in the test documentation.

- f) The actual energy content E (in kWh) of this TOB, after the manufacturer specified full charge and thermal equilibration in air at $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature, shall be determined with a constant power discharge at the $(x \times 500/n)$ kW power level to the final voltage U_{final} or to the BMS mandated discharge limit as specified by the manufacturer so as to generate the data as required in 7.2.
- g) The TOB shall then be fully recharged according to the manufacturer's specifications.
- h) The TOB shall then be discharged to such a target operational state of charge (SoC_{OT}) that it can repetitively deliver and accept the fractional power and energy levels without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- i) The manufacturer shall report this target operational state of charge (SoC_{OT}) level, expressed as a percentage of the actual energy content as determined in f), and ways to achieve it in Table 1.
- j) The TOB shall then be submitted, at an ambient temperature of $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, to a continuous sequence of discharge/charge pulses defined in 1) through 8) and associated SoC_{OT} adjustment profiles a or b or c. The minimum and maximum battery voltage and the cumulative discharged and charged capacity (in Ah) and energy (in kWh) of the TOB shall be monitored and recorded.
 - 1) Discharge for 2 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW.
 - 2) Discharge for 1 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 1\,000/n)$ in kW.
 - 3) Charge for 2 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW.
 - 4) Charge for 1 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 1\,000/n)$ in kW.
 - 5) Discharge for 1 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 1\,000/n)$ in kW.
 - 6) Discharge for 2 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW.
 - 7) Charge for 1 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 1\,000/n)$ in kW.
 - 8) Charge for 2 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n + a)$ in kW where a is the additional power i.e. energy needed to maintain the target operational state of charge SoC_{OT} . The manufacturer shall specify and report the value a in Table 1. The value of $(x \times 500/n + a)$ in kW shall be equal to or less than $(x \times 1\,000/n)$ in kW (see, for example, Figure 6 – Profile a).

or

$(2 + t)$ min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW where t is the additional time of charge needed to maintain the target operational state of charge SoC_{OT} . The manufacturer shall specify and report the value t (see, for example, Figure 7 – Profile b) in Table 1.

or

2 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW and every K cycles, i.e. number of completed pulse discharge and charge cycles, 1 through 8, carry out a SoC_{OT} maintenance charge with a power not larger than $(x \times 1\,000/n)$ in kW and a duration as specified by the manufacturer. The manufacturer shall specify and report the value K and the power level and duration of this SoC_{OT} maintenance charge (see, for example, Figure 8 – Profile c) in Table 1.

- 9) Return to 1) and perform 1) to 8) 840 times to sequentially generate the test data according to 7.3 followed by those according to 7.4 and 7.5. See also Figure 4.

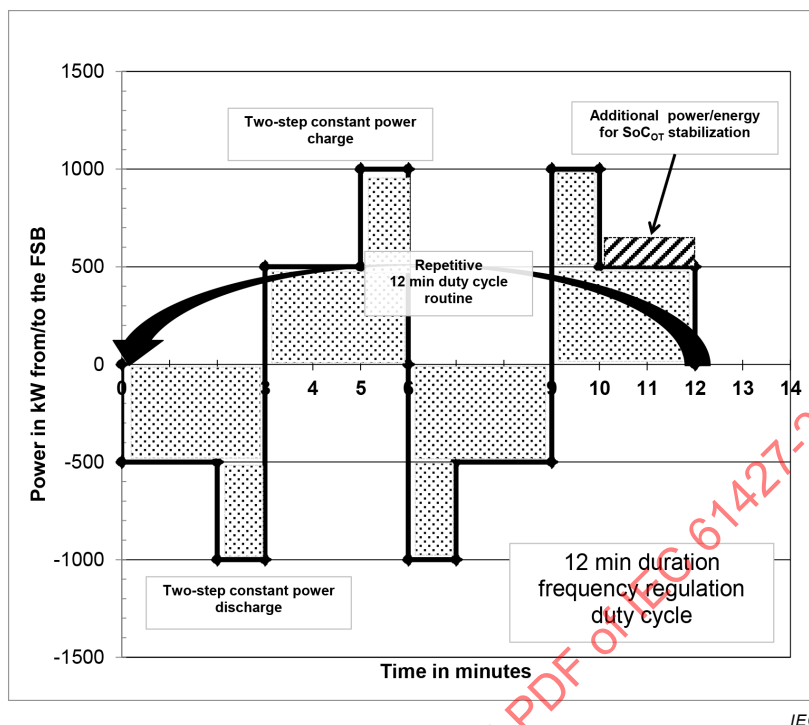


Figure 6 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile a

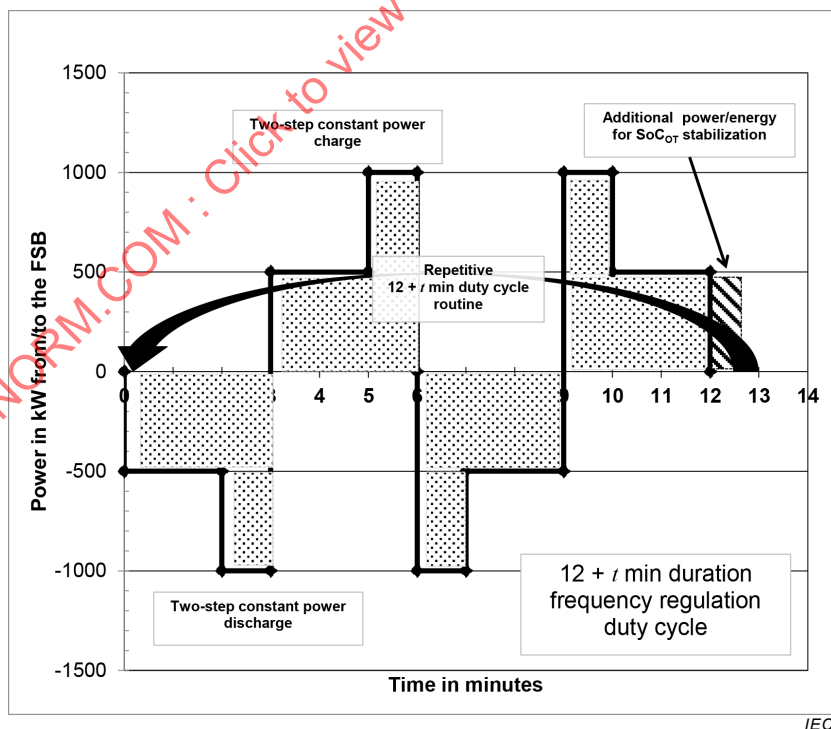


Figure 7 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile b

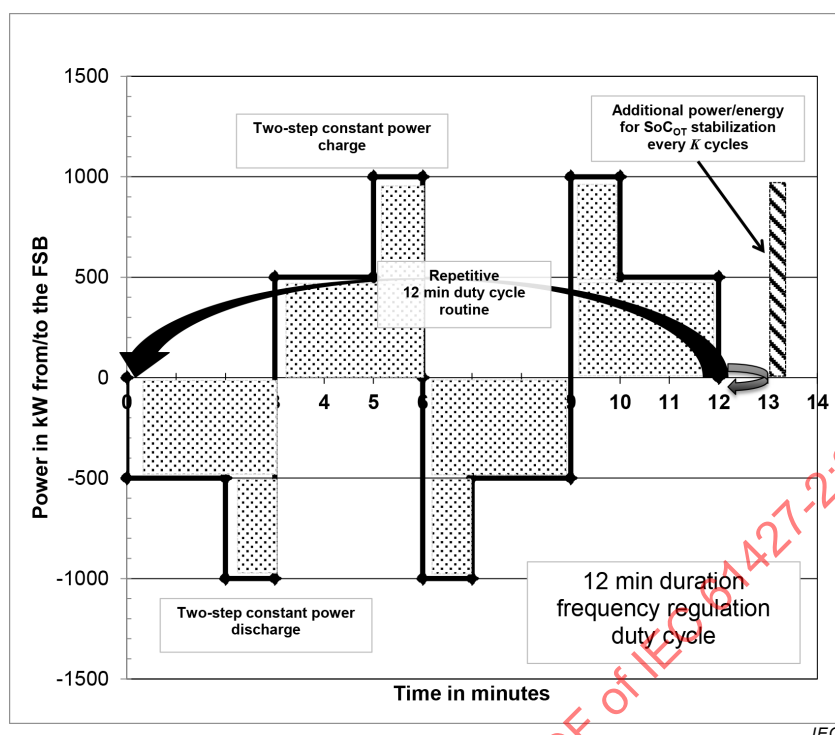


Figure 8 – Frequency regulation service test routine profile (6.2) – Profile c

- k) If the TOB voltage in j) exceeds the manufacturer's defined limits of operating voltages then the energy delivery or acceptance capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered degraded. Figure 9 gives a schematic view of the evolution of battery voltage.

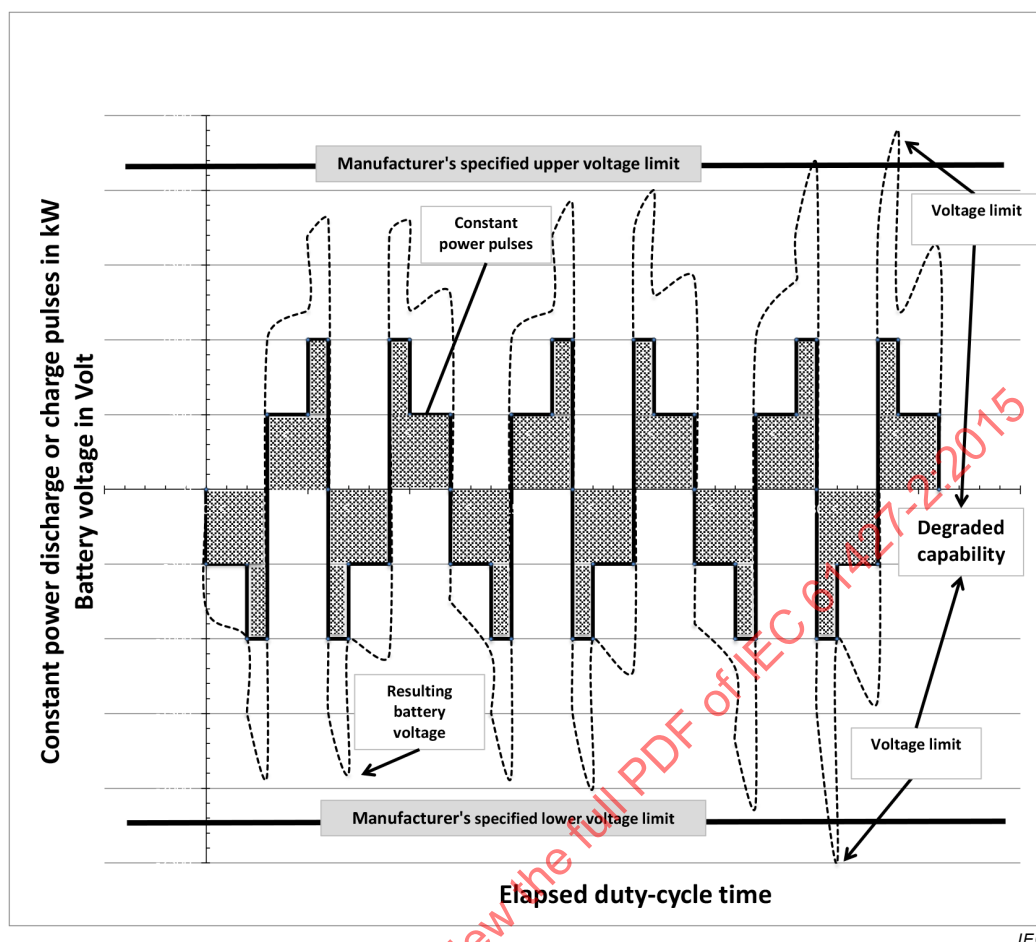


Figure 9 – Schematic view of the evolution of battery voltage over time during cycling with constant power discharge and charge pulses

- l) The cycling shall then be stopped and an attempt made to restore the capability of the TOB according to the manufacturer's specification. The details of this operation to recover the energy storage capability shall be reported in Table 1.
- m) A new set of operations h) through j) shall then be initiated. If the TOB voltage in j) exceeds the manufacturer's defined operating voltage limits again within 120 sequences j) items 1) to 8) (≈ 24 h), then the energy delivery or acceptance capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered irreversibly degraded and the TOB as having reached the end of its service life. Otherwise the cycle sequence specified in sequence j) shall be continued as specified or until the next occurrence of exceeding a limiting value as described in k).
- n) The endurance of the TOB, in a particular application scenario, is defined by the total number of completed sequences of j) items 1) to 8) before end-of-service life according to m) is reached.
- o) The energy efficiency during these endurance test segments shall be determined according to 7.3 or 7.4 and reported in Table 6 and Table 7, respectively.
- p) The heat generation at the maximum ambient temperature during the endurance test segment shall be determined according to 7.5 and reported in Table 10.
- q) If in j) the SoC_{OT} maintenance is achieved with the profile c), then the integration duration shall be adapted in such a manner that at least one such SoC_{OT} maintenance charge event c) is included.
- r) At the completion of the determination of energy efficiencies and heat generation according to 7.3, 7.4 and 7.5 within the endurance test 6.2, this endurance test shall be resumed at g) and carried out by ignoring section 9) and o), p) and q) until the TOB is

declared irreversibly degraded or the battery manufacturer has demonstrated the declared service life of the FSB design with a robust extrapolation of the energy acceptance and delivery capability, over time, of the TOB.

6.3 Test for endurance in load-following service

The test conditions are as follows.

- a) The manufacturer shall select and define a full-sized battery (FSB) which is able to
 - 1) supply and accept continued 180 kW and 360 kW constant power pulses as per j) within the battery operating voltage limits specified by the manufacturer and when the battery is thermally equilibrated at an ambient air temperature of +25 °C, and
 - 2) tolerate such energy transfers multiple times per hour and 24 h per day without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- b) The manufacturer shall report how many cells, modules or stacks make up such a FSB. This value is termed n .
- c) The manufacturer shall define the fraction of power $(180/n)$ kW and $(360/n)$ kW such a cell, module or stack will deliver or accept when it is part of the FSB and this battery meets the conditions of 1) to 2) in 6.3 a).
- d) The manufacturer shall assemble with x of such cells, modules or stacks the appropriate TOB having at least
 - 1) four (4) cells in series (only if these cells are commercialized individually),
 - or
 - 2) one or more modules with at least four (4) cells in series,
 - or
 - 3) one stack with at least four (4) flow cells in series,
 and incorporate the relevant BMS and BSS peripherals.
- e) When a battery based EES system with different power capability and/or energy content requires testing for compliance with this part of IEC 61427, then such choice is acceptable provided that all other provisions are fulfilled and this deviation is stated in the test documentation.
- f) The actual energy content E (in kWh) of this TOB, after the manufacturer specified full charge and thermal equilibration in air at +25 °C $\pm$ 3 K ambient temperature, shall be determined with a constant power discharge at the $(x \times 180/n)$ kW power level to the final voltage U_{final} or to the BMS mandated discharge limit as specified by the manufacturer so as to generate the data as required in 7.2.
- g) The TOB shall then be fully recharged according to the manufacturer's specifications.
- h) The TOB shall then be discharged to such a target operational state of charge (SoC_{OT}) that it can repetitively deliver and accept the fractional power and energy levels without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- i) The manufacturer shall report this target operational state of charge (SoC_{OT}) level, expressed as percentage of the actual energy content as determined in f), and ways to achieve it in Table 1.
- j) The TOB battery shall then be submitted, at an ambient temperature of +25°C $\pm$ 3K, to a continuous sequence of discharge/charge pulses defined in 1) through 8) and associated SoC_{OT} adjustment profiles a or b or c. The minimum and maximum battery voltage and the cumulative discharged and charged capacity (in Ah) and energy (in kWh) of the TOB shall be monitored and recorded.
 - 1) Discharge for 8 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n)$ in kW.
 - 2) Discharge for 4 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 360/n)$ in kW.

- 3) Charge for 8 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n)$ in kW.
- 4) Charge for 4 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 360/n)$ in kW.
- 5) Discharge for 4 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 360/n)$ in kW.
- 6) Discharge for 8 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n)$ in kW.
- 7) Charge for 4 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 360/n)$ in kW.
- 8) Charge for
 8 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n + a)$ in kW where a is the additional power, i.e. energy needed to maintain the target operational state of charge (SoC_{OT}). The manufacturer shall specify and report the value a in Table 1. The value of $(x \times 180/n + a)$ in kW shall be equal to or less than $(x \times 360/n)$ in kW (see, for example, Figure 10 – Profile a).
 or
 $(8 + t)$ min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n)$ in kW where t is the additional time of charge needed to maintain the target operational state of charge (SoC_{OT}). The manufacturer shall specify and report the value t (see, for example, Figure 11 – Profile b) in Table 1.
 or
 8 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 180/n)$ in kW and every K cycles, i.e. number of completed pulse discharge and charge cycles 1) through 8), carry out a SoC_{OT} maintenance charge with a power not larger than $(360/n)$ in kW and a duration as specified by the manufacturer. The manufacturer shall specify and report the value K and the power level and duration of this SoC_{OT} maintenance charge (see, for example, Figure 12 – Profile c) in Table 1.
- 9) Return to 1) and perform 1) to 8) 210 times to sequentially generate the test data according to 7.3 followed by those according to 7.4 and 7.5. See also Figure 4.

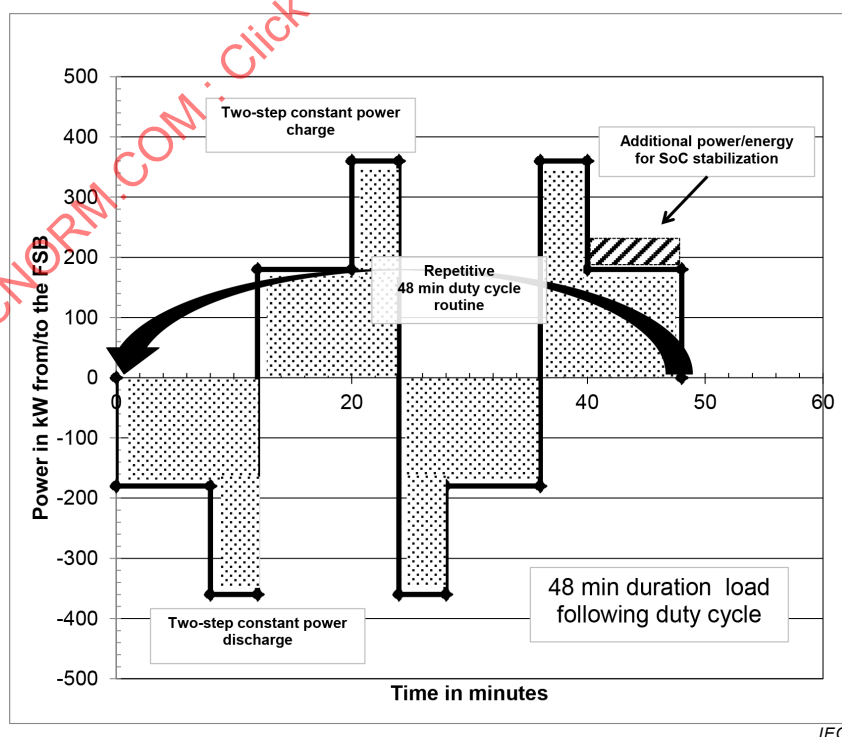


Figure 10 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile a

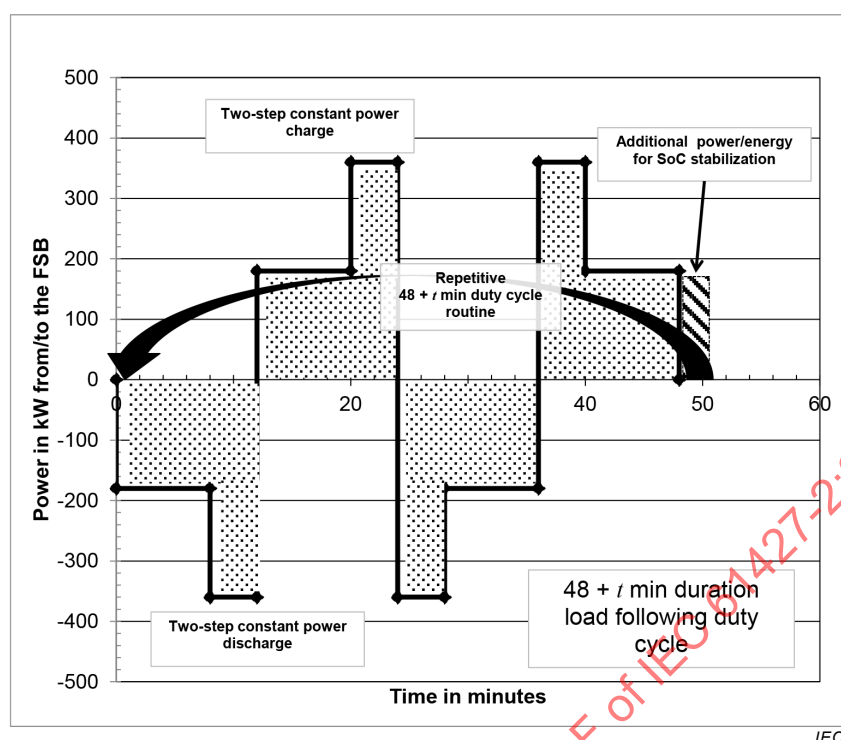


Figure 11 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile b

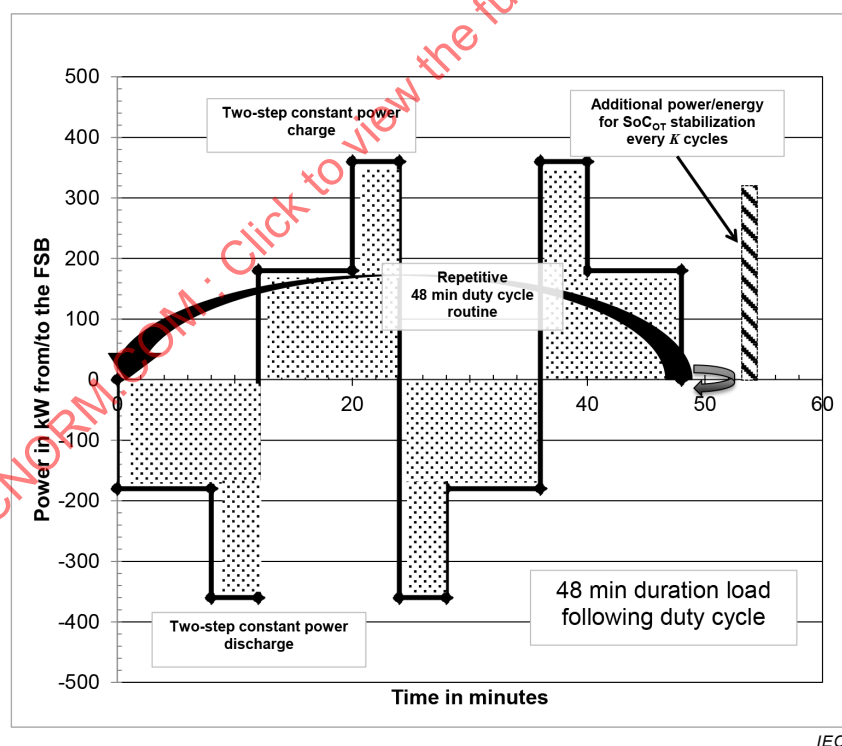


Figure 12 – Load-following service test routine profile (6.3) – Profile c

- k) If the TOB voltage in j) exceeds the manufacturer's defined limits of operating voltages, then the energy delivery or acceptance capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered degraded.
- l) The cycling shall then be stopped and an attempt made to restore the capability of the TOB according to the manufacturer's specification. The details of this operation to recover the energy storage capability shall be reported in Table 1.

- m) A new set of operations h) through j) shall then be initiated. If the test TOB voltage in j) exceeds the manufacturer's defined operating voltage limits again within 60 sequences j) items 1) to 8) (≈ 48 h), then the energy delivery or acceptance capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered irreversibly degraded and the TOB as having reached the end of its service life. Otherwise the cycle sequence specified in sequence j) shall be continued until the next occurrence of exceeding a limiting value as described in k).
- n) The endurance of the TOB, in a particular application scenario, is defined by the total number of completed sequences of j) items 1) to 8) before end-of-service life according to m) is reached.
- o) The energy efficiency during these endurance test segments shall be determined according to the provisions of 7.3 or 7.4 and reported in Table 6 and Table 7, respectively.
- p) The heat generation at the maximum ambient temperature during the endurance test segment shall be determined according to 7.5 and reported in Table 10.
- q) If in j) the SoC_{OT} maintenance is achieved with the profile c), then the integration duration shall be adapted in such a manner that at least one such SoC_{OT} maintenance charge event c) is included.
- r) At the completion of the determination of energy efficiencies and heat generation according to 7.3, 7.4 and 7.5 within the endurance test 6.3, this endurance test shall be resumed at g) and carried out by ignoring section 9) and o), p) and q) until the TOB is declared irreversibly degraded or the battery manufacturer has demonstrated the declared service life of the FSB design with a robust extrapolation of the energy acceptance and delivery capability, over time, of the TOB.

6.4 Test for endurance in peak-power shaving service

The test conditions are as follows.

- a) The manufacturer shall select and define a full-sized battery (FSB) which is able to
 - 1) supply multiple 500 kW constant power discharge pulses as per 6.4 i) within the battery operating voltage limits specified by the manufacturer and when the battery is thermally equilibrated at an ambient air temperature of $+25^\circ\text{C}$, and
 - 2) tolerate such energy transfers every day without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- b) The manufacturer shall report how many cells, modules or stacks make up such a FSB. This value is termed n .
- c) The manufacturer shall define the fraction of power ($500/n$) kW such a cell, module or stack will deliver or accept when it is part of the FSB and this battery meets the conditions of 1) to 2) in 6.4 a).
- d) The manufacturer shall assemble with x of such cells, modules or stacks the appropriate TOB having at least
 - 1) four (4) cells in series (only if these cells are commercialized individually),
 - or
 - 2) one or more modules with at least four (4) single cells in series,
 - or
 - 3) one stack with at least four (4) flow cells in series,
 and incorporate the relevant BMS and BSS peripherals.
- e) When a battery based EES system with different power capability and/or energy content requires testing for compliance with this part of IEC 61427, then such a choice is acceptable provided that all other provisions are fulfilled and this deviation is stated in the test documentation.
- f) The actual energy content E (in kWh) of this TOB, after the manufacturer specified full charge and thermal equilibration in air at $+25^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature, shall be determined with a constant power discharge at the $(x \times 500/n)$ kW power level to the final

voltage U_{final} or to the BMS mandated discharge limit as specified by the manufacturer so as to generate the data as required in 7.2.

- g) The TOB shall then be fully recharged according to the manufacturer's specifications.
- h) The manufacturer shall report the target operational state of charge (SoC_{OT}) level and ways to achieve it in Table 1.
- i) The TOB battery shall then be submitted, at an ambient temperature of $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, to a sequence of discharge/open-circuit/charge events defined in 1) through 5) without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits. The minimum and maximum battery voltage and the cumulative discharged and charged capacity (in Ah) and energy (in kWh) of the TOB shall be monitored and recorded.
 - 1) Discharge for 180 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW (example of morning peak-power shaving activity). The test profile is as shown, for example, in Figure 13.
 - 2) Do not deliver energy for 180 min.
If the BMS or BSS is powered directly by the battery then the battery can supply this energy also during the "off-power" period of step 2 and step 4. This amount of energy shall be taken into account in the efficiency calculation as below (7.3 and 7.4).
 - 3) Discharge for 180 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 500/n)$ in kW (example of afternoon peak power shaving activity).
 - 4) Do not deliver energy for 60 min.
 - 5) Charge for not more than 840 min with a fractional power level not greater than $(x \times 500/n)$ in kW, maximum voltage and total energy input as specified by the manufacturer. After not more than 840 min the battery shall have reached again a SoC_{OT} as specified by the manufacturer. The recharge parameters shall be reported in Table 1.
- 6) Return to 1) and perform 1) to 5) seven times to sequentially generate the test data according to 7.3 followed by those according to 7.4 and 7.5. See also Figure 4.

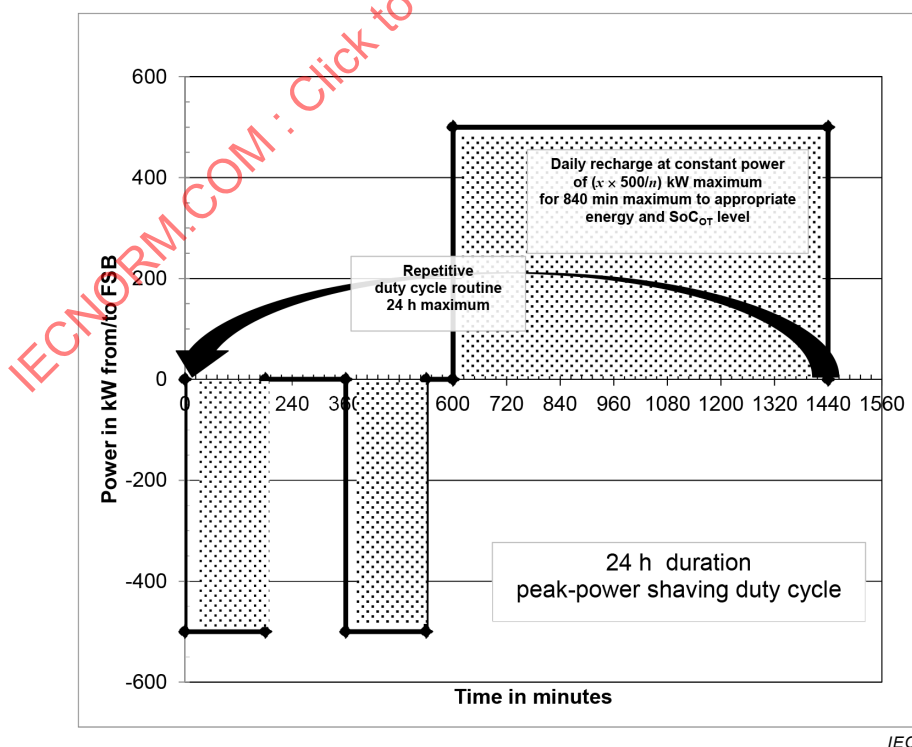


Figure 13 – Daily peak-power shaving service test routine profile (6.4)

- j) If the TOB voltage in i) exceeds the manufacturer's defined limits of operating voltages then the energy delivery or acceptance capability of TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered degraded.
- k) The cycling shall then be stopped and an attempt made to restore the capability of the TOB according to the manufacturer's specification. The details of this operation to recover the energy storage capability shall be reported in Table 1.
- l) A new set of operations g) through i) shall then be initiated. If the test object battery TOB voltage in i) exceeds the manufacturer's defined operating voltage limits again within seven sequences i) items 1) to 5) (≈ 1 week), then the energy delivery capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered irreversibly degraded and the TOB as having reached the end of its service life. Otherwise the cycle sequence described in sequence i) shall be continued until the next occurrence of exceeding a limiting value as described in i).
- m) The endurance of the TOB, in a particular application scenario, is defined by the total number of completed sequences of i) items 1) to 5) before end-of-service life according to l) is reached.
- n) The energy efficiency during these endurance test segments shall be determined according to 7.3 and 7.4 and reported in Table 6 and Table 7 respectively.
- o) The heat generation at the maximum ambient temperature during the endurance test segment shall be determined according to 7.5 and reported in Table 10.
- p) At the completion of the determination of energy efficiencies and heat generation according to 7.3, 7.4 and 7.5 within the endurance test 6.4, this endurance test shall be resumed at g) and carried out by ignoring section 6) and n) and o) until the TOB is declared irreversibly degraded or the battery manufacturer has demonstrated the declared service life of the FSB design with a robust extrapolation of the energy acceptance and delivery capability, over time, of the TOB.

6.5 Test for endurance in photovoltaic energy storage, time-shift service

The test conditions are as follows:

- a) The manufacturer shall select and define a full-sized battery (FSB) which is able to
 - 1) accept daily photovoltaic energy at a constant power level of either 3 kW and 1,5 kW or 30 kW and 15 kW as per j) within the battery operating voltage limits specified by the manufacturer and when the battery is thermally equilibrated at an ambient air temperature of $+25^{\circ}\text{C}$,
 - 2) deliver the stored photovoltaic energy at power levels of 3 kW or 30 kW, and
 - 3) tolerate such energy transfers every day without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- b) The manufacturer shall report how many cells, modules or stacks make up such a FSB. This value is termed n .
- c) The manufacturer shall define the fraction of power $(3/n)$ kW or $(30/n)$ kW such a cell, module or stack will accept and deliver when it is part of the FSB and this battery meets the conditions of 1) to 3) in 6.5 a).
- d) The manufacturer shall assemble with x of such cells, modules or stacks the appropriate TOB having at least
 - 1) four (4) cells in series (only if these cells are commercialized individually),
 - or
 - 2) one or more modules with at least four (4) cells in series,
 - or
 - 3) one stack with at least four (4) flow cells in series,
 and incorporate the relevant BMS and BSS peripherals.
- e) When a battery based EES system with different power capabilities and/or energy content requires testing for compliance with this part of IEC 61427, then such a choice is

acceptable provided that all other provisions are fulfilled and this deviation is stated in the test documentation.

- f) The actual energy content E (in kWh) of this TOB, after the manufacturer specified full charge and thermal equilibration in air at $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature, shall be determined with a constant power discharge at the $(x \times 3/n)$ or $(x \times 30/n)$ kW power level to the final voltage U_{final} or to the BMS mandated discharge limit as specified by the manufacturer so as to generate the data as required in 7.2.
- g) The TOB shall then be fully recharged according to the manufacturer's specifications.
- h) The TOB shall then be discharged to such a target operational state of charge (SoC_{OT}) so that it can accept the fractional power and energy levels without exceeding the manufacturer's specified operating voltage limits.
- i) The manufacturer shall report this target operational state of charge (SoC_{OT}) level and ways to achieve it in Table 1.
- j) The TOB battery shall then be submitted, at an ambient temperature of $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, to a sequence of discharge/open-circuit/charge events defined in 1) through 5). The minimum and maximum battery voltage and the cumulative discharged and charged capacity (in Ah) and energy (in kWh) of the TOB shall be monitored and recorded.
 - 1) Charge for 240 min with constant power at the fractional power level of $(x \times 3/n)$ or $(x \times 30/n)$ kW (photovoltaic energy storage activity). The test profile is as shown, for example, in Figure 14 and Figure 15.
 - 2) Charge for 120 min with constant power at the fractional power level of $0,5(x \times 3/n)$ or $0,5(x \times 30/n)$ kW (photovoltaic energy storage activity).
 - 3) Do not receive or deliver power for 60 min.

NOTE The two-step constant power PV energy storage profile reflects in part the somewhat bell-shaped profile of the energy output of solar cells during the day.

If the BMS or BSS is powered directly by the battery then this energy can be supplied by the battery also during the "off-power" period of step 3. This amount of energy shall be taken in account in the efficiency calculation as below (7.3 and 7.4).

- 4) Discharge with constant power at the fractional power level of $(x \times 3/n)$ or $(x \times 30/n)$ kW (stored photovoltaic energy use activity) until the manufacturer specified final voltage (U_{final}), SoC_{OT} (%) or discharged energy (kWh) or capacity (Ah) level is reached and the battery can again accept, during the next daylight period, PV energy for the duration and power levels defined in 1) and 2) above. The discharge parameters shall be reported in Table 1.
- 5) At the termination of the discharge as per 4), do not receive or deliver power for the remaining time to 1 440 min (24 h) elapsed cycle time.
- 6) Return to 1) and perform 1) to 5) seven times to sequentially generate the test data according to 7.3 followed by those according to 7.4 and 7.5. See also Figure 4.

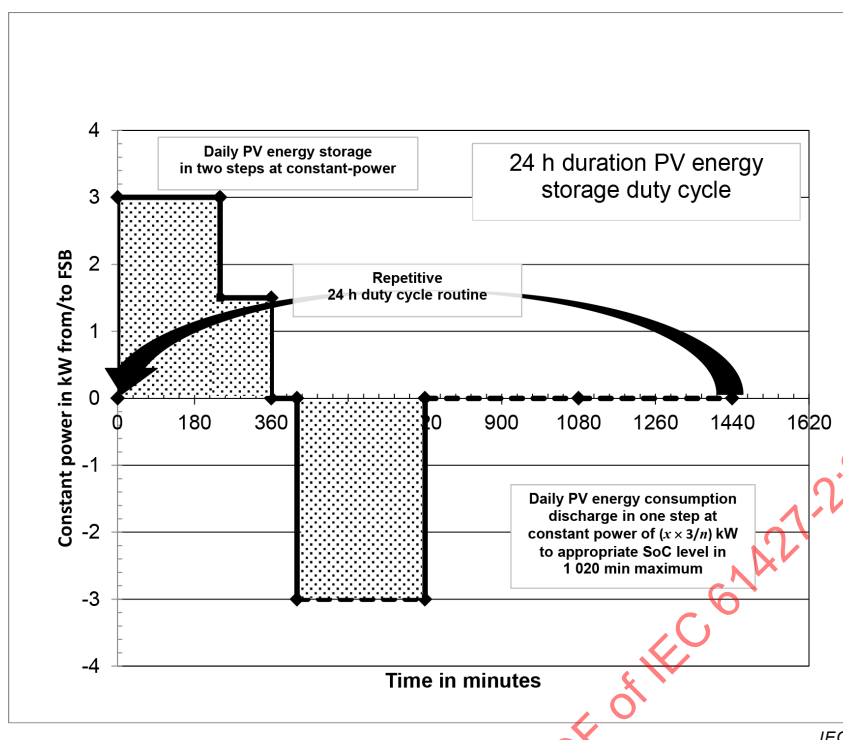


Figure 14 – Daily photovoltaic energy storage time-shift service test routine (6.5) – 3 kW

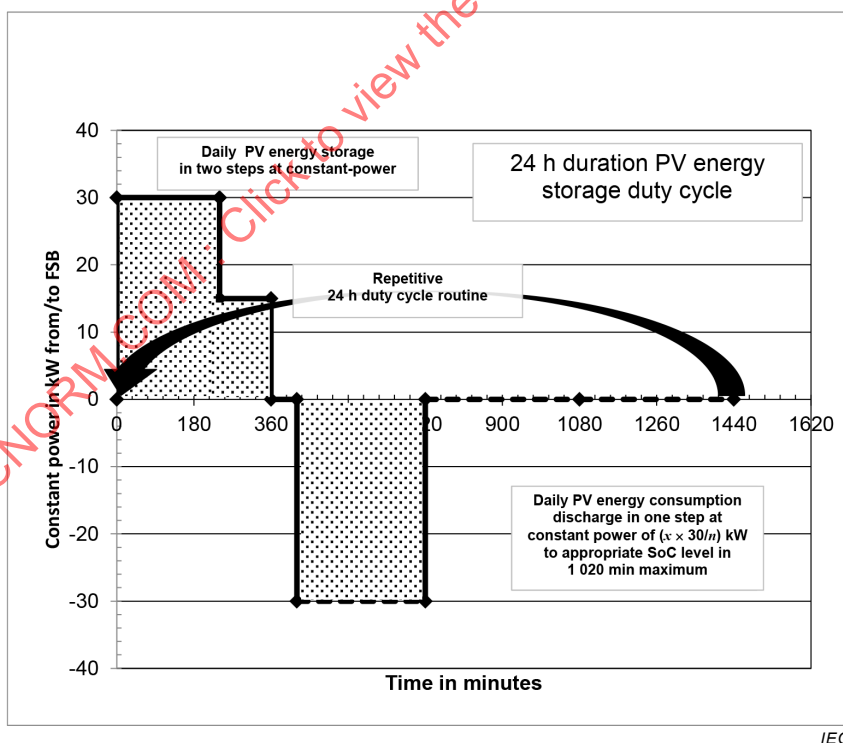


Figure 15 – Daily photovoltaic energy storage time-shift service test routine (6.5) – 30 kW

- k) If the TOB cannot accept the specified energy at the power level defined in j) without exceeding the manufacturer's defined operating voltage limits, then the energy storage capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered degraded.

- l) The cycling shall then be stopped and an attempt made to restore the capability of the TOB according to the manufacturer's specification. The details of this operation to recover the energy storage capability shall be reported in Table 1.
- m) A new set of operations j) shall then be initiated. If the test TOB voltage in j) exceeds the manufacturer's defined operating voltage limits again within seven sequences j) items 1) to 5) (1 week), then the energy acceptance capability of the TOB, and by derivation that of the FSB, shall be considered irreversibly degraded and the battery as having reached the end of its service life. Otherwise the cycle sequence described in sequence j) shall be continued until the next occurrence of exceeding a limiting value as described in k).
- n) The endurance of the TOB, in a particular application scenario, is defined by the total number of completed sequences of j) items 1) to 5) before end-of-service life according to m) is reached.
- o) The energy efficiency during these endurance test segments shall be determined according to 7.3 or 7.4 and reported in Table 6 and Table 7, respectively.
- p) The heat generation at the maximum ambient temperature during the endurance test segment shall be determined according to 7.5 and reported in Table 10.
- q) At the completion of the determination of energy efficiencies and heat generation according to 7.3, 7.4 and 7.5 within the endurance test 6.5, this endurance test shall be resumed at g) and carried out ignoring section 6) and o) and p) until the TOB is declared irreversibly degraded or the battery manufacturer has demonstrated the declared service life of the FSG designs with a robust extrapolation of the energy acceptance and delivery capability, over time, of the TOB.

7 Battery properties and electrical performance

7.1 Declaration of the system properties

The key features of the full-sized battery (FSB) and test object battery (TOB) of 6.2 through 6.5, as available from the manufacturer or determined experimentally, shall be reported in Tables 1, 2, 3 and 4 with appropriate accuracy.

Table 1 – Summary of endurance test related electrical property data of the full-sized (FSB) and the test object (TOB) battery

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Declared energy content E in kWh of the FSB at the indicated power level	kW	500	180	500	3	30
	kWh					
FSB formed of n cells, modules or stacks	n					
TOB formed of $(x \times 1/n)$ cells, modules or stacks	x					
Manufacturer's specified method to achieve full charge of the TOB	n/a	Describe	Describe	Describe	Describe	Describe
Minimum ($U_{\min}$) and maximum ($U_{\max}$) operating voltage of TOB	$V_{\min}$					
	$V_{\max}$					
Fractional discharge power level in $x \times \text{kW}/n$ and actual energy content E in kWh of the TOB when discharged according to subclauses 6.x item f) and 7.2 at $+25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature to U_{final} or to the BMS mandated discharge limit	kW					
	kWh					
	V					
	BMS Yes No					
Total number of endurance sequences i) or j) achieved with the TOB until the end-of-life limit of item l) or m) in subclauses 6.x was reached	No.					
Target operational state of charge level (SoC_{OT}) of TOB as a percentage of the actual energy content E and ways to achieve it in the endurance test of 6.2, 6.3 and 6.5	%			n/a		
	kW					
	V					
	min					
Manufacturer recommended SoC_{OT} maintenance procedure for the TOB used in 6.2 j) 8) and 6.3 j) 8) (Values a or t or K , kW, kWh and time) Profile a, b or c	kW			n/a	n/a	n/a
	kWh					
	min					
	No.					
Peak-power shaving duty 6.4 i) recharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC_{OT} , kW, time, V)	Profile					
	%	n/a	n/a		n/a	n/a
	kW					
	min					
PV energy storage time-shift duty 6.5 j) 4) discharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC_{OT} , kW, time, V)	V					
	%	n/a	n/a	n/a		
	kW					
	min					
Method to recover the energy storage capability of the TOB as used in 6.x l) or k) and as specified by the manufacturer	V					
	kW					
	min					

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Endurance and performance tests carried out on <i>n</i> number of TOB's	No.					
TOB operated with a dedicated BMS and/or BSS	Yes No					

Table 2 – Summary of physical dimension data of the full-sized battery (FSB)

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Battery (FSB) – operated with a dedicated BMS and/or BSS	Yes No					
Battery (FSB) – projected footprint with BMS and BSS installed	m ²					
Battery (FSB) – weight with BMS and BSS installed	kg					
Battery (FSB) – height with BMS and BSS installed	m					

Table 3 – Summary description of the full-sized battery (FSB)

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Battery chemistry	n/a					
Brand or model name	n/a					
Type designation	n/a					
Manufacturer	n/a					
Hardware and software version	n/a					
Any other useful information	n/a					

Table 4 – Summary description of the test-object battery (TOB)

The required description shall allow understanding of the test object battery (TOB) by listing and illustrating its design features and characteristics so as to be able to extrapolate its performance to that of the full-sized battery (FSB).	
TOB of 6.2	(Description) (Add pages)
TOB of 6.3	(Description) (Add pages)
TOB of 6.4	(Description) (Add pages)
TOB of 6.5 3 kW	(Description) (Add pages)
TOB of 6.5 30 kW	(Description) (Add pages)

7.2 Determination of energy content at +25 °C ambient temperature

The discharge performance data of the TOB thermally equilibrated at +25 °C ± 3 K ambient temperature shall be determined and reported. These data shall be cogenerated during the execution of the endurance tests of 6.2 through 6.5 and item f).

The test shall be carried out with a TOB and its subsystems of the size identified in 5.3 and the data reported in Table 5.

Table 5 – Summary of the constant power discharge performance of the TOB at an ambient temperature of +25 °C ± 3 K

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared discharge power capability of the full-sized battery (FSB)	kW	500	180	500	3	30
Fractional discharge power level $x \times \text{kW}/n$ and actual energy content E in kWh of the TOB when discharged at +25 °C ± 3 K ambient temperature to U_{final} or BMS mandated (Yes/No) discharge termination	kW					
	kWh					
	V					
	Yes No					
TOB open-circuit voltage at +25 °C ± 3 K ambient temperature and fully-charged prior to the discharge with constant power	V					
TOB final discharge voltage (U_{final})	V					
TOB voltage after 10 % of the duration of the constant power discharge	V					
TOB voltage after 50 % of the duration of the constant power discharge	V					
Current after 10 % of the duration of the constant power discharge	A					
Current at U_{final} or at the BMS mandated discharge termination	A					
Total duration of the constant power discharge to U_{final} or to the BMS mandated discharge termination	min					
Actual energy E discharged from the TOB	kWh					
Actual capacity discharged from the TOB during the determination of energy content E	Ah					

7.3 Determination of the energy efficiency during endurance tests at +25 °C ambient temperature

The energy storage efficiency of the TOB shall be determined at +25 °C ± 3 K ambient temperature and reported. These data shall be cogenerated during the execution of the endurance tests of 6.2 through 6.5 starting with item g) and over 840, 210, 7 and 7 repetitions of sequence i) (6.4) or j) (6.2, 6.3 and 6.5), respectively.

The test shall be carried out with a TOB and its subsystems of the size identified in 5.3 and as shown schematically in Figure 16.

The energy storage efficiency factor η is defined as the ratio between net energy discharged (i.e. the difference of discharged energy and the auxiliary (BMS/BSS) energy consumption during the discharge phase) and the total charged energy (i.e. the sum of the charged energy and the auxiliary (BMS/BSS) energy consumption during the charge phase) according to the formula

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

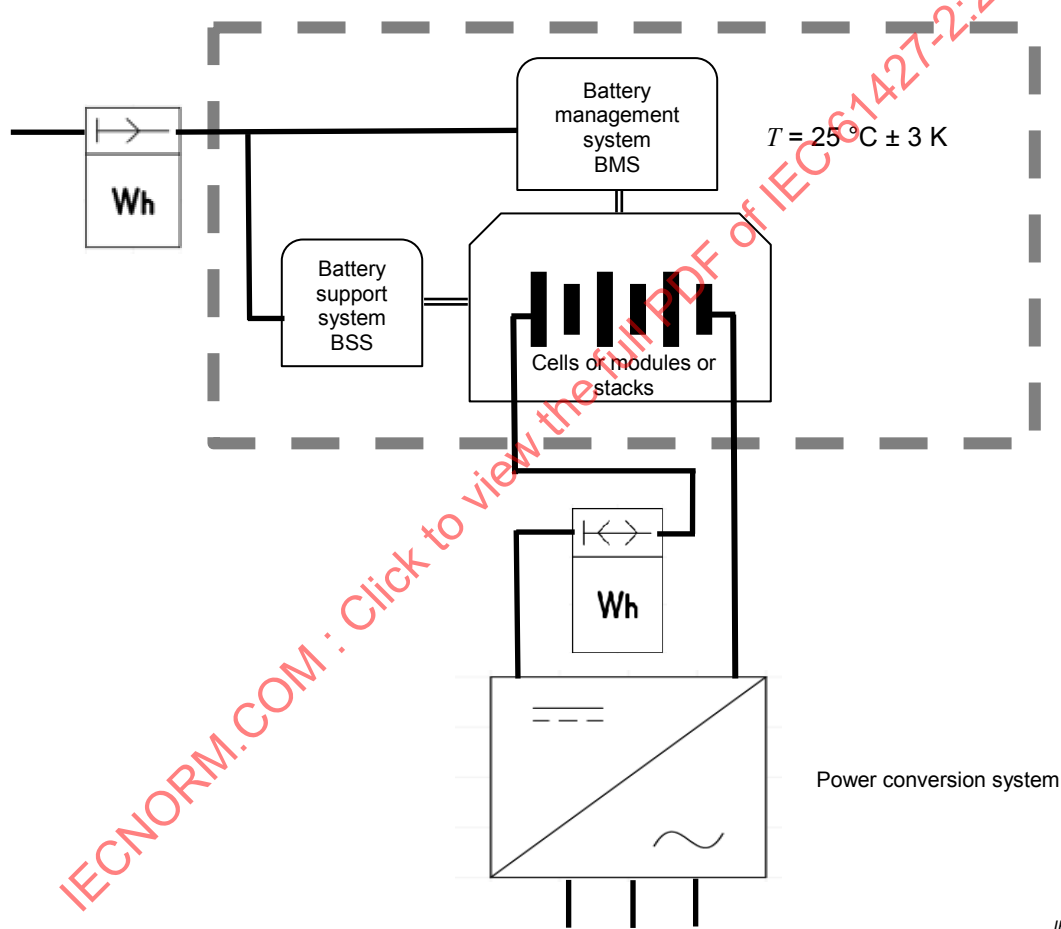


Figure 16 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to and from TOB) to be used for the determination of the energy storage efficiency factor η

This value shall be calculated, from the gathered data, at the beginning and advantageously also toward the end of the endurance test, to track efficiencies during the course of the endurance test and reported in Table 6.

**Table 6 – Summary of energy efficiencies determined
in endurance tests at an ambient temperature of +25 °C ± 3 K**

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Number of endurance test sequences i) or j) over which the energy efficiency factor η is to be determined according to 6.2, 6.3, 6.4, 6.5	No.	840	210	7	7	7
Actual number of endurance test sequences i) or j) over which the energy efficiency factor η has been determined	No.					
Energy consumed by the BMS and BSS of the TOB during the reported number of endurance test sequences i) or j) at +25 °C ± 3 K ambient temperature	kWh					
Energy charged into the TOB during the reported number of endurance test sequences i) or j) at +25 °C ± 3 K ambient temperature	kWh					
Energy discharged from the TOB during the reported number of endurance test sequences i) or j) at +25 °C ± 3 K ambient temperature	kWh					
Energy efficiency factor η at the beginning of the endurance test $\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{E_{discharge} - E_{aux,discharge}}{E_{charge} + E_{aux,charge}}$	n/a					
Energy efficiency factor η at the end of the endurance test $\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{E_{discharge} - E_{aux,discharge}}{E_{charge} + E_{aux,charge}}$	n/a					

NOTE The energy efficiencies are tied to the intrinsic electrochemical reaction efficiencies during discharge and charge, the energy consumed by the auxiliaries and the charging strategy used to maintain the required SoC_{OT} of the battery.

7.4 Determination of the energy efficiency during endurance tests at the minimum and maximum ambient temperature

The energy storage efficiency of the TOB shall be determined at the manufacturer specified minimum and maximum ambient temperature at which the battery is operable and performs according to specified requirements. These data shall be cogenerated during the execution of the endurance tests of 6.2 through 6.5 starting with item g) and over 840, 210, 7 and 7 repetitions of sequence i) (6.4) or j) (6.2, 6.3 and 6.5), respectively.

The test shall be carried out with a TOB and its subsystems of the size identified in 5.3 and the data reported in Table 7.

- a) Prior to the test, the TOB, including any external electrolyte volumes, shall be kept for 24 ± 1 h at the manufacturer's specified minimum ambient temperature within a range of ± 3 K. This may be achieved by placing the TOB into a temperature-controlled cabinet with forced airflow or other equivalent means.

If the temperature limits differ between that admissible during charge or discharge, then a unique value suitable for both conditions may be chosen.

- b) While still in the cabinet, the TOB shall, starting with item g) of the endurance test subclause, be submitted to a number of endurance test sequences i) or j) as specified below:

Subclause 6.2 = 840, Subclause 6.3 = 210, Subclause 6.4 = 7, Subclause 6.5 = 7

- c) During the execution of test sequences i) or j), the SoC_{OT} stabilization conditions of profile a, b or c shall be adapted, according to the manufacturer's specifications, in such a way that the required SoC_{OT} level is also reached/maintained at this low ambient temperature. These conditions shall be reported in Table 8.
- d) At the conclusion of the low-temperature cycle test, the TOB shall be fully charged according to the manufacturer's specifications.
- e) Prior to the test, the TOB, including any external electrolyte volumes, shall then be kept for 24 ± 1 h at the manufacturer's specified maximum ambient temperature within a range of ± 3 K. This may be achieved by placing the TOB into a temperature-controlled cabinet with forced airflow or other equivalent means.

- f) While still in the cabinet, the TOB, starting with item g) of the endurance test clause, shall be submitted to a number of endurance test sequences i) or j) as specified below:

Subclause 6.2 = 840, Subclause 6.3 = 210, Subclause 6.4 = 7, Subclause 6.5 = 7

- g) During the execution of test sequences i) or j), the SoC_{OT} stabilization conditions of profile a, b or c shall be adapted, according to the manufacturer's specifications, in such a way that the required SoC_{OT} level is also reached/maintained at this high ambient temperature. These conditions shall be reported in Table 9.
- h) The energy storage efficiency factor η shall be determined with the formula

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

for each of the two temperatures during the relevant and applicable endurance tests and reported in Table 7.

Table 7 – Summary of energy efficiencies determined in endurance cycle tests at the minimum and maximum ambient temperature

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Number of endurance test sequences i) or j) over which the energy efficiency factor η is to be determined according to 6.2, 6.3, 6.4, 6.5	No.	840	210	7	7	7
Actual number of endurance test sequences i) or j) over which the energy efficiency factor η has been determined	No.					
Energy consumed by the BMS and BSS of the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at minimum and maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{min}					
	kWh					
	°C _{max}					
Energy charged into the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at minimum and maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{min}					
	kWh					
	°C _{max}					
Energy discharged from the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at minimum and maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{min}					
	kWh					
	°C _{max}					
Energy efficiency factor η at minimum ambient temperature $\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{E_{discharge} - E_{aux,discharge}}{E_{charge} + E_{aux,charge}}$	n/a					
Energy efficiency factor η at maximum ambient temperature $\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{E_{discharge} - E_{aux,discharge}}{E_{charge} + E_{aux,charge}}$	n/a					

Table 8 – Parameters to achieve and maintain the target operational state of charge, SoC_{OT} , during tests at the minimum ambient temperature

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Minimum (U_{min}) and maximum (U_{max}) operating voltage of TOB at minimum ambient temperature	x					
SoC _{OT} of TOB as a percentage of the actual energy content E and ways to achieve it in the endurance test of 6.2, 6.3 and 6.5 at minimum ambient temperature	%			n/a		
	kW					
	V					
	min					
Manufacturer recommended SoC _{OT} maintenance procedure for the TOB used in 6.2 j) 8) and 6.3 j) 8) (Values a or t or K , kW and time) Profile a, b or c	kW			n/a	n/a	n/a
	kWh					
	min					
	No.					
	Profile					
Peak-power shaving duty 6.4 item i) 5) recharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC _{OT} , kW, time, V) at minimum ambient temperature	%	n/a	n/a		n/a	n/a
	kW					
	min					
	V					
PV energy storage time-shift duty 6.5 j) 4) discharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC _{OT} , kW, time, V) at minimum ambient temperature	%	n/a	n/a	n/a		
	kW					
	min					
	V					
Method to recover the energy storage capability of the TOB used in 6.x l) or k) and as specified by the manufacturer at minimum ambient temperature	kW					
	V					
	min					
TOB operated with a dedicated BMS and/or BSS	Yes No					

Table 9 – Parameters to achieve and maintain the target operational state of charge, SoC_{OT} , during tests at the maximum ambient temperature

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Minimum (U_{min}) and maximum (U_{max}) operating voltage of TOB at maximum ambient temperature	x					
SoC _{OT} of TOB as a percentage of the actual energy content E and ways to achieve it in the endurance test of 6.2, 6.3 and 6.5 at maximum ambient temperature	%			n/a		
	kW					
	V					
	min					
Manufacturer recommended SoC _{OT} maintenance procedure for the TOB used in 6.2 j) 8) and 6.3 j) 8) Values a or t or K , kW and time) Profile a, b or c	kW			n/a	n/a	n/a
	kWh					
	min					
	No.					
	Profile					
Peak-power shaving duty 6.4 i) 5) recharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC _{OT} , kW, time, V) at maximum ambient temperature	%	n/a	n/a		n/a	n/a
	kW					
	min					
	V					
PV energy storage time-shift duty 6.5 j) 4) discharge parameters of the TOB as specified by the manufacturer (Values of SoC _{OT} , kW, time, V) at maximum ambient temperature	%	n/a	n/a	n/a		
	kW					
	min					
	V					
Method to recover the energy storage capability of the TOB used in 6.x l) or k) and as specified by the manufacturer at maximum ambient temperature	kW					
	V					
	min					
TOB operated with a dedicated BMS and/or BSS	Yes No					

7.5 Determination of waste heat generated during endurance tests at the maximum ambient temperature

Batteries generate heat when they are in idle state or are being charged and discharged. This heat results from electrochemical reaction enthalpy changes, resistive losses, and from the energy conversion inefficiencies of secondary systems such as the BMS and BSS.

The amount of energy wasted, and released as heat, by the TOB shall be determined at the maximum ambient temperature and reported. These data shall be cogenerated during the execution of the tests in 6.x and 7.4 at the maximum ambient temperature.

The test shall be carried out with a TOB and its subsystems of the size identified in 5.3. Particular attention shall be placed on the correct scalability of the TOB waste heat value to that of a FSB.

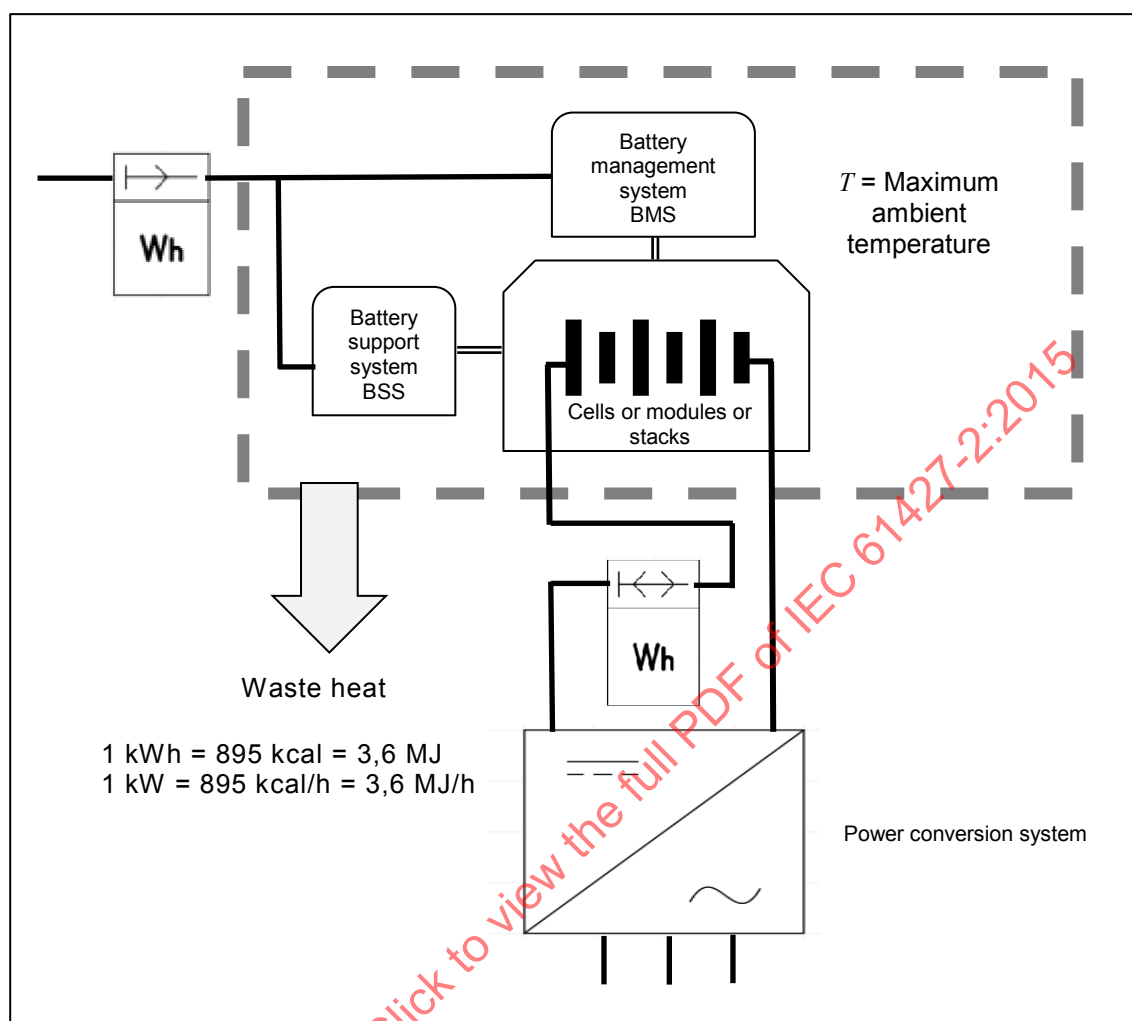


Figure 17 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to and from battery) to be used for the determination of the amount of waste heat generated

The amount of heat generated shall be obtained from the integration of the absolute energy values as shown in Figure 17. The integration shall be carried out over defined endurance test sequences i) and j) as specified in 7.4 and the waste energy value, E_w (in kWh), calculated with the formula below and reported in Table 10.

$$E_w = \sum E_{\text{supp}} + \sum E_{\text{charge}} - \sum E_{\text{discharge}}$$

where

- E_{supp} is the energy supplied to the BMS/BSS,
- E_{charge} is the energy charged into the battery,
- $E_{\text{discharge}}$ is the energy discharged from the battery.

NOTE 1 1 000 Wh of energy correspond to 895 kcal or 3,6 MJ; 1 000 W of power correspond to 895 kcal/h or 3,6 MJ/h.

Table 10 – Summary of energy released as heat during endurance tests at the maximum ambient temperature

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Number of endurance test sequences j) over which the waste energy value, E_w , is to be determined according to 6.2, 6.3, 6.4, 6.5	No.	840	210	7	7	7
Actual number of endurance test sequences i) or j) over which the waste energy value, E_w , factor has been determined	No.					
Energy consumed (A) by the BMS and BSS of the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{max}					
Energy charged (B) into the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{max}					
Energy discharged (C) from the TOB during the reported number of endurance sequences i) or j) at maximum ambient temperature	kWh					
	°C _{max}					
Net energy released as heat by the TOB over the reported test sequences i) or j) $E_w = A + B - C$	kWh					
	MJ					
	kcal					
Comments and remarks concerning potential heat release scalability issues	n/a					

NOTE 2 The energy input into BMS and BSS is assumed to result in a 100 % conversion into heat.

The energy loss/heat release values are intended as guidance only and are not constant over an energy transfer cycle. The time dependency of heat generation intensity should be taken in consideration when cooling or heating infrastructure is dimensioned.

7.6 Determination of energy requirements during periods of idle state at +25 °C ambient temperature

Batteries require energy during periods of idle state to compensate for the self-discharge losses and cater for the energy needs of the BMS and BSS.

A battery in “idle state” is ready to deliver and absorb energy on demand with a reaction time as required by the application.

NOTE 1 Such reaction time may vary from few milliseconds (i.e. within the duration of a half sine wave of a.c. current) to several seconds.

The energy needed by the TOBs, when kept in idle state, shall be determined and reported.

The test shall be carried out with a TOB and its subsystems of the size identified in 5.3.

The energy required (in kWh) to keep the TOB in the idle state as defined above, shall be determined over 30 days and at $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ ambient temperature for each TOB of 6.2 through 6.5. This shall be done by physically monitoring

- the amount of charge energy needed to keep the TOB at the SoC_{OT} level appropriate for the test sequence i) or j) of the application scenario (6.2 through 6.5), and
- the electrical energy consumed by the auxiliaries such as BMS and BSS so to keep the TOB at the SoC_{OT} level appropriate for duty cycle i) or j) of the application scenario (6.2 through 6.5),

and the data reported in Table 11. See also Figure 18.

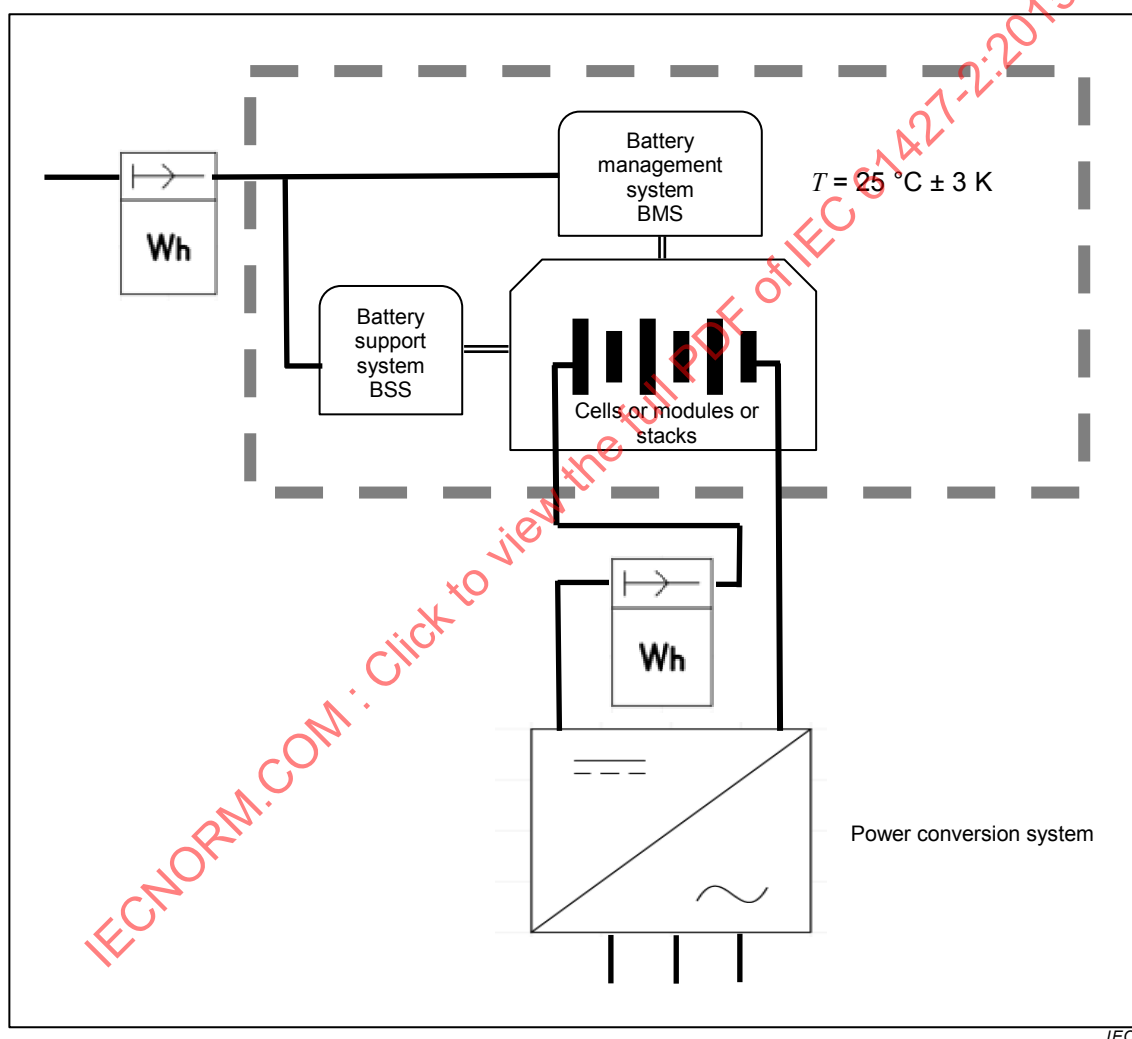


Figure 18 – Schematic view of the location of the two sets of energy values (energy to auxiliaries and energy to battery) to be used for the determination of the energy requirements during periods of idle state of the battery

**Table 11 – Summary of energy required during idle state periods
at +25 °C ± 3 K ambient temperature**

Properties	Unit	Battery of subclause				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
Declared FSB capability	kW	500 to 1 000	180 to 360	500	3	30
Duration of time over which maintenance energy value E_M is to be determined	days	30				
Actual duration of time over which maintenance energy value E_M has been determined	days					
Energy consumed (A) by the BMS and BSS of the TOB during reported number of days in idle state at +25 °C ± 3 K ambient temperature so to maintain the mandated SoC _{OT} for endurance test purposes	kWh					
Energy charged (B) into the TOB during reported number of days in idle state at +25 °C ± 3 K ambient temperature so to maintain the mandated SoC _{OT} for endurance test purposes	kWh					
Net maintenance energy required by the TOB in idle state over the reported period.	kWh					
$E_M = A + B$ and per day	kWh per day					

NOTE The energy requirement values obtained at +25 °C may differ at the higher or lower ambient temperatures.

Annex A (informative)

Battery-related hazards

A.1 General

Batteries intended for electrical energy storage can be a source of dangerous voltages, elevated uncontrollable electrical currents and hazardous and toxic chemicals.

The hazards presented by such batteries have been given the necessary attention at the cell and module levels during their development and the product qualification tests. The individual battery product standards bear witness to these efforts and their consultation is highly recommended.

However, the sheer size and complexity of the planned battery systems and their associated controls make it necessary to conduct a hazard analysis very early in the planning stage to assess such hazards and risks.

Several IEC standards such as IEC 60812, IEC 61025, the IEC 61508 series, IEC 60730-1 (Annex H) and other relevant functional safety standards and methods (FTA, FMEA) can be used for such assessments.

This assessment should be carried out, prior to product procurement, in close collaboration with the battery manufacturer, the battery system builder and integrator and the future EES system operator.

A.2 Examples

A non-exhaustive list of hazard sources and events is listed in Tables A.1 and A. 2. Their occurrence is tied to the chemistry, the design of the cells and of the full-sized battery and battery plant.

**Table A.1 – Non-exhaustive listing of potential battery-related hazards
to be taken in consideration in risk assessment activities**

Examples of hazards caused by the battery itself
Emission of combustible, toxic or explosive gases
Emission of combustible, toxic or corrosive liquids
Ejection of combustible or toxic solids
Ground short currents
Fire or explosions
Heat damage and associated personal injuries
Loss of system functionality
Electrical arcs and shocks

Table A.2 – Non-exhaustive listing of potential installation-related hazards to be taken in consideration in risk assessment activities

Examples of external hazards impacting on the battery
Loss of air-conditioning and battery cooling
Loss of battery room ventilation
Loss of battery heating controls
Loss of battery voltage control functions
Over-discharge of cells due to a ground fault
Overcharge due to control function loss, data drift or software error
Overcurrent due to control function loss, shunt calibration error or drift
Short-circuit in control and diagnostic cabling on the battery
Massive shorts in the power cabling from the battery to the PCS or to the d.c. load
Loss of BMS/BSS functions
Seismic events
Fire in immediate vicinity of the battery
Sprinkler action, drip-water exposure and flooding
Crushing of cells due to rack or building collapse
Vandalism and theft
Operator errors
Improper disposal and recycling of cells and modules

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

Bibliography

The following International Standards and Technical Reports give valuable background information on the cells and batteries involved in the tests according to this part of IEC 61427. The status of the most recent version can be found at www.iec.ch.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available from: <http://www.electropedia.org>)

IEC 60623, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells*

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

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

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

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

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61427-1, *Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test – Part 1: Photovoltaic off-grid application*

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

IEC 61508-7, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 7: Overview of techniques and measures*

IEC TR 62060, *Secondary cells and batteries – Monitoring of lead acid stationary batteries – User guide*

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

IEC 62259, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Nickel-cadmium prismatic secondary single cells with partial gas recombination*

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

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

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

IEC 62619, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications*¹

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

IEC 62675, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells*

IEC 62897, *Stationary Energy Storage Systems with Lithium Batteries – Safety Requirements*²

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

¹ Under consideration.

² Under consideration.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	54
1 Domaine d'application	56
2 Références normatives	56
3 Termes et définitions	56
4 Considérations générales	63
5 Conditions générales d'essai	64
5.1 Précision de l'appareil de mesure	64
5.1.1 Mesures de tension	64
5.1.2 Mesures de courant	64
5.1.3 Mesures de température	64
5.1.4 Mesures de temps	65
5.2 Considérations de l'objet en essai	65
5.3 Considérations liées à la sélection de la batterie soumise à essai et à sa taille	66
5.4 Plan d'essai	67
6 Endurance de la batterie	72
6.1 Généralités	72
6.2 Essai d'endurance en service de régulation de fréquence	72
6.3 Essai d'endurance en service d'adaptation à la demande	79
6.4 Essai d'endurance en service d'écrtage des pointes de consommation	84
6.5 Essai d'endurance en service de stockage d'énergie photovoltaïque avec décalage temporel de la consommation	87
7 Propriétés et performances électriques des batteries	91
7.1 Déclaration des propriétés du système	91
7.2 Détermination de la teneur en énergie à une température ambiante de + 25 °C	94
7.3 Détermination du rendement énergétique pendant les essais d'endurance à une température ambiante de + 25 °C	95
7.4 Détermination du rendement énergétique pendant les essais d'endurance à la température ambiante minimale et maximale	96
7.5 Détermination de la chaleur générée pendant les essais d'endurance à une température ambiante maximale	100
7.6 Détermination du besoin d'énergie pendant les périodes de veille à une température ambiante de +25 °C	102
Annexe A (informative) Dangers liés aux batteries	105
A.1 Généralités	105
A.2 Exemples	105
Bibliographie	107
Figure 1 – Limite de la batterie taille réelle (FSB)	65
Figure 2 – Processus de sélection en deux étapes de la batterie à essai (TOB)	66
Figure 3 – Flux de travail pour la détermination des propriétés d'endurance et des performances électriques de la TOB tels que régis par la chronologie de génération de données des essais 6.2 à 6.5	68
Figure 4 – Séquence d'essais de performances effectuées avec la TOB 1 à l'intérieur d'un essai d'endurance 6.x	69
Figure 5 – Flux de travail et schéma décisionnel pour les essais d'endurance 6.2 à 6.5	72

Figure 6 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil a.....	75
Figure 7 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil b.....	76
Figure 8 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil c.....	77
Figure 9 – Représentation schématique de l'évolution de la tension de batterie dans le temps pendant le cyclage avec des impulsions de décharge et de charge à puissance constante.....	78
Figure 10 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil a.....	81
Figure 11 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil b.....	82
Figure 12 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil c.....	83
Figure 13 – Profil d'essai pour un service d'écrêtage des pointes de consommation (6.4).....	86
Figure 14 – Profil d'essai pour un service de stockage d'énergie photovoltaïque avec décalage temporel de consommation (6.5) – 3 kW.....	89
Figure 15 – Profil d'essai pour un service de stockage d'énergie photovoltaïque avec décalage temporel de consommation (6.5) – 30 kW.....	90
Figure 16 – Représentation schématique de l'emplacement de deux ensembles de valeurs d'énergie (énergie alimentant les auxiliaires et énergie vers et de la TOB) utilisés pour la détermination du facteur de rendement de stockage d'énergie η	95
Figure 17 – Représentation schématique de l'emplacement de deux ensembles de valeurs d'énergie (énergie alimentant les auxiliaires et énergie vers et de la batterie) utilisés pour la détermination de la quantité d'énergie perdue et libérée sous forme de chaleur.....	101
Figure 18 – Représentation schématique de l'emplacement de deux ensembles de valeurs d'énergie (énergie alimentant les auxiliaires et énergie alimentant la batterie) utilisés pour la détermination des besoins d'énergie pendant les périodes de veille de la batterie.....	103
Tableau 1 – Résumé des données de propriétés électriques relatives à l'essai d'endurance de la batterie de taille réelle (FSB) et de la batterie en essai (TOB).....	92
Tableau 2 – Synthèse des dimensions physiques de la batterie de taille réelle (FSB).....	93
Tableau 3 – Synthèse de la description de la batterie de taille réelle (FSB).....	93
Tableau 4 – Synthèse de la description de la batterie soumise à l'essai (TOB).....	93
Tableau 5 – Synthèse des valeurs de référence des performances de décharge à puissance constante de la TOB à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$	94
Tableau 6 – Synthèse des rendements énergétiques déterminés dans les essais d'endurance à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$	96
Tableau 7 – Synthèse des rendements énergétiques déterminés dans les essais de cycle d'endurance à une température ambiante minimale et maximale.....	98
Tableau 8 – Paramètres pour atteindre et maintenir l'état de charge prévu en fonctionnement, SoC_{OT} , pendant les essais à la température ambiante minimale.....	99
Tableau 9 – Paramètres pour atteindre et maintenir l'état de charge prévu en fonctionnement, SoC_{OT} , pendant les essais à la température ambiante maximale.....	100
Tableau 10 – Synthèse de l'énergie libérée sous forme de chaleur pendant les essais d'endurance à une température ambiante maximale.....	102
Tableau 11 – Synthèse de l'énergie nécessaire pendant des périodes de veille à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$	104
Tableau A.1 – Liste non exhaustive des dangers potentiels provenant des batteries à prendre en considération dans les activités d'évaluation des risques.....	105
Tableau A.2 – Liste non exhaustive des dangers potentiels provenant des installations à prendre en considération dans les activités d'évaluation des risques.....	106

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ACCUMULATEURS POUR LE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE
RENOUVELABLE – EXIGENCES GÉNÉRALES ET MÉTHODES D'ESSAIS –****Partie 2: Applications en réseau****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 61427-2 a été établie par le comité d'études 21 de l'IEC: Accumulateurs.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61427, publiées sous le titre général *Accumulateurs pour le stockage de l'énergie renouvelable – Exigences générales et méthodes d'essais*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
21/862/FDIS	21/863/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015

ACCUMULATEURS POUR LE STOCKAGE DE L'ENERGIE RENOUVELABLE – EXIGENCES GÉNÉRALES ET MÉTHODES D'ESSAIS –

Partie 2: Applications en réseau

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61427 porte sur les batteries d'accumulateurs utilisées dans les applications de stockage de l'énergie électrique (EES) en réseau et définit les méthodes d'essai associées pour la vérification de leur endurance, de leurs propriétés et des performances électriques dans une telle application. Les méthodes d'essai sont indépendantes de la chimie de la batterie, c'est-à-dire applicables à tout type de batterie d'accumulateurs.

Les applications en réseau sont caractérisées par le fait que les batteries sont connectées, via des dispositifs de conversion d'énergie, à un réseau d'électricité régional, national ou continental et font office de sources ou de réservoir d'énergie instantanées pour stabiliser les performances du réseau électrique lorsque de grandes quantités d'énergie électrique provenant de sources d'énergie renouvelables sont introduites aléatoirement dans celui-ci.

Les équipements de conversion d'énergie et d'interface associés ne sont pas couverts par la présente partie de l'IEC 61427.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

Aucune.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 précision

<d'un appareil de mesure>

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure de donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie de mesurande

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche «valeur vraie»

Note 2 à l'article: L'exactitude est d'autant meilleure que la valeur indiquée est plus proche de la valeur vraie correspondante

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.2

classe de précision

catégorie d'appareils de mesure qui doivent tous satisfaire à un ensemble de spécifications concernant l'incertitude

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-09]

3.3

température ambiante

température moyenne de l'air ou du milieu au voisinage du matériel

Note 1 à l'article: Pendant la mesure de la température ambiante il est recommandé que l'instrument/la sonde de mesure soit protégée des courants d'air et de la chaleur rayonnée.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-03]

3.4

température ambiante maximale

<pour le fonctionnement de la batterie> température ambiante la plus élevée à laquelle la batterie peut fonctionner et doit satisfaire aux exigences spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-20-17, modifié — Dans la définition, « traçage par résistance » a été remplacé par « batterie ».]

3.5

température ambiante minimale

<pour le fonctionnement de la batterie> température ambiante la plus basse à laquelle la batterie peut fonctionner et doit satisfaire aux exigences spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-20-20, modifié — Dans la définition, « traçage par résistance » a été remplacé par « batterie ».]

3.6

ampère heure

quantité de charge électrique obtenue en intégrant le courant en ampères par rapport au temps en heures

Note 1 à l'article: L'unité SI pour la charge électrique est le coulomb (1 C = 1 As) mais en pratique, elle est généralement exprimée en ampères heures (Ah).

3.7

batterie

deux ou plusieurs éléments équipés des dispositifs nécessaires pour l'emploi, par exemple boîtier, bornes, marquage et dispositifs de protection

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-01-04, modifié — Dans la définition, « un » a été remplacé par « deux ».]

3.8

système de gestion de batterie

BMS

unité de gestion de batterie

BMU

système électronique associé à une batterie qui surveille et/ou gère son état, calcule les données secondaires, rapporte ces données et/ou contrôle son environnement pour influencer la performance et/ou la durée de vie de la batterie

Note 1 à l'article: La fonction du système de gestion de batterie peut être entièrement ou partiellement assignée au bloc de batteries et/ou aux équipements qui utilisent cette batterie.

Note 2 à l'article: Un système de gestion de batterie est également appelé "unité de gestion de batterie" (BMU).

Note 3 à l'article: L'abréviation "BMS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "battery management system".

Note 4 à l'article: L'abréviation "BMU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "battery management unit".

3.9

état en veille

< d'un système de batterie> état d'une batterie qui est entièrement fonctionnel mais qui ne délivre ou n'absorbe pas activement l'énergie

Note 1 à l'article: Un tel système peut délivrer et absorber l'énergie sur demande avec un temps de réaction comme exigé par l'application.

Note 2 à l'article: Le temps de réaction peut varier de quelques millisecondes à quelques secondes.

3.10

système de support batterie

BSS

groupe de composants interconnectés et interactifs qui exécutent une tâche essentielle en tant qu'équipement d'un système de batterie

Note 1 à l'article: Ces systèmes sont, par exemple, les réservoirs de stockage à électrolyte et pompes de circulation, les dispositifs de refroidissement et de chauffage, les systèmes d'élimination des gaz d'échappement, les extincteurs, les bacs de rétention, les barrières de sécurité, les racks et équipements similaires.

Note 2 à l'article: L'abréviation "BSS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "battery support system".

3.11

capacité

<des éléments et batteries> quantité de charge électrique qu'un élément ou une batterie peut fournir dans des conditions de décharge spécifiées

Note 1 à l'article: L'unité SI pour la charge électrique ou la quantité d'électricité est le coulomb (1 C = 1 As) mais en pratique, la capacité est généralement exprimée en ampères heures (Ah).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-14], modifié – Dans la définition, « quantité de » a été ajouté.

3.12

charge

<d'une batterie> opération pendant laquelle un accumulateur ou une batterie d'accumulateurs reçoit de l'énergie électrique d'un circuit extérieur, qui conduit à des modifications chimiques à l'intérieur de l'élément et ainsi au stockage de l'énergie sous forme d'énergie chimique

Note 1 à l'article: Une opération de charge est définie par sa tension maximale, son courant, sa durée et autres conditions comme spécifié par le fabricant.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-05-27, modifié — Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.13

charge à puissance constante

<d'une batterie> opération au cours de laquelle la puissance de charge, à savoir le produit du courant de charge et de la tension de charge, est maintenue constante et où le courant et la tension s'ajustent librement selon les effets de polarisation de la batterie

3.14

décharge

opération par laquelle une batterie fournit, à un circuit extérieur et dans des conditions spécifiées, l'énergie électrique produite dans les éléments

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-23]

3.15**décharge à puissance constante**

<d'une batterie> opération au cours de laquelle la puissance de décharge, à savoir le produit du courant de décharge et de la tension de décharge, est maintenue constante et où le courant et la tension s'ajustent librement selon les effets de polarisation de la batterie

3.16**électrolyte**

substance contenant des ions mobiles qui la rendent ioniquement conductrice

Note 1 à l'article: L'électrolyte peut être liquide, solide ou sous forme de gel.

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-02-29]

3.17**endurance**

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

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

3.18**essai d'endurance**

<d'une batterie> essai conduit pendant un certain intervalle de temps afin de déterminer comment les propriétés sont affectées à la fois par l'application de contraintes fixées et par leur durée d'application ou leur répétition

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-22, modifié — « <d'une batterie > » a été ajouté avant la définition et « d'une entité » a été supprimé de la définition.]

3.19**énergie**

<d'une batterie> énergie électrique qu'une batterie peut fournir dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Dans le système international SI, l'unité d'énergie est le joule (1 J = 1 Ws), mais en pratique, l'énergie d'une batterie est généralement exprimée en wattheures (Wh) (1 Wh = 3 600 J).

Note 2 à l'article: Une telle teneur en énergie est généralement déterminée avec une décharge à puissance constante (W).

Note 3 à l'article: k ou M sont des préfixes d'unité dans le système métrique indiquant la multiplication de l'unité par un millier (k) ou un million (M).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-21, modifié — Notes 2 et 3 à l'article ont été ajoutées.]

3.20**énergie réelle**

<d'une batterie> valeur de teneur en énergie, déterminée de manière expérimentale à un moment donné avec une décharge à puissance constante à un régime spécifié jusqu'à une tension finale spécifiée et à une température spécifiée

Note 1 à l'article: Cette valeur est exprimée en watt heures (Wh) et varie pendant le cycle de fonctionnement ou la durée de vie de la batterie.

3.21**tension finale**

tension d'arrêt

U_{finale}

<d'une batterie> tension spécifiée pour laquelle la décharge de la batterie est terminée

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-30]

3.22

élément d'accumulateur à circulation d'électrolyte

élément d'accumulateur caractérisé par la séparation spatiale des électrodes des volumes de fluide qui contiennent des matières actives

Note 1 à l'article: Les fluides composés de liquides, solutions, suspensions ou gaz circulent séparément dans les espaces entre les électrodes.

Note 2 à l'article: Un élément d'accumulateur à circulation d'électrolyte dans lequel une des matières actives est, selon l'état de charge, un solide déposé sur une des électrodes, est appelé élément d'accumulateur à circulation d'électrolyte hybride.

3.23

batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte

deux ou plus éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte connectés en série et incluant tous les composants pour leur utilisation comme le système de stockage d'énergie électrochimique

Note 1 à l'article: Les composants peuvent être des réservoirs, pompes, systèmes de gestion thermique et de batterie, canalisations et équivalents.

3.24

service de régulation de fréquence

<avec batteries> mode de régulation du réseau électrique ou l'énergie est délivrée par des batteries ou fournie à des batteries pour maintenir la fréquence du système dans des limites définies

Note 1 à l'article: Cet équilibrage des variations temporelles de la fréquence du réseau électrique a généralement lieu en des périodes de temps de l'ordre de secondes à minutes.

3.25

pleine charge

<d'une batterie> état de charge où la batterie a été complètement chargée conformément aux conditions de charge recommandées par le fabricant

3.26

batterie de taille réelle

FSB

batterie complète qui satisfait aux exigences absolues en terme de puissance et de teneur en énergie, comme défini dans les articles relatifs à l'essai d'endurance

Note 1 à l'article: Cette batterie est un ensemble de n éléments, modules ou empilages et est équipée des systèmes BMS et BSS correspondants, si nécessaire.

Note 2 à l'article: L'abréviation "FSB" est dérivée du terme anglais développé correspondant "full-sized battery".

3.27

essai de laboratoire

<d'une batterie> essai effectué dans des conditions prescrites et contrôlées qui peuvent ou non simuler les conditions d'exploitation

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-09-05]

3.28

service d'adaptation à la demande

<avec batteries> mode de régulation du réseau électrique ou l'énergie est délivrée par ou fournie à des batteries pour compenser les variations temporaires de demande d'énergie

Note 1 à l'article: Cet équilibrage des variations temporaires de demande d'énergie du réseau électrique a généralement lieu en des périodes de temps de l'ordre de quelques minutes à une heure.

3.29**module**

ensemble normalisé et interchangeable d'éléments d'accumulateur connectés en série et/ou en parallèle et matériel associé conçu pour un assemblage facile en une batterie commercialisée

3.30**plage de tension de fonctionnement assignée****limites de tension de fonctionnement**

<d'une batterie> plage de tension, comme spécifié par le fabricant, dans laquelle la batterie peut être utilisée et fonctionne conformément aux spécifications

3.31**tension de fonctionnement maximale****limite de tension maximale**

$U_{\max}$

<d'une batterie> limite supérieure de la plage de tension dans laquelle la batterie peut être utilisée et fonctionne conformément aux spécifications

3.32**tension de fonctionnement minimale****limite de tension minimale**

$U_{\min}$

<d'une batterie> limite inférieure de la plage de tension dans laquelle la batterie peut être utilisée et fonctionne conformément aux spécifications

3.33**service d'écrêtage des pointes de consommation****service de nivellement de la demande**

<avec batteries> processus de gestion de la demande d'énergie consistant à compléter l'énergie dans un réseau électrique localisé, pendant les périodes de demande excessive ou de coûts d'électricité instantanément élevés, avec l'énergie tirée d'une batterie

Note 1 à l'article: L'énergie utilisée pour "écrêter" le pic de demande est rechargée dans la batterie pendant les périodes de faible demande ou de prix réduits d'énergie électrique.

Note 2 à l'article: Cette activité d'écrêtage des pointes dure généralement une à plusieurs heures.

3.34**service de stockage de l'énergie PV avec décalage temporel de la consommation**

<avec batteries> processus de gestion de la demande d'énergie consistant à stocker l'énergie photovoltaïque dans une batterie pour une injection différée dans un réseau électrique localisé

Note 1 à l'article: Cette gestion de la demande d'énergie s'effectue généralement avec un rythme de 24 h jour/nuit

3.35**performance**

<d'une batterie> caractéristiques définissant l'aptitude d'une batterie à assurer les fonctions voulues

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-11, modifié — Dans la définition, « instrument de mesure » a été remplacé par « batterie ».]

3.36**essai de performance**

essai dont l'objectif est de déterminer les caractéristiques électriques d'une batterie

3.37

élément d'accumulateur

<électrochimique> unité fabriquée de base d'un système électrochimique capable de stocker l'énergie électrique sous la forme chimique et de retourner cette énergie électrique par reconversion de son énergie chimique stockée

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-20-01, modifié]

3.38

durée de vie en service

<d'une batterie> durée totale de la vie active d'un élément ou d'une batterie en fonctionnement

Note 1 à l'article: Pour les accumulateurs et batteries d'accumulateurs, la durée de vie en service peut être exprimée en temps, nombre de cycles de charge/décharge ou une capacité cumulée chargée/déchargée en ampères heures (Ah).

[SOURCE: IEC 60050-482:2004, 482-03-46, modifié — Note 1 à l'article a été retirée.]

3.39

température maximale de service

température maximale de fonctionnement

température maximale permise

<d'une batterie> température la plus élevée que la batterie est permise d'atteindre en usage normal et résultant de la température ambiante, de la chaleur induite et de la chaleur dégagée par la batterie lui-même

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-41, modifié — Dans la définition, « dispositif de connexion » a été remplacé par « batterie ».]

3.40

température minimale de service

température minimale de fonctionnement

température minimale permise

<d'une batterie> température la plus basse que la batterie est permise d'atteindre dans des conditions normales d'utilisation du fait des températures ambiantes et d'un refroidissement forcé

3.41

empilage

<batterie d'accumulateur à circulation d'électrolyte> deux ou plus éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte connectés en série ou en parallèle avec des connexions électriques et hydrauliques pour les fluides associées

3.42

état de charge

SoC

<d'une batterie> quantité de charge stockée en ampères heures (Ah) ou énergie en wattheures (Wh) par rapport à la capacité réelle ou la teneur réelle en énergie de la batterie

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique à cette partie de l'IEC 61427 uniquement.

Note 2 à l'article: L'état de charge est exprimée en pourcentage.

Note 3 à l'article: L'abréviation "SoC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "state of charge".

3.43**état de charge prévu en fonctionnement****SoC_{OT}**

<d'une batterie> état de charge prédéfini auquel le système de stockage d'énergie est maintenu par un contrôleur ou BMS sous des conditions prédéfinies

Note 1 à l'article: SoC_{OT} est à obtenir ou à maintenir quand des transferts bidirectionnels d'énergie vers ou d'une batterie sont à achever dans des limites préfixées de voltage et état de charge.

Note 2 à l'article: L'état de charge est exprimé en pourcentage

Note 3 à l'article: SoC_{OT} est typiquement la valeur moyenne recommandée d'état de charge dans un scénario de service spécifié. Il est sélectionné pour améliorer la performance du système de stockage d'énergie électrique et/ou pour améliorer la durée de service dans cette application.

3.44**essai**

<d'une batterie> opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'une batterie donnée, selon un mode opératoire spécifié

Note 1 à l'article: Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une batterie en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences 'environnementales et de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13, modifié — Dans la définition, « d'un produit, processus ou service donné » a été remplacé par « d'une batterie donnée ».]

3.45**objet en essai**

entité soumise à un essai, comprenant tous les accessoires, sauf mention contraire

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-28]

3.46**batterie soumise à essai****TOB**

ensemble de $x \times 1/n$ unités composées d'éléments, de modules ou empilages de la batterie de taille réelle (FSB), qui, lorsqu'elles sont assemblées en n unités, forment la FSB qui satisfait aux exigences de capacité de puissance et de teneur en énergie comme défini dans les articles relatifs à l'essai d'endurance

Note 1 à l'article: La batterie soumise à essai (TOB) est représentative de la batterie de taille réelle (FSB) en termes d'évolutivité de manière à pouvoir extrapoler les résultats d'essai de manière précise vers la FSB.

Note 2 à l'article: La TOB est équipée des systèmes BMS et BSS, si nécessaire.

Note 3 à l'article: L'abréviation "TOB" est dérivée du terme anglais développé correspondant "test object battery".

3.47**service avec décalage temporel**

<avec batteries> processus de gestion de la demande d'énergie consistant à fournir au réseau électrique, aux moments opportuns, l'énergie stockée dans les batteries aux moments de forte production ou de faible demande

Note 1 à l'article: Cette alimentation du réseau en énergie a généralement lieu en des périodes de temps de l'ordre de quelques heures, jours voir saisons.

4 Considérations générales

L'approvisionnement en énergie à partir de sources d'énergie renouvelables comme le vent, le rayonnement solaire ou les forces des marées est caractérisée par un degré élevé d'intermittence et un faible degré de prédictibilité. Lorsque l'énergie générée est transmise dans le réseau de transmission et de distribution électrique, des conditions de surcharge et

d'instabilité peuvent survenir. L'utilisation de batteries rechargeables est hautement souhaitable pour stocker temporairement cette énergie puis la libérer de manière contrôlée afin de lisser et de stabiliser le flux d'énergie dans le réseau électrique.

Ces instabilités et déséquilibres dans les réseaux électriques peuvent également survenir lorsque la quantité d'énergie présente est insuffisante.

La présente partie de l'IEC 61427 a pour objectif de conseiller et de guider les futurs opérateurs de systèmes pour identifier et sélectionner des batteries rechargeables adaptées pour le stockage de l'énergie électrique connecté au réseau électrique (EES). Ce processus de sélection est facilité par un ensemble de méthodes d'essai communes qui quantifient l'aptitude des systèmes de batteries de différentes chimies et différentes conceptions dans un scénario d'application particulier.

Les exigences relatives à l'endurance et à la performance électrique des batteries sont associées aux scénarios EES spécifiques à mettre en œuvre pour la gestion de l'excédent d'énergie dans le réseau électrique et aux dépenses d'investissement et de fonctionnement associées pour une telle installation.

Ces exigences, exprimées en termes de rendement énergétique, durée de vie en service, débit cumulé d'énergie, espace d'installation et similaires, sont très variables car elles dépendent éminemment du scénario d'application et de plus sont fortement liées aux considérations de coûts/avantages locaux et au délai de retour sur investissement.

La présente partie de l'IEC 61427 ne définit donc pas ces exigences mais présente des méthodes d'essai permettant de déterminer et de comparer l'endurance et la performance électrique des systèmes de stockage candidats.

Toutes les batteries EES doivent présenter un comportement sécurisé. Une conception correcte et des essais de qualification associés, conduits par les fabricants de batteries, doivent garantir ceci à tous les niveaux, de l'élément jusqu'au niveau du système global.

Une liste informelle des risques associés aux batteries et à des installations des batteries est incluse dans la présente partie de l'IEC 61427. Cette liste devrait aider à évaluer les réactions possibles des batteries lorsqu'elles sont exposées à des conditions de service anormales et abusives.

5 Conditions générales d'essai

5.1 Précision de l'appareil de mesure

5.1.1 Mesures de tension

Les appareils utilisés doivent être d'une classe de précision au minimum de 0,5 (%) ou mieux.

5.1.2 Mesures de courant

Les appareils utilisés doivent être d'une classe de précision au minimum de 0,5 (%) ou mieux.

NOTE Une attention particulière doit être portée à la précision des dispositifs de mesure de courant et d'intégration du courant car toute baisse de précision ou instabilité peut avoir un impact négatif sur l'efficacité des programmes de stabilisation du SoC.

5.1.3 Mesures de température

L'appareil utilisé doit avoir une résolution de 0,5 K. La précision de l'appareil doit être au minimum de ± 2 K ou mieux.

5.1.4 Mesures de temps

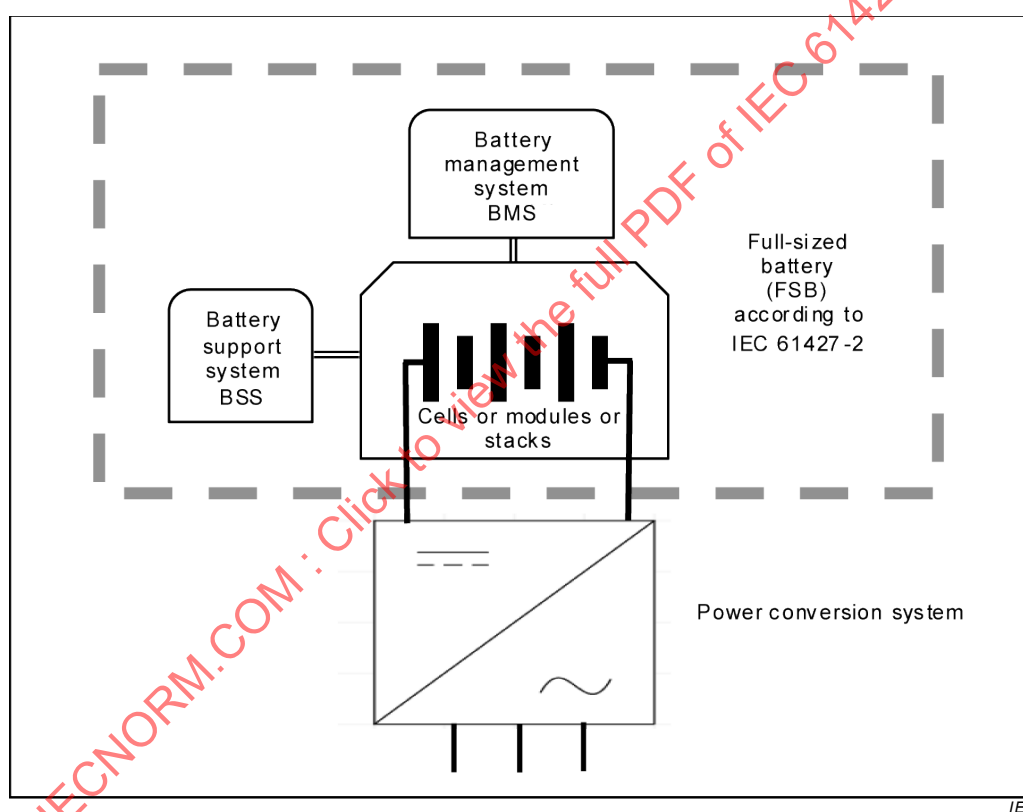
L'appareil utilisé pour la mesure de temps doit avoir une résolution de 1 s et une précision de 0,1 % de l'intervalle de temps mesuré.

5.2 Considérations de l'objet en essai

La présente partie de l'IEC 61427 et les résultats d'essai associés sont destinés à aider le futur opérateur d'un système de stockage de l'énergie électrique à sélectionner la batterie la plus adaptée pour l'application cible en fournissant des données comparables de systèmes candidats.

Le système de batterie soumis à essai doit inclure les éléments ou modules ou empilages et, lorsqu'ils sont indispensables au fonctionnement de la batterie, le système de gestion de batterie (BMS) et les systèmes de support de batterie (BSS).

La limite de ce système est indiquée à l'aide de la ligne en pointillés dans la Figure 1.



Anglais	Français
Battery support system BSS	Système de support batterie BSS
Battery management system BMS	Système de gestion de batterie BMS
Cells or modules or stacks	Éléments ou modules ou empilages
Full-sized battery (FSB) according to IEC 61427-2	Batterie de taille réelle (FSB) d'après IEC 61427-2
Power conversion system	Système de conversion d'énergie

Figure 1 – Limite de la batterie taille réelle (FSB)

Les systèmes de conversion d'énergie et composants ainsi que les interfaces associées ne font pas partie du domaine d'application de la présente partie de l'IEC 61427 et ne sont pas nécessairement présents lorsque les essais, conformément aux Articles 6 et 7, sont effectués.

5.3 Considérations liées à la sélection de la batterie soumise à essai et à sa taille

Les systèmes de batteries offerts par les fabricants pour le stockage de l'énergie électrique en réseau reflètent les contraintes intrinsèques de chaque chimie et conception d'élément ainsi que les besoins spécifiques de l'application ou service cible. Ces batteries ont généralement une puissance comprise entre quelques kilowatts et 50 MW et une teneur en énergie allant jusqu'à 100 MWh. Aucune taille commune, illustrant chaque chimie d'élément prospective, n'est encore disponible.

Lorsque le fabricant ou l'utilisateur final effectue les essais d'un système de batterie pour générer des données conformément à la présente partie de l'IEC 61427, la possibilité lui est donnée de choisir librement la conception, le modèle et la taille qui sont les plus adaptés de rendre l'endurance et la performance électrique nécessaires à l'application ou service sélectionné. Ces applications ou services sont illustrés par les essais d'endurance des articles 6.2 à 6.5. Ces tailles et agencements de batteries peuvent varier d'une chimie d'élément ou d'une application à l'autre.

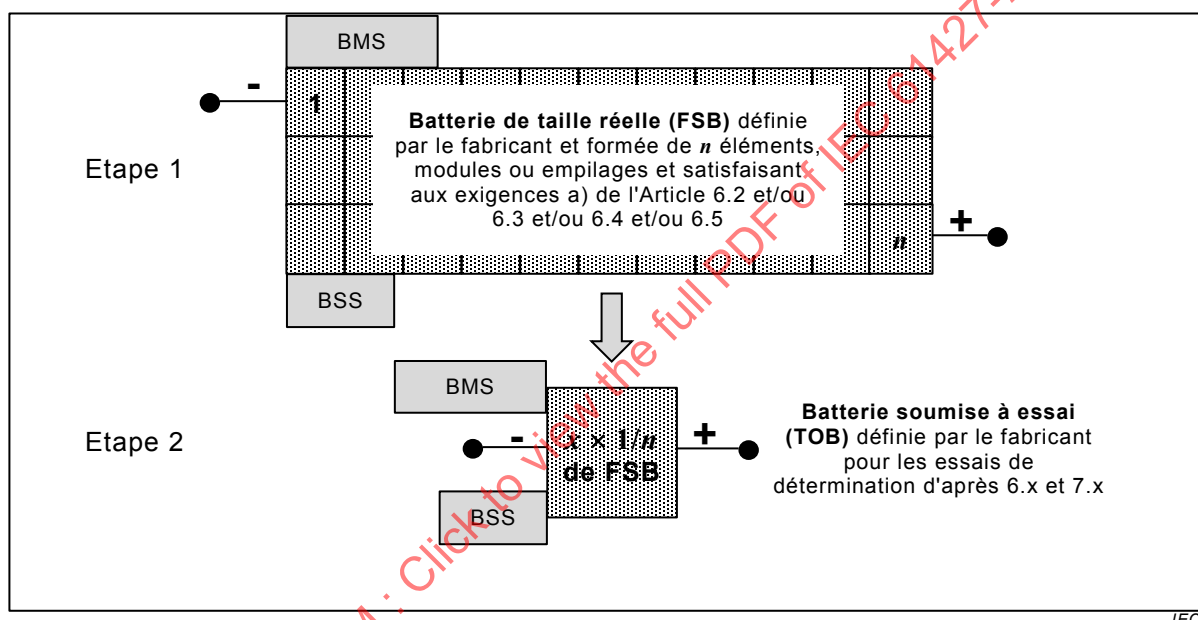


Figure 2 – Processus de sélection en deux étapes de la batterie à essai (TOB)

Afin de garantir la génération de données d'essai comparables, les contraintes suivantes doivent être respectées.

- Les batteries correspondantes sont définies ci-après tout au long de la présente partie de l'IEC 61427.

Batterie de taille réelle (FSB) – La FSB doit être composée d'une batterie complète qui satisfait aux exigences absolues de puissance et de teneur en énergie, comme défini en 6.2 ou 6.3 ou 6.4 ou 6.5, selon le cas. Cette batterie peut être un ensemble de n éléments, modules ou empilages et doit être équipée des systèmes BMS et BSS correspondants, si nécessaire. En conséquence jusqu'à 5 différentes FSB peuvent être définies.

Batterie soumise à l'essai (TOB) – La TOB et son système BMS et BSS associé doivent être entièrement représentatifs de la FSB en termes d'évolutivité d'endurance et de performances, de manière à pouvoir extrapoler les résultats d'essai de manière précise vers la FSB. La TOB doit être un ensemble de $x \times 1/n$ éléments, modules ou empilages comme indiqué dans le FSB ci-dessus. Le nombre minimum x est défini dans l'article de l'essai qui convient. Sur cette TOB, tous les essais, sauf spécification contraire, doivent être effectués.

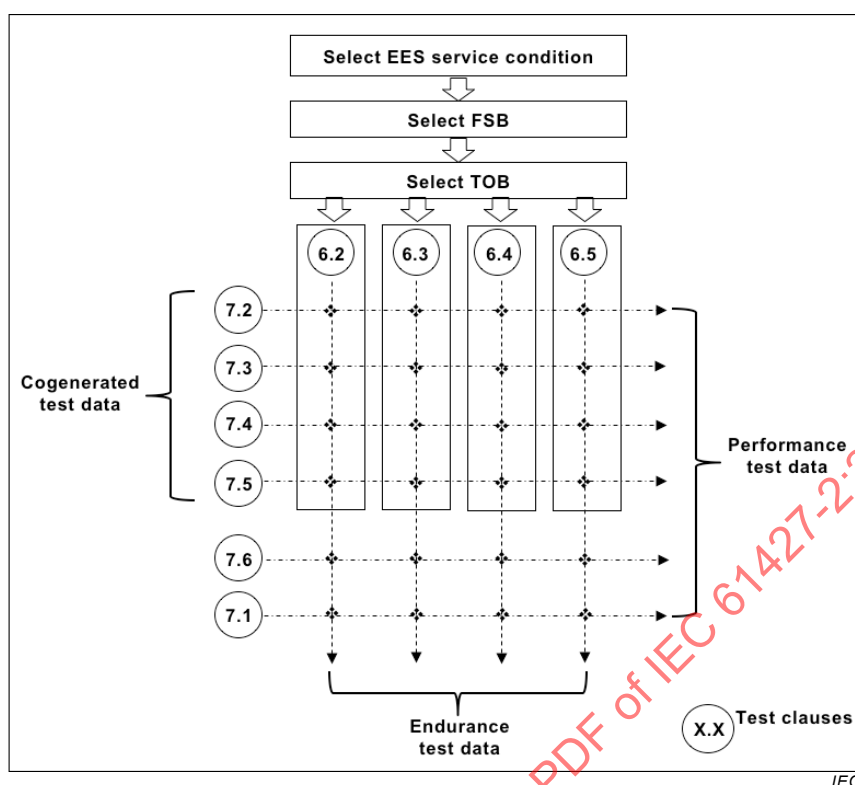
Les étapes permettant de définir cette TOB sont illustrées dans la Figure 2.

- Toutes les TOB utilisées pour vérifier le comportement selon l'application et service sélectionné comme par exemple lors des essais 6.2 ou 6.3 ou 6.4 ou 6.5, doivent être de même taille, conception et caractéristique. Aucune adaptation du modèle, pour satisfaire à une exigence particulière, n'est autorisée.
- Tout système BMS et BSS indispensable pour le fonctionnement de la TOB doit être inclus.
- Seuls les essais d'endurance pour lesquels la batterie est conçue/spécifiée doivent être exécutés.
- Lorsqu'un système EES, basé sur une batterie commercialisable et avec une capacité de puissance et/ou une teneur en énergie différente, nécessite d'être soumis à des essais de conformité avec les articles de la présente partie de l'IEC 61427, un tel choix est alors acceptable à condition que toutes les autres dispositions soient remplies et que cet écart soit indiqué dans la documentation des essais.

5.4 Plan d'essai

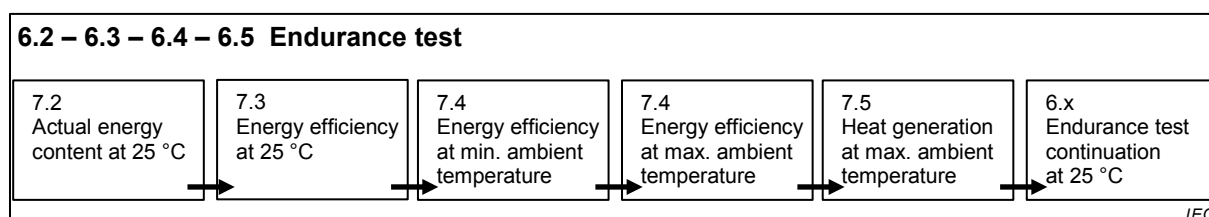
Les dispositions suivantes s'appliquent.

- Les essais pour la vérification de la compatibilité d'une batterie pour un scénario d'application particulier doit être accompli avec au plus 2 TOB individuelles et identiques.
- La TOB 1 doit être utilisée pour exécuter l'un des essais 6.2 ou 6.3 ou 6.4 ou 6.5, selon le cas, et les essais de performances associés de 7.2 à 7.5. Voir également les Figures 3, 4 et 5.



Anglais	Français
Select EES service condition	Sélectionner le type de service
Select FSB	Sélectionner la FSB
Select TOB	Sélectionner la TOB
Cogenerated test data	Données d'essais co-générées
Performance test data	Données d'essais de performance
Endurance test data	Données d'essais d'endurance

Figure 3 – Flux de travail pour la détermination des propriétés d'endurance et des performances électriques de la TOB tels que régis par la chronologie de génération de données des essais 6.2 à 6.5



NOTE 1 Les détails de l'essai de performance sont spécifiés en 7.2 à 7.5.

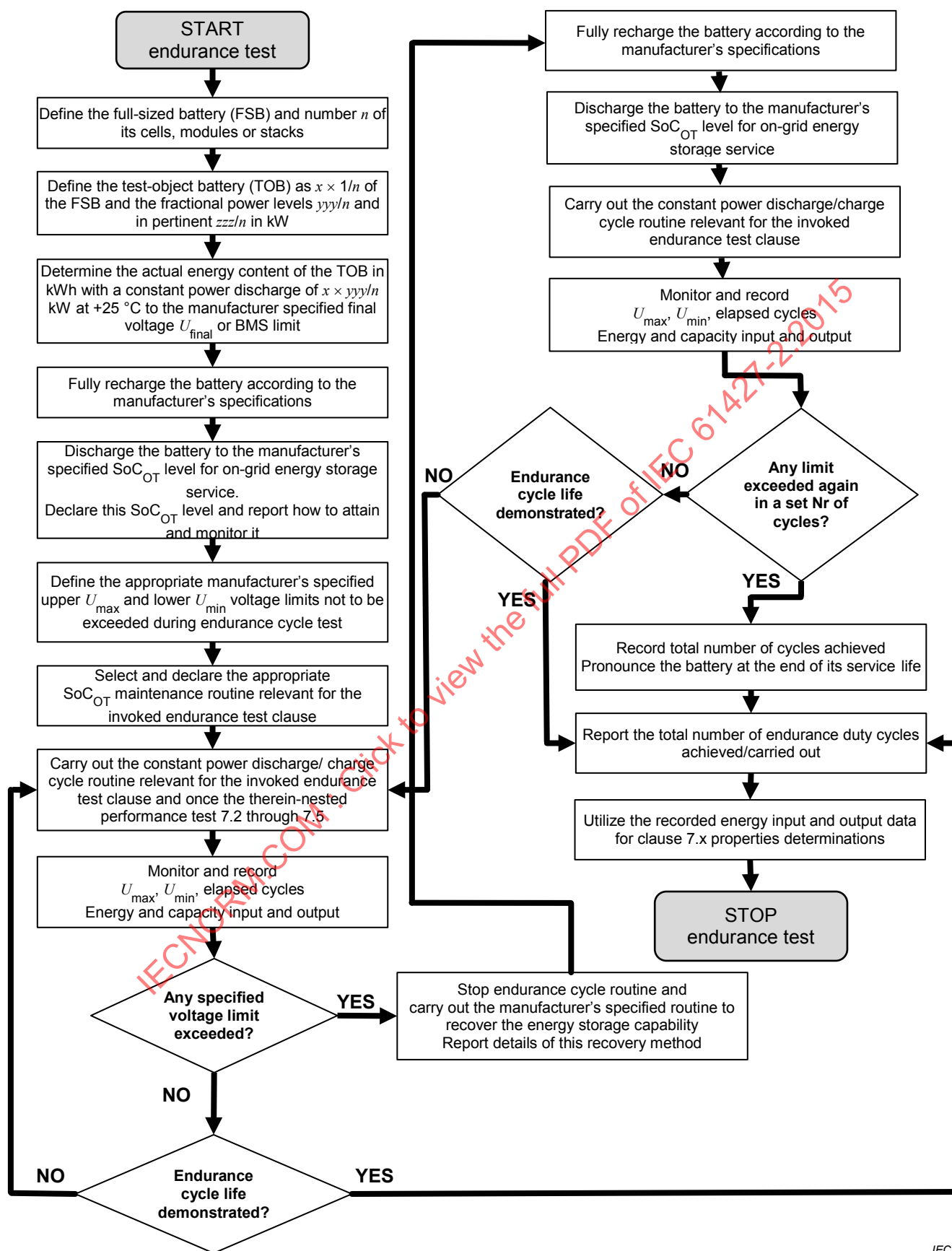
NOTE 2 Les essais de performance 7.2 à 7.5 sont séquentiels et combinés avec l'essai d'endurance qui convient.

NOTE 3 Le profil des essais utilisé dans les essais de performance 7.3 à 7.5 est celui de l'essai d'endurance correspondant.

Anglais	Français
Actual energy content at 25 °C	Teneur en énergie réelle à 25 °C
Energy efficiency at 25 °C	Rendement énergétique à 25 °C
Energy efficiency at minimum ambient temperature	Rendement énergétique à la température ambiante minimale
Energy efficiency at maximum ambient temperature	Rendement énergétique à la température ambiante maximale
Heat generation at maximum ambient temperature	Chaleur générée à la température ambiante maximale
Endurance test continuation at 25 °C	Poursuite de l'essai d'endurance à 25 °C

Figure 4 – Séquence d'essais de performances effectuées avec la TOB 1 à l'intérieur d'un essai d'endurance 6.x

- La TOB 2 doit être utilisée pour réaliser l'essai à faible niveau de contrainte 7.6 (Besoin d'énergie pendant de périodes de veille) qui peut précéder un essai d'endurance, ce qui permet au final de réduire le nombre de TOB par vérification d'un scénario d'application à une seule TOB. Le nombre de TOB éventuellement utilisées doit être consigné dans le Tableau 1.
- Le paragraphe 7.1 prescrit le résumé des données et n'exige pas de TOB additionnelle.
- Les conditions d'essai, aux températures minimale et maximale, de 7.4 et du paragraphe 7.5 associé, soumettent la TOB à un niveau acceptable de contraintes thermiques comme spécifiées par le fabricant. A ces températures la batterie est déclarée opérationnelle par le fabricant et se comporte conformément aux exigences spécifiées. De ce fait aucune TOB additionnelle n'est nécessaire.
- Le fabricant doit exécuter uniquement les essais d'endurance pour lesquels la FSB, et par dérivation la TOB, a été conçue/spécifiée.
- Un essai d'endurance peut être interrompu à n'importe quel moment dès lors que le fabricant de batterie a démontré la durée de vie déclarée de la FSB avec une solide extrapolation de la capacité de la TOB d'accepter et de fournir de l'énergie dans la durée.
- Des changements pertinents de matériau ou de conception de la FSB impactant l'endurance ou la performance doivent être pris en compte pour évaluer leurs impacts sur les résultats d'essai des Articles 6 et 7 en répétant les plus susceptibles d'être impactés par le changement.



Anglais	Français
START endurance test	DEBUT essai d'endurance
Define the full-sized battery (FSB) and number n of its cells, modules or stacks	Définir la batterie de taille réelle (FSB) et le nombre n d'éléments, de modules ou de empilages
Define the test-object battery (TOB) as $x \times 1/n$ of the FSB and the fractional power levels yyy/n and, if pertinent, zzz/n in kW	Définir la batterie soumise à essai (TOB) comme $x \times 1/n$ de la FSB et les niveaux de puissance fractionnelle yyy/n et, si pertinent, zzz/n en kW
Determine the actual energy content of the TOB in kWh with a constant power discharge of $(x \times yyy/n)$ kW at +25 °C to the manufacturer specified final voltage U_{final} or BMS limit	Déterminer la teneur en énergie réelle de la TOB en kWh avec une décharge à puissance constante de $(x \times yyy/n)$ kW à +25 °C jusqu'à la tension finale spécifiée du fabricant U_{final} ou limite BMS
Fully recharge the battery according to the manufacturer's specifications	Recharger complètement la batterie d'après les spécifications du fabricant
Discharge the battery to the manufacturer's specified SoC_{OT} level for on-grid energy storage service. Declare this SoC_{OT} level and how to attain and monitor it	Décharger la batterie au niveau SoC_{OT} spécifié par le fabricant pour un service de stockage d'énergie en réseau. Déclarer ce niveau SoC_{OT} et comment l'atteindre et le surveiller
Define the appropriate manufacturer's specified upper U_{max} and lower U_{min} voltage limits not to be exceeded during the endurance cycle test	Définir les limites de tension maximale U_{max} et minimale U_{min} spécifiées par le fabricant, à ne pas dépasser lors de l'essai du cycle d'endurance
Select and declare the appropriate SoC_{OT} maintenance routine relevant for the invoked endurance test clause	Sélectionner et déclarer le programme de maintien du SoC_{OT} approprié pour l'article relatif à l'essai d'endurance correspondant
Carry out the constant power discharge/charge cycle routine relevant for the invoked endurance test clause and once the therein nested performance tests 7.2 through 7.5	Effectuer le programme du cycle de décharge/charge à puissance constante pour l'article relatif à l'essai d'endurance correspondant et une fois les essais de performance 7.2 à 7.5 imbriqués dans celui-ci.
Monitor and record U_{max} , U_{min} , elapsed cycles Energy and capacity input and output	Surveiller et enregistrer U_{max} , U_{min} , les cycles écoulés, et l'entrée et sortie d'énergie et de capacité
Any specified voltage limit exceeded?	Une limite de tension spécifiée dépassée?
Endurance cycle life demonstrated?	Endurance en cycles démontré?
YES	OUI
NO	NON
Stop endurance cycle routine and carry out the manufacturer's specified routine to recover the energy storage capability Report details of this recovery method	Arrêter le programme du cycle d'endurance et exécuter le programme spécifié par le fabricant pour récupérer la capacité de stockage d'énergie Rapporter les détails de cette méthode de récupération
Fully recharge the battery according to the manufacturer's specifications	Recharger complètement la batterie selon les spécifications du fabricant
Discharge the battery to the manufacturer's specified SoC_{OT} level for on-grid energy storage service	Décharger la batterie au niveau SoC_{OT} spécifié par le fabricant pour un service de stockage d'énergie en réseau
Carry out the constant power discharge/charge cycle routine relevant for the invoked endurance test clause	Effectuer le programme du cycle de décharge/charge à puissance constante pour l'article relatif à l'essai d'endurance correspondant
Monitor and record U_{max} , U_{min} , elapsed cycles Energy and capacity input and output	Surveiller et enregistrer U_{max} , U_{min} , les cycles écoulés, et l'entrée et sortie d'énergie et de capacité
Any limit exceeded again in a set Nr of cycles?	Une limite de nouveau dépassée dans un certain nombre de cycles ?

Anglais	Français
Record total number of cycles achieved	Enregistrer le nombre total de cycles atteints
Pronounce the battery at the end of its service life	Déclarer la batterie à la fin de sa durée de vie en service
Report the total number of endurance duty cycles achieved/carried out	Rapporter le nombre total de cycles d'endurance atteints/exécutés
Utilize the recorded energy input and output data for clause 7.X properties determinations	Utiliser les valeurs d'énergie entrée et sortie enregistrées pour les déterminations de propriétés de l'Article 7.x
Stop endurance test	Arrêter l'essai d'endurance

Figure 5 – Flux de travail et schéma décisionnel pour les essais d'endurance 6.2 à 6.5

6 Endurance de la batterie

6.1 Généralités

Les essais d'endurance dans la présente partie de l'IEC 61427 ont pour objectif de déterminer l'aptitude du modèle de batterie à recevoir et fournir l'énergie dans des conditions expérimentales reproduisant de manière simplifiée le service que la batterie est tenue d'exécuter dans les applications de stockage d'énergie sur réseau électrique.

Les principaux facteurs de stress dans un tel service sont

- a) les niveaux de puissance de charge et de décharge par teneur en énergie disponible,
- b) le fonctionnement dans un état de charge (SoC) inférieur à 100 %, et
- c) le nombre élevé de cycles de service à accomplir pendant la durée en service.

Ces conditions d'essai sont formulées pour quantifier l'endurance de la batterie dans les quatre scénarios d'application suivants: régulation de fréquence, suivi de la demande, écrêtage des pointes de consommation et stockage d'énergie photovoltaïque avec décalage temporel.

Le transfert d'énergie hautement aléatoire «vers» et «de» la batterie dans une application de stockage d'énergie sur réseau électrique est simulé avec des routines d'échange d'énergie simplifiées.

Il est admis que les programmes d'échange d'énergie individuels sélectionnés peuvent ne pas reproduire exactement toutes les conditions de service sur le terrain, ce qui est propre aux essais de laboratoire.

L'utilisation régulière de ces essais, à des fins de développement de produits et de qualification, guidera néanmoins le fabricant et l'opérateur du système EES lors du développement et de la sélection de la batterie appropriée.

6.2 Essai d'endurance en service de régulation de fréquence

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- a) Le fabricant doit sélectionner et définir une batterie de taille réelle (FSB) qui peut
 - 1) fournir et recevoir des impulsions à puissance constante de 500 kW et 1 000 kW selon j) dans les limites des tensions de fonctionnement de la batterie spécifiées par le fabricant et lorsque la batterie est thermiquement équilibrée à une température ambiante de +25 °C.
 - 2) tolérer ces transferts d'énergie plusieurs fois par heure et 24 h/24 sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.

- b) Le fabricant doit indiquer le nombre d'éléments, de modules ou d'empilages qui forment une telle FSB. Cette valeur est désignée n .
- c) Le fabricant doit indiquer la fraction de puissance ($500/n$) kW et ($1\,000/n$) kW qu'un tel élément, module ou empilage fournira ou acceptera quand il fait partie de la FSB et que cette batterie satisfait aux conditions 1) à 2) dans 6.2 a).
- d) Le fabricant doit, avec x éléments, modules ou empilages, assembler la TOB appropriée avec au moins
- 1) quatre (4) éléments en série (seulement si ces éléments sont commercialisés individuellement),
 - ou
 - 2) un ou plusieurs modules avec au moins quatre (4) éléments en série,
 - ou
 - 3) un empilage avec au moins quatre (4) éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte en série,
- et intégrant les périphériques BMS et BSS correspondants.
- e) Lorsqu'un système EES basé sur une batterie commercialisable, avec une capacité de puissance et/ou une teneur en énergie différente, exige d'être soumis aux essais de conformité avec la présente partie de l'IEC 61427, un tel choix est alors acceptable à condition que toutes les autres dispositions soient remplies et que cet écart soit indiqué dans la documentation de l'essai.
- f) La teneur en énergie réelle E (en kWh) de cette TOB doit, après la pleine charge spécifié par le fabricant et thermiquement équilibrée à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, être déterminée avec une décharge à puissance constante au niveau de puissance ($x \times 500/n$) kW jusqu'à la tension finale U_{finale} ou au niveau limite de décharge du BMS comme spécifié par le fabricant pour générer les données requises en 7.2.
- g) La TOB doit alors être entièrement rechargée conformément aux spécifications du fabricant.
- h) La TOB doit alors être déchargée à un état de charge (SoC_{OT}) de manière à ce qu'elle puisse fournir et recevoir de manière répétée les niveaux de puissance et d'énergie fractionnées sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.
- i) Le fabricant doit déclarer son état de charge préféré (SoC_{OT}) exprimé en % de la quantité d'énergie réel comme déterminé en f) et les moyens de l'atteindre dans le Tableau 1.
- j) La TOB doit alors être soumise, à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, à une séquence continue d'impulsions de décharge/charge définie de 1) à 8) et avec les profils d'ajustement du SoC_{OT} a, b ou c. La tension de batterie minimale et maximale, le cumul de la capacité (en Ah) et de l'énergie (en kWh) chargée et déchargée de la TOB doivent être surveillés et enregistrés.
- 1) Décharge pendant 2 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 500/n$) en kW.
 - 2) Décharge pendant 1 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 1\,000/n$) en kW.
 - 3) Charge pendant 2 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 500/n$) en kW.
 - 4) Charge pendant 1 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 1\,000/n$) en kW.
 - 5) Décharge pendant 1 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 1\,000/n$) en kW.
 - 6) Décharge pendant 2 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de ($x \times 500/n$) en kW.

- 7) Charge pendant 1 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 1\,000/n)$ en kW.

- 8) Charge pendant

2 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 500/n + a)$ en kW où a est la puissance supplémentaire, à savoir l'énergie nécessaire pour maintenir un état de charge souhaité SoC_{OT} . Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur a dans le Tableau 1. La valeur de $(x \times 500/n + a)$ en kW doit être égale ou inférieure à $(x \times 1\,000/n)$ en kW (voir, par exemple, Figure 6 – Profil a).

ou

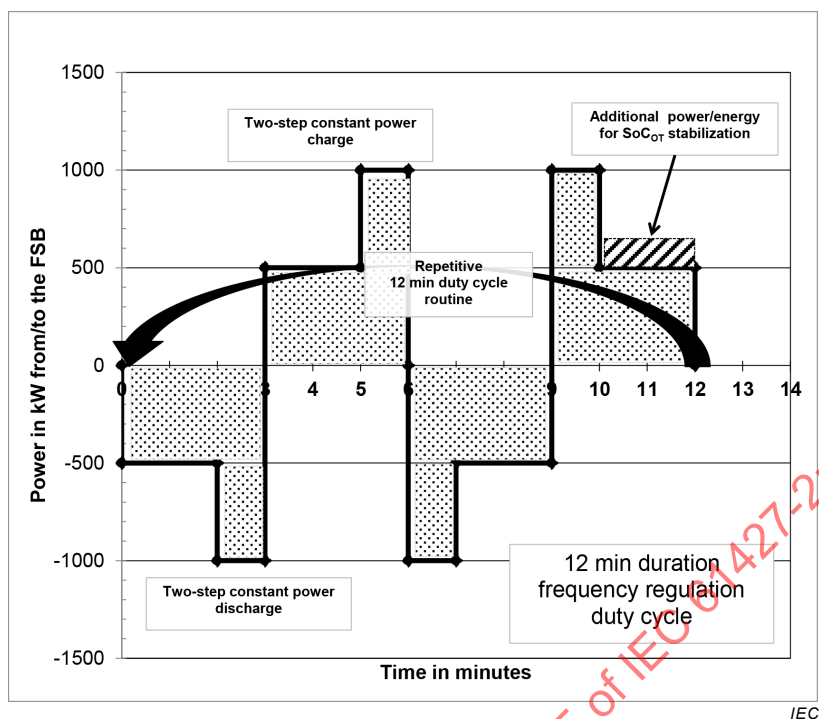
$(2 + t)$ min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 500/n)$ en kW où t est le temps de charge supplémentaire nécessaire pour maintenir un état de charge souhaité SoC_{OT} . Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur t (voir, par exemple, Figure 7 – Profil b) dans le Tableau 1.

ou

2 min à puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 500/n)$ en kW et tous les K cycles, à savoir le nombre de cycles de décharge et de charge exécutés, 1 à 8, effectuer une charge de maintenance SoC_{OT} à une puissance inférieure à $(x \times 1\,000/n)$ en kW et une durée comme spécifié par le fabricant. Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur K ainsi que le niveau de puissance et la durée de cette charge de maintenance SoC_{OT} (voir, par exemple, Figure 8 – Profil c) dans le Tableau 1.

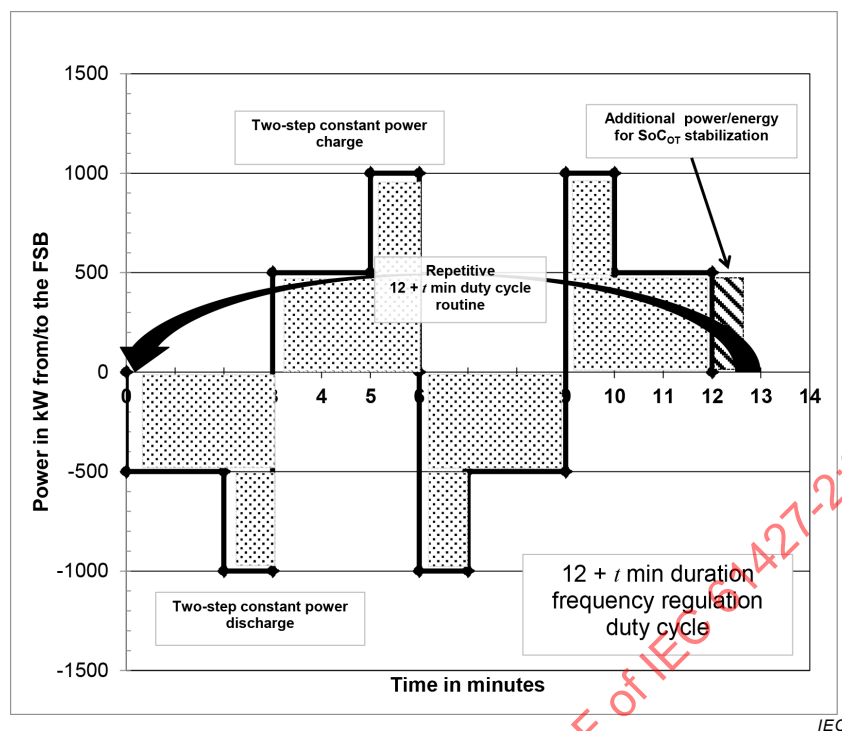
- 9) Retour à 1) et réaliser 1) à 8) 840 fois pour générer séquentiellement les données de l'essai selon 7.3 suivi par celles de 7.4 et 7.5. Voir aussi la Figure 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61427-2:2015



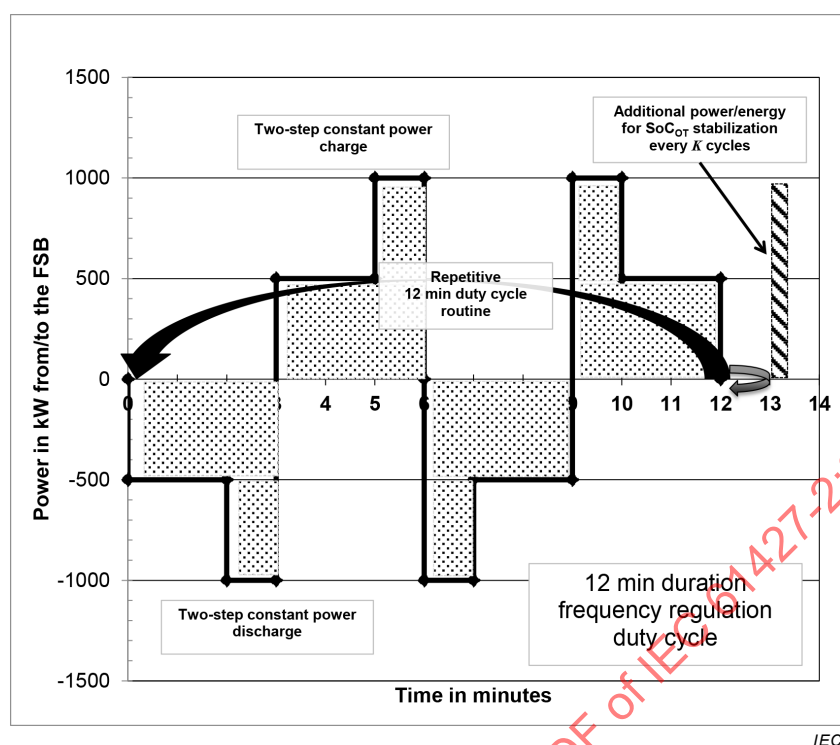
Anglais	Français
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Additional power/energy for SoC _{OT} stabilization	Puissance/énergie supplémentaire pour stabilisation du SoC _{OT}
Repetitive 12 min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 12 min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes
12 min duration frequency regulation duty cycle	Cycle du service de régulation de fréquence de 12 min
Time in minutes	Temps en minutes
Power in kW from/to the FSB*	Puissance en kW de/vers la FSB

Figure 6 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil a



Anglais	Français
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Additional energy for SoC _{OT} stabilization	Énergie supplémentaire pour stabilisation du SoC _{OT}
Repetitive 12 + t min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 12 + t min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes
12 + t min duration frequency regulation duty cycle	Cycle du service de régulation de fréquence de 12 + t min
Time in minutes	Temps en minutes
Power in kW from/to the FSB *	Puissance en kW de/vers la FSB

Figure 7 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil b

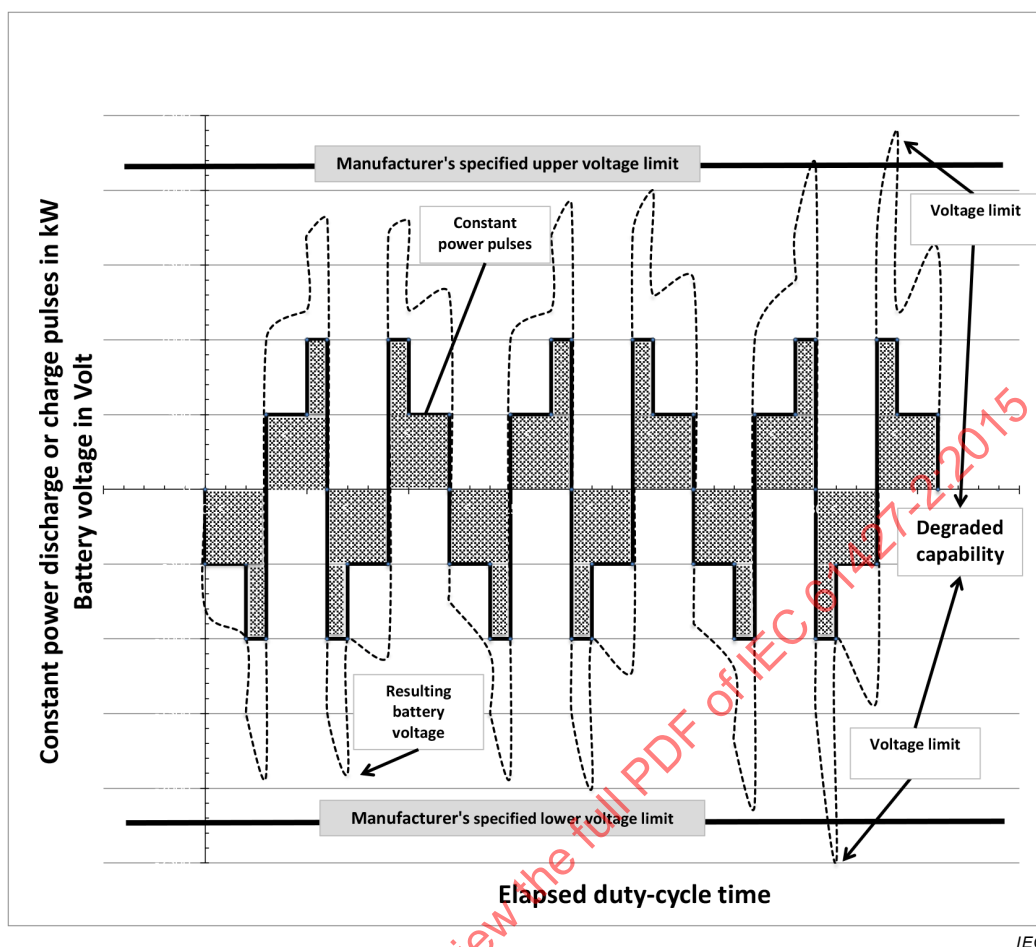


IEC

Anglais	Français
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Periodical additional energy input for SoC_{OT} stabilization every K cycles	Apport d'énergie supplémentaire périodique pour stabilisation du SoC_{OT} tous les K cycles
Repetitive 12 min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 12 min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes
12 min duration frequency regulation duty cycle	Cycle du service de régulation de fréquence de 12 min
Time in minutes	Temps en minutes
Power in kW from/to the FSB	Puissance en kW de/vers la FSB

Figure 8 – Profil d'essai pour un service de régulation de fréquence (6.2) – Profil c

- k) Si la tension de la TOB dans j) dépasse les limites de tension de fonctionnement définies par le fabricant, l'aptitude de la TOB à fournir ou à recevoir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme dégradée. Une représentation schématique de l'évolution de la tension de la batterie est donnée à la Figure 9.



Anglais	Français
Schematic view of the evolution of the battery voltage during constant power pulses in cyclic energy storage and release duty	Représentation schématique de l'évolution de la tension de la batterie pendant des impulsions à puissance constante dans un service cyclique de stockage et de libération d'énergie
Constant power discharge or charge pulses in kW Battery voltage in volt	Impulsions de décharge ou de charge à puissance constante en kW Tension de batterie en volt
Manufacturer's specified upper voltage limit	Limite de tension maximale spécifiée par le fabricant
Constant power pulses	Impulsions à puissance constante
Voltage limit exceeded	Limite de tension dépassée
Degraded capability	Aptitude opérationnelle dégradée
Voltage limit exceeded	Limite de tension dépassée
Manufacturer's specified lower voltage limit	Limite de tension minimale spécifiée par le fabricant
Elapsed duty time	Temps de service écoulé
Resulting battery voltage	Tension de batterie associée

Figure 9 – Représentation schématique de l'évolution de la tension de batterie dans le temps pendant le cyclage avec des impulsions de décharge et de charge à puissance constante

- l) Le cyclage doit alors être arrêté et une tentative doit être faite pour restaurer l'aptitude opérationnelle de la TOB selon la spécification du fabricant. Les détails de cette opération

pour récupérer la capacité de stockage d'énergie doivent être consignés dans le Tableau 1.

- m) Un nouvel ensemble d'opérations h) à j) doit alors être initié. Si la tension de la TOB dans j) dépasse de nouveau les limites de tension de fonctionnement définies par le fabricant dans 120 séquences j) de 1) à 8) (≈ 24 h), l'aptitude de la TOB à fournir et à recevoir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme irréversiblement dégradée et la TOB comme ayant atteint la fin de sa durée en service. Le cas échéant, la séquence de cycle spécifiée dans la séquence j) doit être poursuivie comme spécifiée ou jusqu'à la prochaine occurrence de dépassement d'une valeur limite comme décrit dans k).
- n) L'endurance de la TOB, dans un scénario d'application particulier, est définie par le nombre total de séquences exécutées de j) de 1) à 8) avant que la fin de vie d'après m) ne soit atteinte.
- o) Le rendement énergétique durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.3 et 7.4 et consignée respectivement dans les Tableaux 6 et 7.
- p) La génération de chaleur à la température ambiante maximale durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.5 et consignée dans le Tableau 10.
- q) Si durant j) la charge de maintenance SoC_{OT} est réalisée avec le profil c), alors la durée d'intégration doit être adaptée de manière à ce qu'au moins une réalisation d'une telle charge de maintenance c) soit incluse.
- r) A l'issue de la détermination des rendement énergétique et de génération de chaleur selon 7.3, 7.4 et 7.5 dans le cadre de l'essai 6.2, cet essai d'endurance doit être résumé en g) et réalisé en ignorant la section 9) et o), p) et q) jusqu'à ce que la TOB soit irrémédiablement dégradée ou que le fabricant de la batterie ait démontré la durée de vie en service déclaré de la FSB conçue avec une solide extrapolation de la capacité de la TOB d'accepter et de fournir de l'énergie dans la durée.

6.3 Essai d'endurance en service d'adaptation à la demande

Les conditions d'essai sont les suivantes:

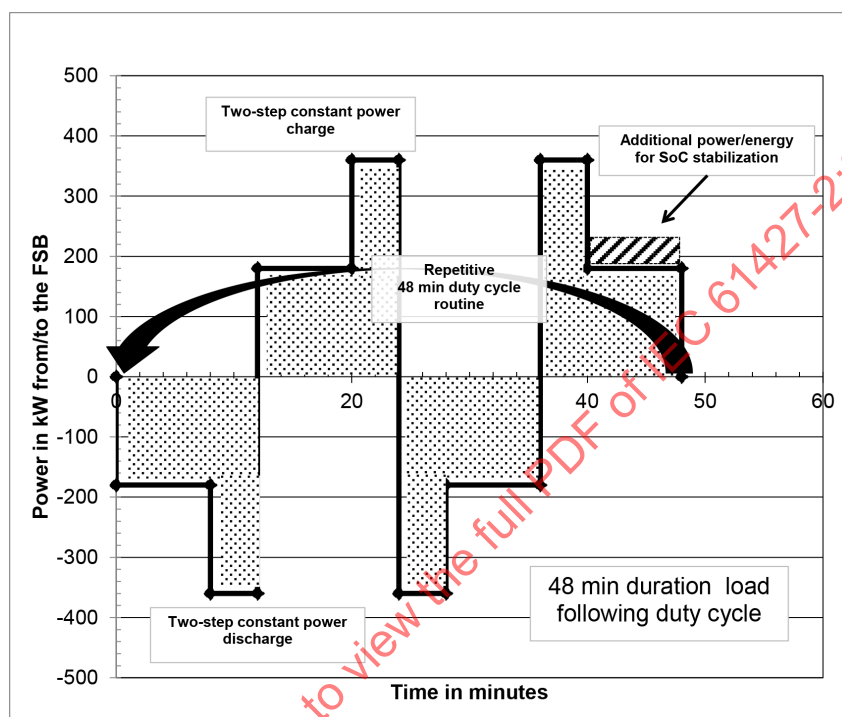
- a) Le fabricant doit sélectionner et définir une batterie de taille réelle (FSB) qui peut
 - 1) fournir et recevoir des impulsions à puissance constante de 180 kW et 360 kW selon j) dans les limites des tensions de fonctionnement de la batterie spécifiées par le fabricant et lorsque la batterie est thermiquement équilibrée à une température ambiante de $+25^{\circ}\text{C}$.
 - 2) tolérer ces transferts d'énergie plusieurs fois par heure et 24h/24 sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.
- b) Le fabricant doit indiquer le nombre d'éléments, de modules ou d'empilages qui forment une telle FSB. Cette valeur est désignée n .
- c) Le fabricant doit indiquer la fraction de puissance $(180/n)$ kW et $(360/n)$ kW fournie ou reçue par un élément, un module ou une empilage lorsqu'il fait partie de la FSB et cette batterie satisfait aux conditions 1) à 2) dans 6.3 a).
- d) Le fabricant doit, avec x éléments, modules ou empilages, assembler la TOB appropriée avec au moins
 - 1) quatre (4) éléments en série (seulement si ces éléments sont commercialisés individuellement),
 - ou
 - 2) un ou plusieurs modules avec au moins quatre (4) éléments en série,
 - ou
 - 3) un empilage avec au moins quatre (4) éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte en série,

et intégrant les périphériques BMS et BSS correspondants.

- e) Lorsqu'un système EES basé sur une batterie avec une capacité de puissance et/ou une teneur en énergie différente exige d'être soumis aux essais de conformité avec la présente partie de l'IEC 61427, un tel choix est alors acceptable à condition que toutes les autres dispositions soient remplies et que cet écart soit indiqué dans la documentation de l'essai.
- f) La teneur en énergie réelle E (en kWh) de cette TOB doit, après la pleine charge spécifié par le fabricant et thermiquement équilibrée à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, être déterminée avec une décharge à puissance constante au niveau de puissance $(x \times 180/n)$ kW jusqu'à la tension finale U_{finale} ou jusqu'à la limite de décharge prévue par le BMS comme spécifié par le fabricant, ceci permettant de définir les données requises en 7.2.
- g) La TOB doit alors être entièrement rechargée conformément aux spécifications du fabricant.
- h) La TOB doit alors être déchargée à un état de charge (SoC_{OT}) de manière à ce qu'elle puisse fournir et recevoir de manière répétée les niveaux de puissance et d'énergie fractionnées sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.
- i) Le fabricant doit déclarer cet état de charge préconisé (SoC_{OT}) exprimé en pourcentage de la quantité d'énergie réelle comme indiqué en f) et les moyens de l'atteindre dans le Tableau 1.
- j) La TOB doit alors être soumise, à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, à une séquence continue d'impulsions de décharge/charge définie de 1) à 8) et associés avec les profils d'ajustement du SoC_{OT} a, b ou c. La tension de batterie minimale et maximale, le cumul de la capacité (en Ah) et l'énergie (en kWh) chargée et déchargée de la TOB doivent être surveillés et enregistrés.
 - 1) Décharge pendant 8 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n)$ en kW.
 - 2) Décharge pendant 4 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 360/n)$ en kW.
 - 3) Charge pendant 8 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n)$ en kW.
 - 4) Charge pendant 4 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 360/n)$ en kW.
 - 5) Décharge pendant 4 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 360/n)$ en kW.
 - 6) Décharge pendant 8 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n)$ en kW.
 - 7) Charge pendant 4 min à la puissance constante et au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 360/n)$ en kW.
 - 8) Charge pendant 8 min à puissance constante au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n + a)$ en kW où a est la puissance supplémentaire, à savoir l'énergie nécessaire pour maintenir un état de charge préconisé SoC_{OT} . Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur a dans le Tableau 1. La valeur de $(x \times 180/n + a)$ en kW doit être égale ou inférieure à $(x \times 360/n)$ en kW (voir, par exemple, Figure 10 – Profil a).ou
 - $(8 + t)$ min à puissance constante au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n)$ en kW où t est le temps de charge supplémentaire nécessaire pour maintenir un état de charge préconisé (SoC_{OT}). Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur t (voir, par exemple, Figure 11 – Profil b) dans le Tableau 1.ou

8 min à puissance constante au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 180/n)$ en kW et tous les K , à savoir le nombre de cycles de décharge et de charge à impulsions exécutés, 1) à 8), effectuer une charge de maintenance préconisée SoC_{OT} à une puissance inférieure à $(360/n)$ en kW et une durée comme spécifié par le fabricant. Le fabricant doit spécifier et déclarer la valeur K ainsi que le niveau de puissance et la durée de cette charge de maintenance SoC (voir, par exemple, Figure 12 – Profil c) dans le Tableau 1.

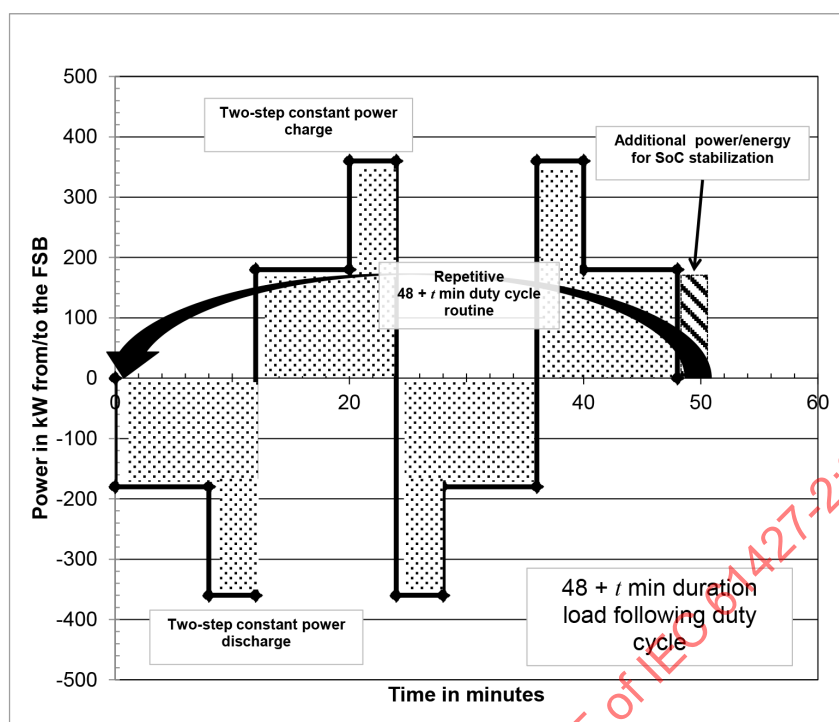
- 9) Retour à 1) et réaliser 1) à 8) 210 fois pour produire séquentiellement les données d'essai selon 7.3 suivies par celles selon 7.4 et 7.5. Voir aussi la Figure 4.



IEC

Anglais	Français
Power in kW from/to the FSB	Puissance en kW de/vers la FSB
Time in minutes	Temps en minutes
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Repetitive 48 min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 48 min
Additional power/energy for SoC stabilization	Puissance/énergie supplémentaire pour stabilisation du SoC
48 min duration load following the duty cycle	Cycle du service d'adaptation à la demande de 48 min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes

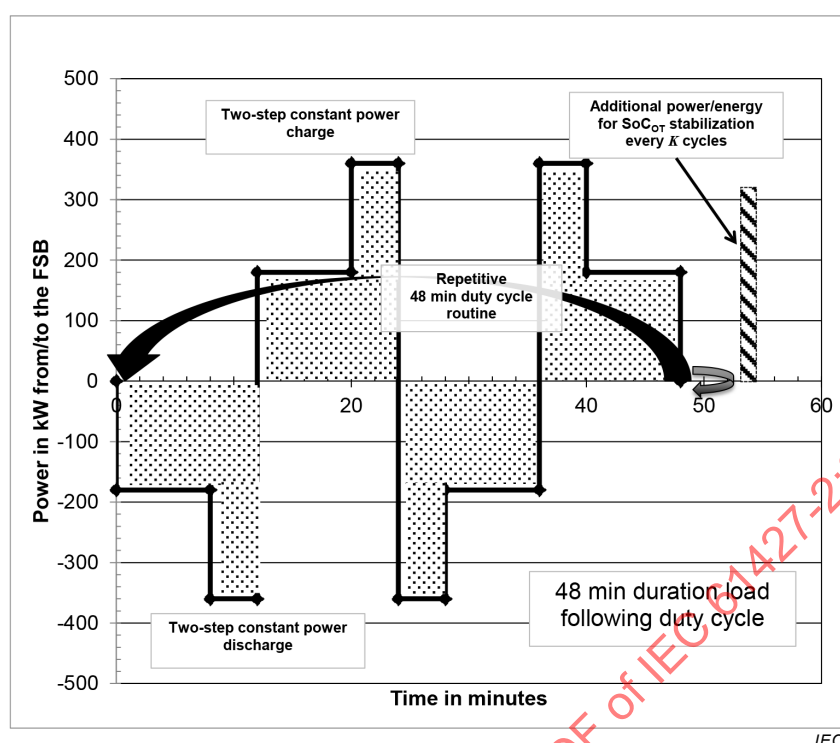
Figure 10 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil a



IEC

Anglais	Français
Power in kW from/to the FSB	Puissance en kW de/vers la FSB
Time in minutes	Temps en minutes
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Repetitive 48 + t min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 48 + t min
Additional power/energy for SoC stabilization	Puissance/énergie supplémentaire pour stabilisation du SoC
48 + t min duration load following duty cycle	Cycle du service d'adaptation à la demande de 48 + t min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes

Figure 11 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil b



Anglais	Français
Power in kW from/to the FSB	Puissance en kW de/vers la FSB
Time in minutes	Temps en minutes
Two-step constant power charge	Charge à puissance constante en deux étapes
Repetitive 48 min duty cycle routine	Cycle de service répétitif de 48 min
Additional power/energy for SoC _{OT} stabilization every K cycles	Apport d'énergie supplémentaire périodique pour stabilisation du SoC _{OT} tous les K cycles
48 min duration load following the duty cycle	Cycle du service d'adaptation à la demande de 48 min
Two-step constant power discharge	Décharge à puissance constante en deux étapes

Figure 12 – Profil d'essai pour un service d'adaptation à la demande (6.3) – Profil c

- k) Si la tension de la TOB dans j) dépasse les limites de tensions de fonctionnement définies par le fabricant, l'aptitude de la TOB à fournir ou à recevoir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme dégradée.
- l) Le cyclage doit alors être arrêté et une tentative doit être faite pour restaurer l'aptitude opérationnelle de la TOB selon la spécification du fabricant. Les détails de cette opération pour récupérer la capacité de stockage d'énergie doivent être consignés dans le Tableau 1.
- m) Un nouvel ensemble d'opérations h) à j) doit alors être initié. Si la tension d'essai de la TOB dans j) dépasse de nouveau les limites de tension de fonctionnement définies par le fabricant dans 60 séquences j) de 1) à 8) (≈48 h), l'aptitude de la TOB à fournir ou à recevoir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme irréversiblement dégradée et la batterie comme ayant atteint la fin de sa durée en service. Le cas échéant, la séquence de cycle spécifiée dans la séquence j) doit être poursuivie jusqu'à la prochaine occurrence de dépassement d'une valeur limite comme décrit dans k).
- n) L'endurance de la TOB, dans un scénario d'application particulier, est définie par le nombre de séquences exécutées de j) de 1) à 8) avant que la fin de vie d'après m) ne soit atteinte.

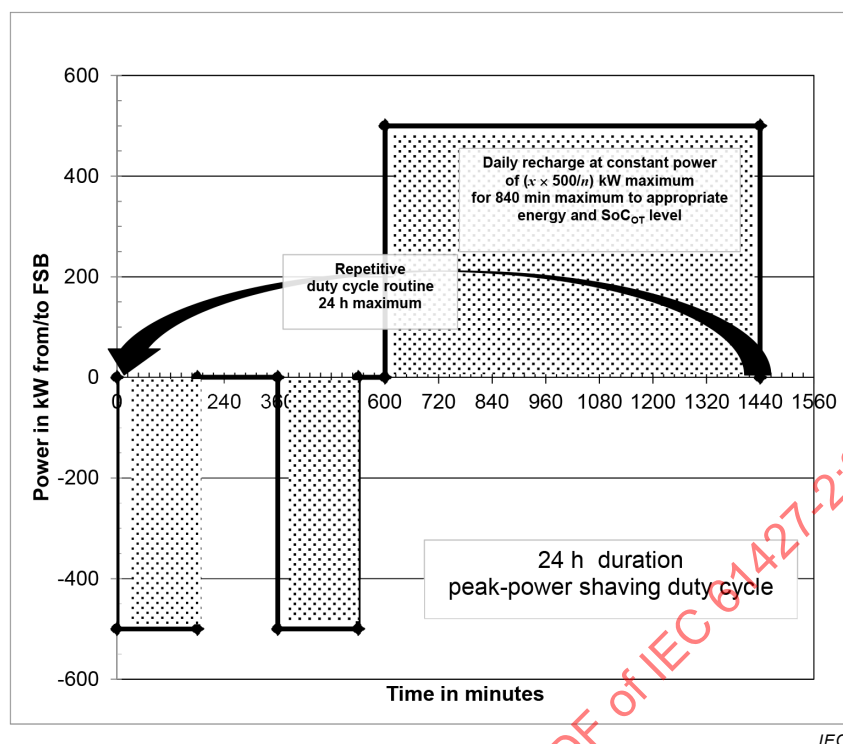
- o) Le rendement énergétique durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.3 et 7.4 et consignée respectivement dans les Tableaux 6 et 7.
- p) La génération de chaleur à la température ambiante maximale durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.5 et consignée dans le Tableau 10.
- q) Si durant j) la charge de maintenance SoC_{OT} est réalisée avec le profil c) alors la durée d'intégration doit être adaptée de manière à ce qu'au moins une réalisation d'une telle charge de maintenance c) soit incluse.
- r) A l'issue de la détermination des rendement énergétique et de la génération de chaleur selon 7.3, 7.4 et 7.5 dans le cadre de l'essai 6.3, cet essai d'endurance doit être résumé en g) et réalisé en ignorant la section 9) et o), p) et q) jusqu'à ce que la TOB soit irrémédiablement dégradée ou que le fabricant de la batterie ait démontré la durée de vie en service déclarée de la FSB conçue avec une solide extrapolation de la capacité de la TOB d'accepter et de fournir de l'énergie dans la durée.

6.4 Essai d'endurance en service d'écrtage des pointes de consommation

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- a) Le fabricant doit sélectionner et définir une batterie de taille réelle (FSB) qui peut
 - 1) fournir plusieurs impulsions de décharge à puissance constante de 500 kW selon 6.4 i) dans les limites des tensions de fonctionnement de la batterie spécifiées par le fabricant et lorsque la batterie est thermiquement équilibrée à une température ambiante de +25 °C, et
 - 2) tolérer ces transferts d'énergie tous les jours sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.
- b) Le fabricant doit indiquer le nombre d'éléments, de modules ou d'empilages qui forment une telle FSB. Cette valeur est désignée n .
- c) Le fabricant doit indiquer la fraction de puissance $(500/n)$ kW fournie ou reçue par un élément, un module ou un empilage lorsqu'il fait partie de la FSB et que cette batterie satisfait aux conditions 1) à 2) dans 6.4 a).
- d) Le fabricant doit, avec x éléments, modules ou empilages, assembler la TOB appropriée avec au moins
 - 1) quatre (4) éléments en série (seulement si ces éléments sont commercialisés individuellement),
 - ou
 - 2) un ou plusieurs modules avec au moins quatre (4) éléments individuels en série,
 - ou
 - 3) un empilage avec au moins quatre (4) éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte en série,
 et intégrant les périphériques BMS et BSS correspondants.
- e) Lorsqu'un système EES basé sur une batterie avec une capacité de puissance et/ou une teneur en énergie différente exige d'être soumis aux essais de conformité avec la présente partie de l'IEC 61427, un tel choix est alors acceptable à condition que toutes les autres dispositions soient remplies et que cet écart soit indiqué dans la documentation de l'essai.
- f) La teneur en énergie réelle E (en kWh) de cette TOB doit, après la pleine charge spécifiée par le fabricant et thermiquement équilibrée à une température ambiante de +25 °C $\pm$ 3 K, être déterminée avec une décharge à puissance constante au niveau de puissance $(x \times 500/n)$ kW jusqu'à la tension finale U_{finale} ou jusqu'à la limite de décharge prévue par le BMS comme spécifié par le fabricant ceci permettant de générer les données requises en 7.2.

- g) La TOB doit être entièrement rechargée selon un niveau SoC d'après les spécifications du fabricant.
- h) Le fabricant doit déclarer le niveau de charge préconisé (SoC_{OT}) et les moyens de l'atteindre dans le Tableau 1.
- i) La TOB doit alors être soumise, à une température ambiante de $+25\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, à une séquence d'événements de décharge/circuit ouvert/charge définis de 1) à 5) sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant. La tension de batterie minimale et maximale et le cumul de la capacité (en Ah) et de l'énergie (en kWh) chargée et déchargée de la TOB doivent être surveillés et enregistrés.
- 1) Décharge pendant 180 min à puissance constante au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 500/n)$ en kW (exemple d'activité d'écrtage des pointes le matin). Le profil d'essai est tel que représenté, par exemple, à la Figure 13.
 - 2) Pas de distribution d'énergie pendant 180 min.
Si le BMS ou BSS est alimenté directement par la batterie, la batterie peut alors fournir cette énergie pendant la période "hors tension" de l'étape 2 et de l'étape 4. Cette quantité d'énergie doit être prise en compte dans le calcul du rendement comme décrit ci-après (7.3 et 7.4).
 - 3) Décharge pendant 180 min à la puissance constante au niveau de puissance fractionnée de $(x \times 500/n)$ en kW (exemple d'activité d'écrtage des pointes l'après-midi).
 - 4) Pas de distribution d'énergie pendant 60 min.
 - 5) Charge pendant moins de 840 min à un niveau de puissance fractionnée pas plus grand que $(x \times 500/n)$ en kW, à la tension maximale et avec l'apport d'énergie total comme spécifié par le fabricant. Au bout de maximum 840 min, la batterie doit avoir de nouveau atteint un SoC_{OT} comme spécifié par le fabricant. Les paramètres de recharge doivent être rapportés dans le Tableau 1.
 - 6) Retour à 1) et réaliser 1) à 5) sept fois pour produire séquentiellement les données d'essai selon 7.3 suivies par celles de 7.4 et 7.5. Voir aussi la Figure 4.



Anglais	Français
Power in kW from/to FSB	Puissance en kW de/vers la FSB
Daily recharge at constant power of $(x \times 500/n)$ kW maximum for 840 min maximum to appropriate energy and SoC_{OT} level	Recharge journalière à la puissance constante de $(x \times 500/n)$ kW maximum pendant 840 min maximum au niveau d'énergie et SoC_{OT} approprié
Repetitive duty cycle routine 24 h maximum	Cycle répétitif de 24 h maximum
24 h duration peak-power shaving duty cycle	Cycle du service d'écrêtage des pointes de consommation de 24 h
Time in minutes	Temps en minutes

Figure 13 – Profil d'essai pour un service d'écrêtage des pointes de consommation (6.4)

- j) Si la tension de la TOB dans i) dépasse les limites de tensions de fonctionnement définies par le fabricant, l'aptitude de la TOB à fournir ou à recevoir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme dégradée.
- k) Le cyclage doit alors être arrêté et une tentative doit être faite pour restaurer l'aptitude opérationnelle de la TOB selon la spécification du fabricant. Les détails de cette opération pour récupérer la capacité de stockage d'énergie doivent être consignés dans le Tableau 1.
- l) Un nouvel ensemble d'opérations g) à i) doit alors être initié. Si la tension du TOB en essai dans i) dépasse de nouveau les limites de tension de fonctionnement définies par le fabricant dans sept séquences i) de 1) à 5) (≈ 1 semaine), l'aptitude de la TOB à fournir de l'énergie, et par dérivation celle de la FSB, doit être considérée comme irréversiblement dégradée et la batterie comme ayant atteint la fin de sa durée en service. Le cas échéant, la séquence de cycle décrite dans la séquence i) doit être poursuivie jusqu'à la prochaine occurrence de dépassement d'une valeur limite comme décrit dans i).
- m) L'endurance de la TOB, dans un scénario d'application particulier, est définie par le nombre de séquences exécutées de i) de 1) à 5) avant que la fin de vie d'après l) ne soit atteinte.
- n) Le rendement énergétique durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.3 et 7.4 et consignée respectivement dans les Tableaux 6 et 7.

- o) La génération de chaleur à la température ambiante maximale durant ces segments d'essais d'endurance doit être déterminée conformément à 7.5 et consignée dans le Tableau 10.
- p) A l'issue de la détermination des rendement énergétique et de génération de chaleur selon 7.3, 7.4 et 7.5 dans le cadre de l'essai 6.4, cet essai d'endurance doit être résumé en g) et réalisé en ignorant la section 6) et n) et o) jusqu'à ce que la TOB soit irrémédiablement dégradée ou que le fabricant de la batterie ait démontré la durée de vie en service déclarée de la FSB conçue avec une solide extrapolation de la capacité de la TOB d'accepter et de fournir de l'énergie dans la durée.

6.5 Essai d'endurance en service de stockage d'énergie photovoltaïque avec décalage temporel de la consommation

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- a) Le fabricant doit sélectionner et définir une batterie de taille réelle (FSB) qui peut
 - 1) recevoir l'énergie photovoltaïque journalière à un niveau de puissance constante de 3 kW et 1,5 kW ou 30 kW et 15 kW selon j) dans les limites des tensions de fonctionnement de la batterie spécifiées par le fabricant et lorsque la batterie est thermiquement équilibrée à une température ambiante de +25 °C,
 - 2) fournir l'énergie photovoltaïque stockée à des niveaux de puissance de 3 kW ou 30 kW,
 - 3) tolérer ces transferts d'énergie tous les jours sans dépasser les limites de tension de fonctionnement spécifiées par le fabricant.
- b) Le fabricant doit indiquer le nombre d'éléments, de modules ou d'empilages qui forment une telle FSB. Cette valeur est désignée n .
- c) Le fabricant doit indiquer la fraction de puissance $(3/n)$ kW et $(30/n)$ kW reçue par un élément, un module ou un empilage lorsqu'il fait partie de la FSB et que cette batterie satisfait aux conditions 1) à 3) dans 6.5 a).
- d) Le fabricant doit, avec x éléments, modules ou empilages, assembler la TOB appropriée avec au moins
 - 1) quatre (4) éléments en série (seulement si ces éléments sont commercialisés individuellement),
 - ou
 - 2) un ou plusieurs modules avec au moins quatre (4) éléments individuels en série,
 - ou
 - 3) un empilage avec au moins quatre (4) éléments d'accumulateur à circulation d'électrolyte en série,
 et intégrant les périphériques BMS et BSS correspondants.
- e) Lorsqu'un système EES, basé sur une batterie commercialisable avec une capacité de puissance et/ou une teneur en énergie différente, nécessite d'être soumis aux essais de conformité avec la présente partie de l'IEC 61427, un tel choix est alors acceptable à condition que toutes les autres dispositions soient remplies et que cet écart soit indiqué dans la documentation de l'essai.
- f) La teneur en énergie réelle E (en kWh) de cette TOB doit, après la pleine charge spécifié par le fabricant et thermiquement équilibrée à une température ambiante de +25 °C $\pm$ 3 K, être déterminée avec une décharge à puissance constante au niveau de puissance $(x \times 3/n)$ ou $(x \times 30/n)$ kW jusqu'à la tension finale U_{finale} ou jusqu'à la limite de décharge prévue par le BMS comme spécifié par le fabricant ceci permettant d'obtenir les données requises en 7.2.
- g) La TOB doit alors être entièrement rechargée conformément aux spécifications du fabricant