

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical energy storage (EES) systems –
Part 2-1: Unit parameters and testing methods – General specification**

**Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) –
Partie 2-1: Paramètres unitaires et méthodes d'essai – Spécifications générales**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical energy storage (EES) systems –
Part 2-1: Unit parameters and testing methods – General specification**

**Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) –
Partie 2-1: Paramètres unitaires et méthodes d'essai – Spécifications générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.020.30

ISBN 978-2-8322-5146-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms.....	8
3.3 Symbols.....	8
4 Classification of EES system	8
4.1 General.....	8
4.2 Categorizing the application of EES system	9
4.3 Class A applications	9
4.3.1 Frequency regulation	9
4.3.2 Fluctuation reduction	9
4.3.3 Voltage regulation	9
4.4 Class B – Peak shaving/peak shifting.....	10
4.5 Class C – Back-up power	10
5 Unit parameters	10
5.1 General.....	10
5.1.1 Overview	10
5.1.2 Reference environmental conditions	10
5.1.3 Standard testing conditions	11
5.1.4 Typical architecture	11
5.2 List of unit parameters	12
5.2.1 Nominal energy capacity.....	12
5.2.2 Input and output power rating	12
5.2.3 Roundtrip efficiency.....	14
5.2.4 Expected service life.....	15
5.2.5 System response	15
5.2.6 Auxiliary power consumption	16
5.2.7 Self-discharge of EES system.....	17
5.2.8 Rated voltage range	17
5.2.9 Rated frequency range	17
6 Testing methods and procedures.....	17
6.1 General.....	17
6.2 Parameter test	18
6.2.1 Actual energy capacity test.....	18
6.2.2 Input and output power rating test.....	19
6.2.3 Roundtrip efficiency test	20
6.2.4 Expected service life test.....	21
6.2.5 System response test, step response time and ramp rate	21
6.2.6 Auxiliary power consumption test.....	24
6.2.7 Self-discharge of EES system test	24
6.2.8 Rated voltage and frequency range test.....	25
6.3 Performance test	25
6.3.1 General	25
6.3.2 Performance test for class A applications	26

6.3.3	Performance test for class B applications	26
6.3.4	Performance test for Class C applications	27
6.4	System implementation test	27
6.4.1	Visual inspection	27
6.4.2	Continuity and validity of conductors.....	27
6.4.3	Earthing test.....	28
6.4.4	Insulation test.....	28
6.4.5	Protective and switching device test	28
6.4.6	Equipment and basic function test	28
6.4.7	Grid connection compatibility test	29
6.4.8	Available energy test	30
6.4.9	EMC immunity test.....	30
Annex A (informative)	Duty cycle for efficiency test.....	31
A.1	General.....	31
A.2	Class A application duty cycle.....	31
A.2.1	General	31
A.2.2	Duty cycle.....	31
A.3	Class B application duty cycles	32
A.3.1	General	32
A.3.2	Duty cycle.....	32
Annex B (informative)	Fluctuation reduction test	33
B.1	General.....	33
B.2	Fluctuation reduction test.....	33
Annex C (informative)	Back-to-back test method for EES system	35
C.1	Back-to-back test without grid interconnection	35
C.2	Back-to-back test with grid interconnection	36
Bibliography		37
Figure 1	– Example of classification of EES systems	9
Figure 2	– Typical architecture of EES system	12
Figure 3	– Optional architecture of EES system	12
Figure 4	– Sign convention of active power and reactive power	14
Figure 5	– Step response time and ramp rate of EES system	16
Figure 6	– Typical testing points for apparent power	20
Figure 7	– System response test.....	23
Figure A.1	– Class A application duty cycle.....	31
Figure A.2	– Class B application duty cycles.....	32
Figure B.1	– Power stabilization test.....	33
Figure B.2	– Report of stabilization test	34
Figure C.1	– Back-to-back test configuration (EES module type)	35
Figure C.2	– Back-to-back test configuration (AC/DC/AC converter type).....	36
Figure C.3	– Back-to-back test configuration (EES module type)	36

Table 1 – Example of typical and not exclusive applications classification.....	9
Table 2 – Normal environmental conditions.....	11
Table 3 – Standard testing conditions	11
Table 4 – Document format of roundtrip efficiency	20
Table 5 – Performance test items.....	26

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL ENERGY STORAGE (EES) SYSTEMS –**Part 2-1: Unit parameters and testing methods – General specification****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) 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 62933-2-1 has been prepared by IEC technical committee TC 120: Electrical energy storage (EES) systems.

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

FDIS	Report on voting
120/109/FDIS	120/115/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62933 series, published under the general title *Electrical energy storage (EES) systems*, can be found on the IEC website.

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

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

The contents of the corrigendum of January 2019 have been included in this copy.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

ELECTRICAL ENERGY STORAGE (EES) SYSTEMS –

Part 2-1: Unit parameters and testing methods – General specification

1 Scope

This part of IEC 62933 focuses on unit parameters and testing methods of EES systems. The energy storage devices and technologies are outside the scope of this document. This document deals with EES system performance defining:

- unit parameters,
- testing methods.

2 Normative references

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

IEC 60364-6, *Low voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61400-21, *Wind turbines – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*

IEC TR 61850-90-7, *Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-7: Object models for power converters in distributed energy resources (DER) systems*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules*

IEC 62933-1¹, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 1: Vocabulary*

3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62933-1 apply.

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

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

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC FDIS 62933-1:2017

3.2 Abbreviated terms

CAES	compressed air energy storage
CB	circuit breaker
DLC	double layer capacitor
EES	electrical energy storage
FES	flywheel energy storage
NaS	sodium sulphur
NiCd	nickel cadmium
NiMH	nickel metal hydride
PHS	pumped hydro storage
POC	point of connection
SMES	superconducting magnetic energy storage
SNG	synthetic natural gas
SOC	state of charge

3.3 Symbols

η_{rt}	roundtrip efficiency
E_o	total output energy measured at POC
E_i	total input energy measured at POC
E_{aux_o}	energy consumption of auxiliary subsystem measured at auxiliary POC during output operation
E_{aux_i}	energy consumption of auxiliary subsystem measured at auxiliary POC during input operation
RR	ramp rate
SRT	step response time
P	active power
Q	reactive power
S	apparent power
U	voltage
I	current
P_{aux}	auxiliary power consumption

4 Classification of EES system

4.1 General

A widely-used approach for classifying EES systems is the determination according to the form of energy used. A classification example of EES systems according to energy form is shown in Figure 1. EES systems are classified into mechanical, electrochemical, chemical, electrical and thermal energy storage systems.

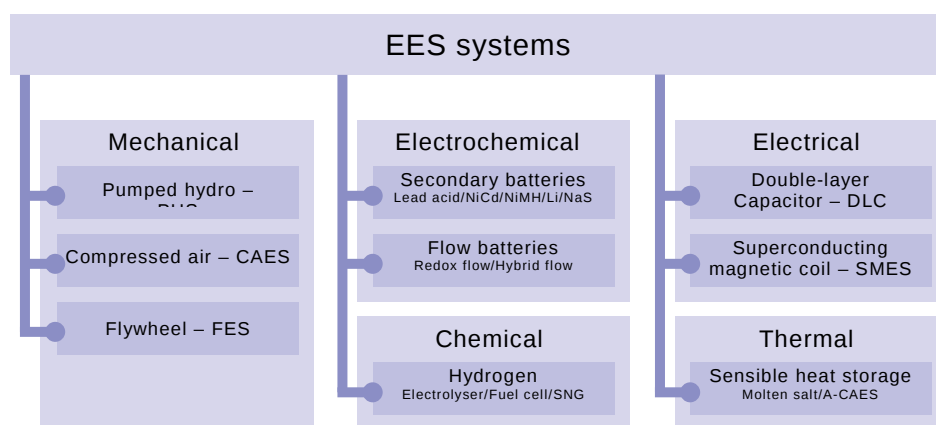


Figure 1 – Example of classification of EES systems

4.2 Categorizing the application of EES system

The application and use of an EES system differs according to its purpose and location. The application of an EES system can be classified into three classes, and five representative applications are described in Table 1. The summary of the three classes of Table 1 is as follows:

- Class A: short-duration application that requires the EES system to input/output the required power over a duty cycle for a short period of time (for example, the EES system is charged and discharged in less than 1 h).
- Class B: long-duration application that requires the EES system to input/output the required power over a duty cycle for a long period of time (for example, the EES system is charged and discharged in more than 1 h).
- Class C: the EES system is used to supply AC power to electric power grids in emergency case, without relying on an external power source.

One EES system can be used in combination with applications of different classes.

Table 1 – Example of typical and not exclusive applications classification

Classifications	Class A (short duration)	Class B (long duration)	Class C (back-up)
Typical applications	Frequency regulation Fluctuation reduction Voltage regulation	Peak shaving/peak shifting	Back-up power

4.3 Class A applications

4.3.1 Frequency regulation

The EES system supports grid frequency stabilization using active power.

4.3.2 Fluctuation reduction

The EES system stabilizes a fluctuating power supply or a fluctuating load.

4.3.3 Voltage regulation

The EES system stabilizes the voltage of a power grid using reactive and active power.

4.4 Class B – Peak shaving/peak shifting

The EES system has a function to use the stored energy for peak demand or a function to store excess energy of generation. EES system can achieve better operation efficiency of the transmission and distribution lines.

4.5 Class C – Back-up power

The EES system has a function to supply AC power in electric power grids or microgrids installed to operate critically important systems over a fixed duration in accordance with the system specifications. ESS system can therefore reduce the risk of major blackouts.

5 Unit parameters

5.1 General

5.1.1 Overview

The following parameters shall be specified as the common basic parameters to ensure EES system capability and performance:

- nominal energy capacity (Wh);
- input and output power rating (W, var, VA);
- roundtrip efficiency (%);
- expected service life (years, duty-cycles);
- system response (step response time (s) and ramp rate (W/s));
- auxiliary power consumption (W);
- self-discharge of EESS (Wh/h);
- voltage range (V);
- frequency range (Hz).

Each parameter defined in this document shall be measured and evaluated at the POC.

5.1.2 Reference environmental conditions

The EES system shall be used under the conditions listed in Table 2.

Table 2 – Normal environmental conditions

		Indoor installation	Outdoor installation
Ambient air temperature	Upper limit	$\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
	and 24 h average	$\leq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$
	and one category:	-5 indoor: $\geq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$	-10 outdoor: $\geq -10\text{ }^{\circ}\text{C}$
	or	-15 indoor: $\geq -15\text{ }^{\circ}\text{C}$	-25 outdoor: $\geq -25\text{ }^{\circ}\text{C}$
	or	-25 indoor: $\geq -25\text{ }^{\circ}\text{C}$	-40 outdoor: $\geq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Solar radiation (clear day, noon)		Negligible	$\leq 1\,000\text{ W/m}^{\text{a b}}$
Altitude		$\leq 1\,000\text{ m}$	$\leq 1\,000\text{ m}$
Relative humidity: 24 h average		$\leq 95\text{ }\%$ ^b	
Condensation, precipitation			^c
^a Details of global solar radiation are given in IEC 60721-2-4. Ultraviolet (UV) radiation can damage some synthetic materials, for more details see IEC 60068. ^b For these conditions, condensation may occasionally occur. Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity. To avoid breakdown of insulation or corrosion of metallic parts due to high humidity and condensation, equipment designed for such conditions and tested accordingly should be used. Condensation may be prevented by special design of the building or housing, by suitable ventilation and heating of the station or by the use of dehumidifying equipment. ^c Precipitation in the form of dew, condensation, fog, rain, snow, ice or hoar frost should be taken into account. Precipitation characteristics for insulation are described in IEC 60060-1 and IEC 60071-1. For other properties, precipitation characteristics are described in IEC 60721-2-2.			

When the EES system is intended to be used under conditions different from the normal environmental conditions given in Table 2, an agreement between user and system supplier is necessary. For each test described in this document, the system supplier shall report the following environmental conditions:

- a) ambient air temperature
- b) altitude
- c) relative humidity/condensation and precipitation (precipitation is only needed for outdoor equipment)
- d) Atmospheric pressure

5.1.3 Standard testing conditions

The EES system shall be tested under the conditions listed in Table 3. However, if it cannot be tested under standard test conditions, conversion to standard test conditions is allowed.

Table 3 – Standard testing conditions

Item	Conditions
Ambient air temperature	25 °C
Altitude	$\leq 1\,000\text{ m}$
Humidity	$\leq 95\text{ }\%$ with no condensation

5.1.4 Typical architecture

The typical architecture of an EES system is shown in Figure 2. The boundary between the EES system and the electrical power system is defined as POC. Each parameter that is defined in this document shall be measured at POC.

Figure 2 and Figure 3 are examples.

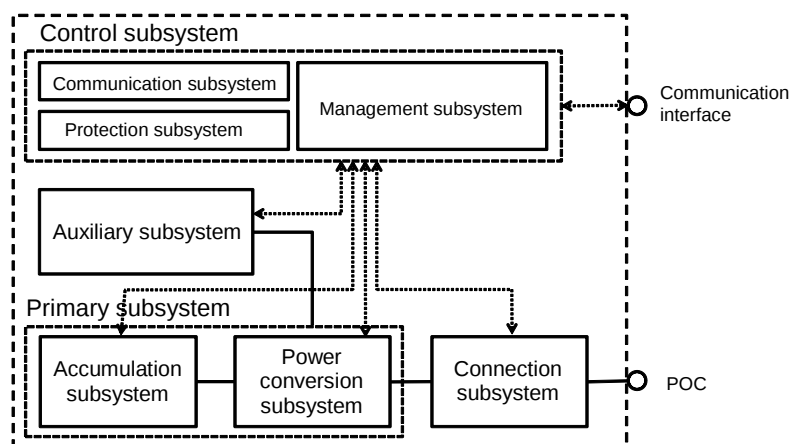


Figure 2 – Typical architecture of EES system

If the auxiliary subsystem is fed from another feeder, the optional architecture of the ESS system is shown in Figure 3.

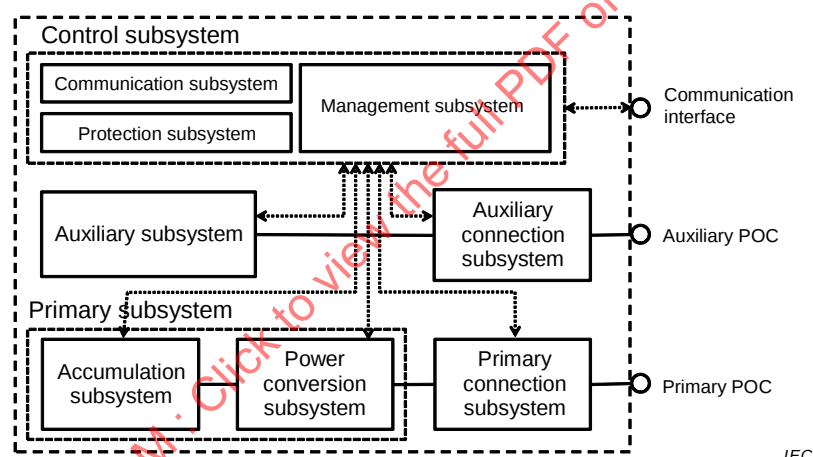


Figure 3 – Optional architecture of EES system

5.2 List of unit parameters

5.2.1 Nominal energy capacity

The nominal energy capacity is the energy that can be output by the system at POC under the standard testing conditions specified in 5.1.3. The energy capacity shall be evaluated considering energy losses including conversion loss and energy used for the auxiliary subsystem. The energy capacity shall be defined as the product of the rated output power and the output duration time at this rated power. The unit of energy capacity shall be defined as Wh for an EES system.

5.2.2 Input and output power rating

5.2.2.1 General

The input and output power is the value of power that an EES system can absorb or provide for a specified time at the POC under the reference environmental conditions specified in 5.1.3. The rated input and output power shall be specified together with input or output duration.

The input and output power are classified as active power (P), reactive power (Q) and apparent power (S) and the required parameters from these three parameters depending on applications shall be specified. The units of active power, reactive power and apparent power are defined as W, var and VA respectively.

5.2.2.2 Active power

The rated input active power of the EES system is the maximum value of power that can be input at constant for a specified duration at the POC from the lower state of charge limit. Input active power shall be expressed with a negative sign as shown in Figure 4 according to IEC 62933-1 and IEC TR 61850-90-7.

The rated output active power of the EES system is the maximum value of power that can be output for a specified duration at POC from the full available energy level. Output active power shall be expressed with a positive sign as shown in Figure 4 according to IEC 62933-1 and IEC TR 61850-90-7.

The EES system can be applied for various types of applications as listed in Table 1. Different types of input and output characteristics are required for various applications. Therefore, the input power rating, output power rating and input and output period during which the EES system can absorb or deliver constant power should be defined based on the application.

Specific input and output related performance parameters for specific applications may be added as required. Short-duration input and output power is an example. Short-duration input power is the maximum power that the EES system can input at the POC during a specified duration, which is typically less than 5 min. Short-duration output power is the maximum power that the EES system can output at the POC for a specified duration, which is typically less than 5 min. The specific conditions, such as duration for short duration input and output power, shall be specified as agreed upon by the system supplier and user for these specific parameters.

5.2.2.3 Reactive power

The rated reactive power of the EES system is the maximum value of constant reactive power that can be output or input continuously at the POC.

Sign convention of reactive power is shown in Figure 4 according to IEC 62933-1 and IEC TR 61850-90-7.

5.2.2.4 Apparent power

The apparent power is the absolute value of combining active power and reactive power at the POC as shown in Figure 4.

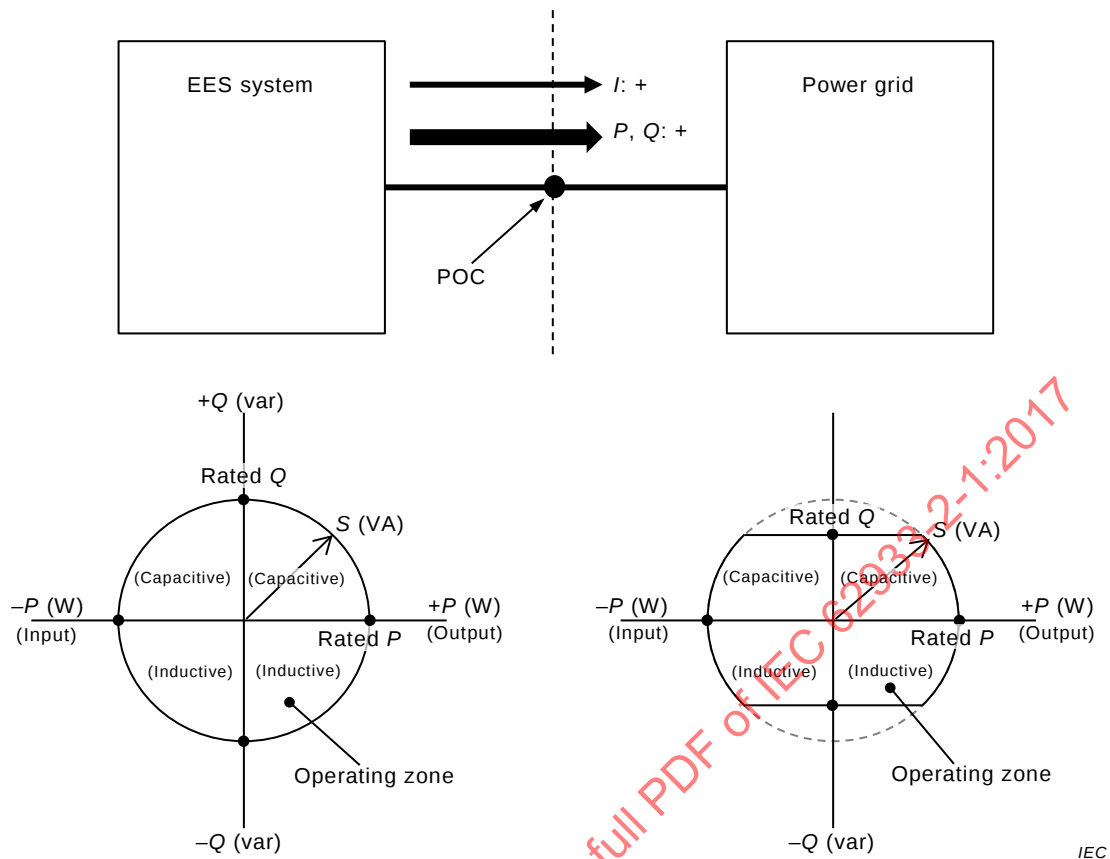


Figure 4 – Sign convention of active power and reactive power

NOTE The purpose of Figure 4 is to define the sign convention of active power and reactive power. The P and Q characteristic of EES system described in Figure 4 is an example with the same ratings for charging and discharging.

5.2.3 Roundtrip efficiency

The roundtrip efficiency is the ratio of total output energy divided by total input energy over one charging/discharging cycle using rated input and output power, and it should be evaluated by energy efficiency in cycle, which is charging from minimum available energy level to the full available energy level, then discharging to the minimum available energy level. The roundtrip efficiency depends on actual energy capacity, rated input active power, rated output active power, power consumption of the auxiliary subsystem, as well as the standard testing conditions specified in 5.1.3.

The roundtrip efficiency (η_{rt}) shall be defined as shown in the formula below.

For Figure 2:

$$\eta_{rt} = \frac{E_o}{E_l} \quad (1)$$

For Figure 3:

$$\eta_{rt} = \frac{E_o - E_{aux_o}}{E_l + E_{aux_l}} \quad (2)$$

where

- E_o is the total output energy measured at the (primary) POC considering energy losses including conversion loss and energy used for the auxiliary subsystem in as shown in Figure 2,
- E_i is the total input energy measured at the (primary) POC,
- E_{aux_o} is the energy consumption of the auxiliary subsystem measured at the auxiliary POC during output operation as shown in Figure 3,
- E_{aux_i} is the energy consumption of the auxiliary subsystem measured at the auxiliary POC during the input operation as shown in Figure 3.

5.2.4 Expected service life

The time point when any of the following degradation phenomena have occurred and EES system no longer complies with the specifications is defined as expected service life of EES system. The end of service life values that are specified in the specification should be used as performance criteria as follows so that EES system can comply with the specifications.

- The actual energy capacity of the EES system at rated power becomes lower than the end of service life values.
- The input and output power during system charging and discharging for a specified duration is lower than the end of service life values.
- The system response is deteriorated for end of service life values.

In view of these points, the degradation characteristic due to ageing or the charge and discharge cycles shall be considered as one of the important performance data to evaluate the expected service life of the EES system. In particular, the actual initial energy capacity of the EES system should be calculated in the planning stage taking into account the energy capacity degradation characteristics depending on the applications addressed by the EES system to meet the required service life of the EES system.

NOTE In some cases, the end of service life values can be considered as rated values.

5.2.5 System response

5.2.5.1 Step response time

The step response time of the EES system is the duration of the time interval between the instant T_0 when the set point is received at the EES system, which is in stand-by mode, or when the grid parameter changes in a way to trigger the system response, and the instant T_3 when the active power at the POC reaches within 2 % of the set point as shown in Figure 5. A detailed definition of T_0 shall be agreed between the system supplier and user. The reference set point for the definition of the step response time is the rated input/output power.

If the system has a rated value of reactive power, then the step response time shall be also tested at:

- rated input/output reactive power,
- rated input/output apparent power (with different ratio of active/reactive powers),
- other set points with reduced power respect to the rated one.

NOTE In general, the response time of reactive power is covered by the response time of active power, because the response time of reactive power is faster than the response time of active power.

5.2.5.2 Ramp rate

The ramp rate of the EES system is the average rate of active power variation per unit of time between T_2 and T_1 as shown in Figure 5. T_1 is the time when the active power at the POC becomes higher than 10 % of the set point value. T_2 is the time when the active power at the POC becomes higher than 90 % of the set point value. The reference set point for the

definition of the ramp rate is the rated input and output power to decide the charge and discharge ramp rate. In case the consideration of non-linear characteristics or transition behaviour during mode change for the ramp rate is required, for example charge – discharge – charge, the definition of ramp rate shall be defined by agreement between the user and system supplier.

$$RR = \frac{P(T_2) - P(T_1)}{T_2 - T_1} \text{ (W/s)} \quad (3)$$

If the system has a rated value of reactive power, then the ramp rate shall be also tested at:

- rated input/output reactive power,
- rated input/output apparent power (with different ratios of active/reactive powers),
- other set points with reduced power respect to the rated one.

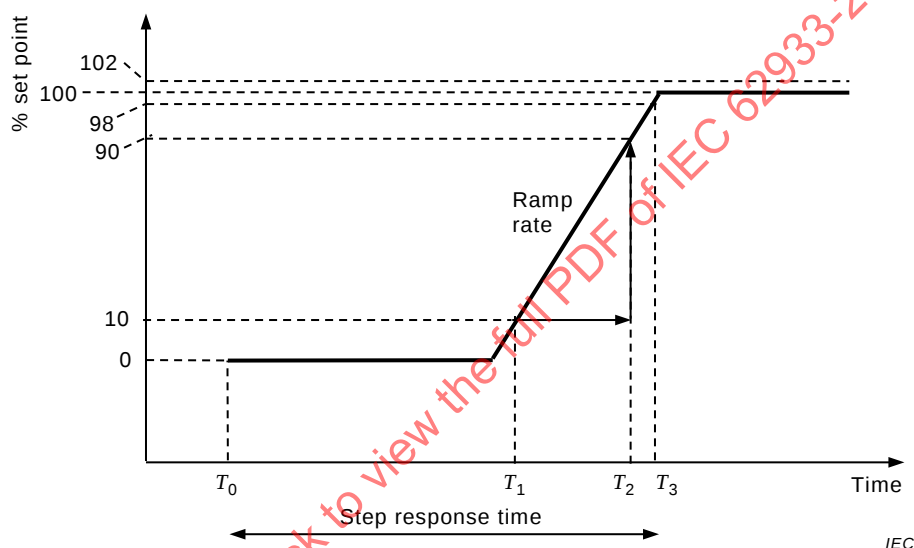


Figure 5 – Step response time and ramp rate of EES system

5.2.6 Auxiliary power consumption

The auxiliary power consumption corresponds to the power needed to operate the auxiliary subsystem. The unit shall be defined as W.

Auxiliary power consumption shall be measured or estimated by keeping the parameters of power conversion subsystem as in the following five cases:

- a) active power 0 W and reactive power 0 var,
- b) rated output active power,
- c) rated input active power,
- d) rated output reactive power (if the system has a rated value of reactive power),
- e) rated input reactive power (if the system has a rated value of reactive power).

In case the auxiliary subsystem is fed from the auxiliary POC (Figure 3), auxiliary power consumption shall be measured as input power at the auxiliary POC.

Auxiliary power consumption shall be evaluated under the standard testing conditions specified in 5.1.3.

5.2.7 Self-discharge of EES system

The self-discharge of the EES system is the energy loss of the EES system in the stopped state during the standard measurement time. The standard measurement time of self-discharge for EES system is one of one hour, one day or one week. Energy consumption of the auxiliary subsystem shall be excluded. The unit shall be Wh/h.

5.2.8 Rated voltage range

The rated voltage range is the range of voltage values at the POC throughout where the EES system can remain connected to the grid.

The nominal operating voltage at the POC falls within the lower limit $U_{\min}$ and upper limit $U_{\max}$.

5.2.9 Rated frequency range

The rated frequency range is the range of frequency values at the POC throughout which the EES system can remain connected to the grid.

The nominal operating frequency at POC is limited by the lower limit $f_{\min}$ and upper limit $f_{\max}$.

6 Testing methods and procedures

6.1 General

In Clause 6, the test items and procedures are required to evaluate the performance of EES system to comply with requirements that relate to safety, reliability, performance, function and system interconnection.

In the unit parameter test, the test items and procedures are required to measure and to evaluate the basic characteristic and performance of the EES system. The unit parameter test is a mandatory test for every EES system.

In the performance test, the test items and procedures are required to measure and to evaluate the performance of the EES system to provide grid service for each application classification.

In the system implementation test, the general commissioning test items and procedures are required to confirm the system conformity, excluding the unit parameter test and the performance test.

The characteristics and the performance of the whole EES system should be measured and evaluated at the POC.

If testing the entire EES system is physically not possible in large-scale and complex EES systems, the testing should be confirmed by the test results carried out on each EES system module. In this case, test configuration, conditions and procedures shall follow unit parameter test procedures for each EES system module.

If it is not possible to carry out the actual test with the EES system connected to the grid because of restrictions related to grid stability issues or power availability, testing with a grid simulator, at a test facility, or back-to-back method (see Annex C) should be used as a substitute, based on agreement between the system supplier and user. The use of a grid simulator should be done only if the simulator has been validated in terms of reproducibility of the grid characteristics.

6.2 Parameter test

6.2.1 Actual energy capacity test

The actual energy capacity of the EES system shall be tested at rated power under the standard testing conditions specified in 5.1.3, and at short duration input power if such parameter is required, at additional power values different from rated power. The energy capacity shall be evaluated as the product of the rated output power and the output duration time. Values of output power from the EES system shall be obtained at POC by placing calibrated power meters at the POC and auxiliary fed points (in case of auxiliaries fed from a substation according to Figure 3). The test shall be performed as follows and the actual energy capacity shall be calculated using the formula below, and it will be compared with the nominal energy capacity.

- The EES system shall be discharged to its minimum available energy level in accordance with the system specifications and operating instructions.
- The EES system shall be charged to its full available energy level at rated input power in accordance with the system specifications and operating instructions.
- The EES system shall be discharged at the rated power of the system in accordance with the system specifications and operating instructions. The system shall be discharged to the minimum available energy level associated with the system specification and operation instructions (including the needed rest times between input and output power operation). The constant output power, output time and energy consumption of the auxiliary subsystem shall be measured and recorded during output. The actual energy capacity is calculated as follows:

$$E_o = \sum_{i=1}^n P_{O_i} \times \Delta t \quad (4)$$

where

E_o is the calculated total output energy at the POC (Wh);

P_{O_i} is the active output power at time i , measured at the POC (W);

Δt is the sampling time of the measurement (h);

n is the discharge time (h).

If the auxiliary subsystem is fed from other feeder as shown in Figure 3, actual energy capacity is calculated by following equation.

$$E_o = \sum_{i=1}^n P_{O_i} \times \Delta t - E_{aux_o} \quad (5)$$

where

E_o is the calculated total output energy at POC (Wh);

P_{O_i} is the active output power at time i , measured at the POC (W);

Δt is the sampling time of the measurement (h);

E_{aux_o} is the energy consumption of the auxiliary subsystem measured at the auxiliary POC during the output operation (Wh);

n is the discharge time (h).

NOTE Actual energy capacity at initial stage is more than nominal energy capacity.

6.2.2 Input and output power rating test

6.2.2.1 General

The rated input and output power test of the EES system shall be conducted to confirm that constant rated power can be input or output to or from the EES system respectively for a specified duration at the POC. These tests shall be performed using the actual energy capacity test routine of 6.2.1 as follows and shall be performed in the specific available energy states as required. A tolerance on all the measurements of input and output power shall be within $\pm 2\%$ of the rated power.

6.2.2.2 Active power test

a) Input active power test

It shall be confirmed that the EES system can absorb (or be charged at) constant power for a specified duration at the POC in accordance with the following procedures. The rated input active power of the EES system shall be applied as the constant power value in this test.

- 1) In step b) of the actual energy capacity test in 6.2.1, the rated power is input to the EES system.
- 2) The input power and the charging duration shall be measured.
- 3) The measured values of the input active power and the charging time duration shall be compared to the specified unit parameters.

b) Output active power test

It shall be confirmed that the EES system can output constant power for a specified duration at the POC in accordance with the following procedures. The rated output active power of the EES system shall be applied as the constant power value in this test.

- 1) In step c) of the actual energy capacity test in 6.2.1, the rated power is the output from the EES system at constant power.
- 2) The output power and the discharge time shall be measured.
- 3) The measured values of the output power and the discharge time duration shall be compared to the specified unit parameters.

If time interval between test case a) and b) is needed, it shall be measured and recorded.

6.2.2.3 Reactive power test

If the system has a rated value of reactive power, then the reactive power test shall be conducted as follows:

- The active power set point of the system shall be set to 0.
- The reactive power set point shall be set to positive rated reactive power and maintained for 1 min. The reactive power at the POC shall be measured.
- The reactive power set point shall be set to negative rated reactive power and maintained for 1 min. The reactive power at the POC shall be measured.

6.2.2.4 Apparent power test

If the system has a rated value of reactive power, then the apparent power test shall be conducted as follows.

Apparent power can be confirmed using the test results of active and reactive power tests at the POC. The test cases at the rated active power and the rated reactive power can be treated as typical test cases for the apparent power test. For example, typical testing points are 1, 2, 3 and 4 in Figure 6.

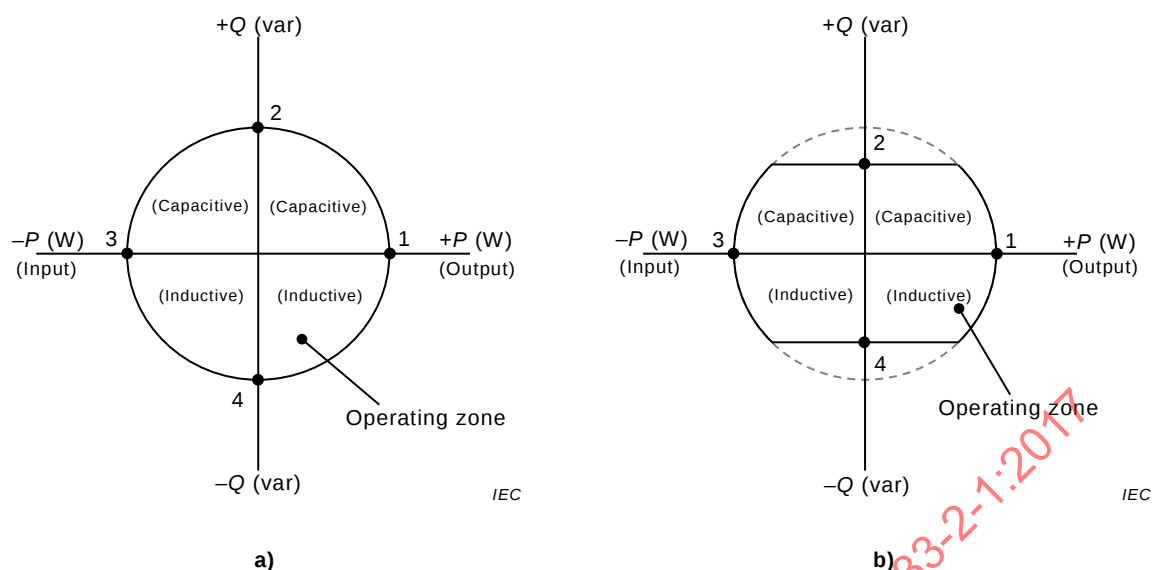


Figure 6 – Typical testing points for apparent power

6.2.3 Roundtrip efficiency test

The roundtrip efficiency test shall be conducted to determine the amount of energy output that the EES system can deliver, relative to the amount of energy input into the EES system during the preceding charge and discharge under the standard testing conditions specified in 5.1.3.

This test shall be performed using the energy capacity test routine and the cycle performed shall deliver the total amount of energy at the POC which equals the energy capacity of the system.

The EES system shall be tested for its roundtrip efficiency following the test procedures a) to c) presented in 6.2.1. This test shall be performed under the rated input active power and rated output active power.

The roundtrip efficiency η_{rt} shall be determined in accordance with Formulae (1) and (2) defined in 5.2.3 for N cycles (at least two) based on the data secured from the tests conducted in accordance with the provisions in 6.2.1, taking into account possible auxiliaries power consumptions from auxiliary POC during idle/rest times.

The roundtrip efficiency shall be reported as shown in Table 4. Where an additional test is performed beyond the minimum required two cycles, an additional row shall be added to Table 4. The average values shall be calculated for each measured value and the roundtrip efficiency shall be reported based on those average values.

Table 4 – Document format of roundtrip efficiency

	E_o (Wh)	E_i (Wh)	E_{aux_i} (Wh)	E_{aux_o} (Wh)	Roundtrip efficiency η_{rt} (%)
Test 1					
Test 2					
Average					

6.2.4 Expected service life test

As described in 5.2.4, the degradation characteristic due to ageing or the charge and discharge cycles of the EES system with respect to the energy capacity, the input and output power during system charging and discharging and the system response time are used as performance data to estimate the service life of the EES system.

The degradation characteristic depends on complex conditions regarding operation such as applications, operation temperature/pressure, etc. of the EES system. Therefore, the expected service life test of EES system is not defined and not standardized, but the end of service life values described in 5.2.4 for making decision expected service life of EES system should be specified in the specification.

The system supplier should provide the initial performance data and degradation data to enable estimation of service life of the EES system as described in 5.2.4 and in this clause.

6.2.5 System response test, step response time and ramp rate

The response time of the EES system shall be measured in accordance with 5.2.5 and the procedure listed below. The EES system shall absorb or provide the active power according to the set point which indicates rated input / output power. The set point and the input/output power at the POC shall be recorded with a data acquisition system at regular intervals of time, with proper time resolution.

- a) The EES system shall be charged or discharged to a 50 % state of available energy.
- b) The set point shall be zero. The set point value shall be retained until the output comes to within (0 ± 2) % of rated input power.
- c) The set point shall be changed to rated input power. The set point value shall be retained until the active power at the POC reaches within 2 % of the range of rated input power. Step response time and ramp rate for step c) shall be recorded as SRT_1 and RR_1 respectively.
- d) The set point shall be changed to zero. The set point value shall be retained until the active power at the POC reaches within (0 ± 2) % of rated input power. Step response time and ramp rate of step d) shall be recorded as SRT_2 and RR_2 respectively.
- e) The EES system shall be charged or discharged to a 50 % state of available energy or specified capacity value agreed between the system supplier and user.
- f) The set point shall be changed to rated output power. The set point value shall be retained until the active power at POC reaches within 2 % of the range of rated output power. Step response time and ramp rate for step f) shall be recorded as SRT_3 and RR_3 respectively.
- g) The set point shall be zero. The set point value shall be retained until the active power at the POC reaches within (0 ± 2) % of rated input power. Step response time and ramp rate for step g) shall be recorded as SRT_4 and RR_4 respectively.

Figure 7a) shows the procedure described in step b) to step g), step a) is omitted. Figure 7b) shows step c), Figure 7c) shows step d), Figure 7d) shows step f) and Figure 7e) shows step g).

As described in 5.2.5 and Figure 7b), ramp rate RR_1 of the EES system is the ratio of the difference of active power between the value at the time T_{2b} and at T_{1b} to the time interval between the time T_{2b} and T_{1b} . Step response time SRT_1 is the time interval between the time T_{3b} and T_{0b} . T_{0b} is the time when the EES system receives the set point value. T_{1b} is the time when the active power at the POC becomes higher than 10 % of rated input power. T_{2b} is the time when the active power at the POC becomes higher than 90 % of rated input power. T_{3b} is the time when the active power at the POC reaches ± 2 % of the range of rated input power around the target value.

As described in 5.2.5 and Figure 7c), ramp rate RR_2 of the EES system is the ratio of the difference of active power between the value at the initial time T_{2c} and at T_{1c} to the time interval between the time T_{2c} and T_{1c} . Step response time SRT_2 is the time interval between the time T_{3c} and T_{0c} . T_{0c} is the time when the EES system receives the set point which indicates the set point value. T_{1c} is the time when the active power at the POC becomes lower than 90 % of rated input power. T_{2c} is the time when the active power at the POC becomes lower than 10 % of rated input power. T_{3c} is the time when the active power at the POC starts to stay at ± 2 % of the range of rated input power around the target value.

As described in 5.2.5 and Figure 7d), ramp rate RR_3 of the EES system is the ratio of the difference of active power between the value at the initial time T_{2d} and at T_{1d} to the time interval between the time T_{2d} and T_{1d} . Step response time SRT_3 is the time interval between the time T_{3d} and T_{0d} . T_{0d} is the time when the EES system receives the set point which indicates the set point value. T_{1d} is the time when the active power at the POC becomes higher than 10 % of rated output power. T_{2d} is the time when the active power at the POC becomes higher than 90 % of rated output power. T_{3d} is the time when the active power at the POC starts to stay at ± 2 % of the range of rated output power around the target value.

As described in 5.2.5 and Figure 7e), ramp rate RR_4 of the EES system is the ratio of the difference of active power between the value at the initial time T_{2e} and at T_{1e} to the time interval between the time T_{2e} and T_{1e} . Step response time SRT_4 is the time interval between the time T_{3e} and T_{0e} . T_{0e} is the time when the EES system receives the set point which indicates the set point value. T_{1e} is the time when the active power at the POC becomes lower than 90 % of rated output power. T_{2e} is the time when the active power at the POC becomes lower than 10 % of rated output power. T_{3e} is the time when the active power at the POC starts to stay at ± 2 % of the range of rated output power around the target value.

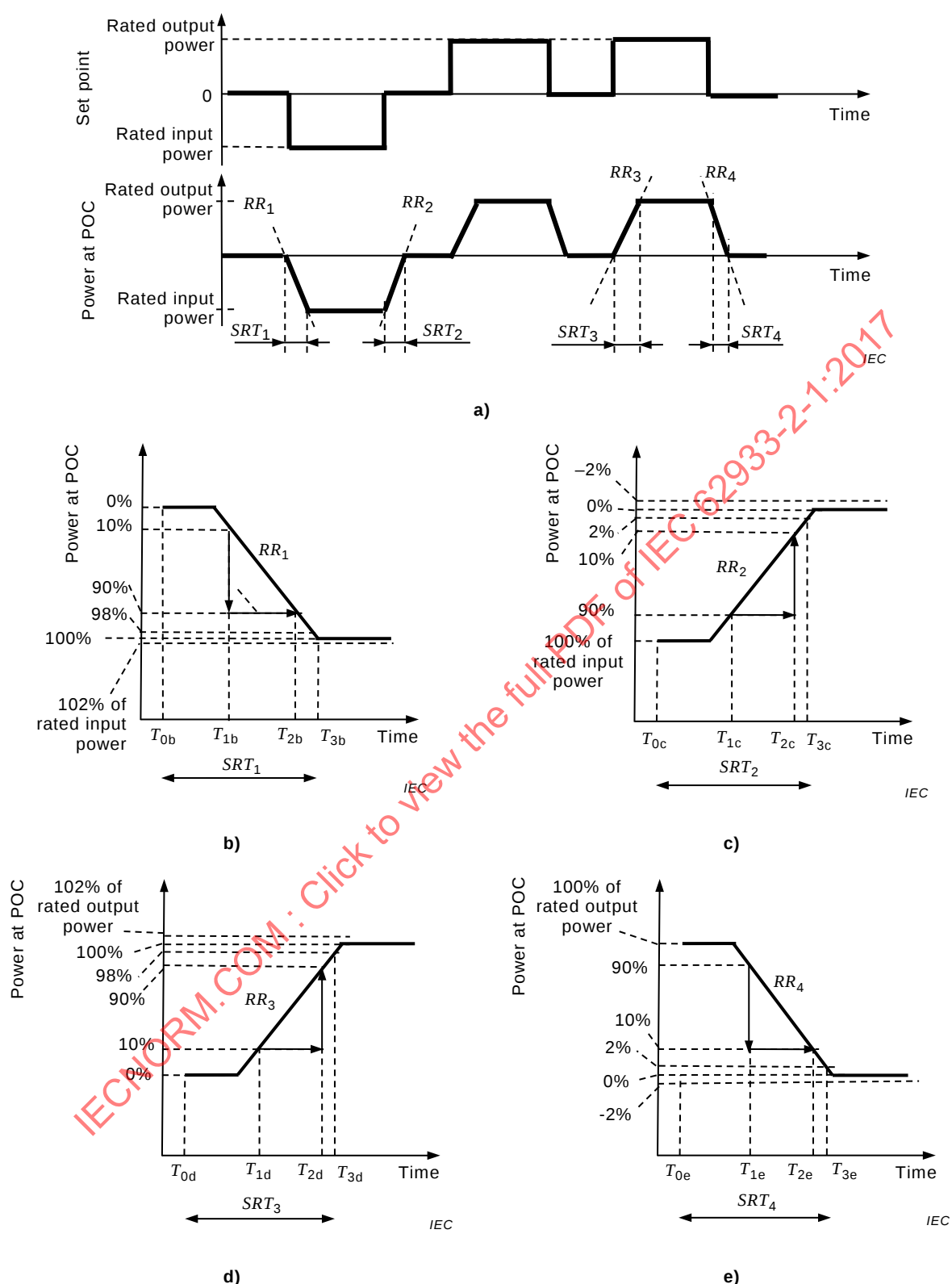


Figure 7 – System response test

The acquisition rate of data shall be at least twice as fast as the full rated power divided by the ramp rate of the system.

In the system response test shown in Figure 7a), four step response times (SRT_1 , SRT_2 , SRT_3 , SRT_4) and four ramp rates (RR_1 , RR_2 , RR_3 , RR_4) shall be recorded. For grid stability applications, T_{0b} , T_{0c} , T_{0d} and T_{0e} , shall consider the extra time between the time when the

grid parameter occurs (frequency, voltage) and the time when the set point is sent from the control system of the EES system.

These tests shall be repeated more than two times.

6.2.6 Auxiliary power consumption test

The auxiliary power consumption test shall be measured and estimated in the state connected to the POC in the standard testing conditions specified in 5.1.3 for the following operation conditions:

- a) stand-by state (keep the power conversion subsystem active power at 0 W and reactive power at 0 var),
- b) rated output active power,
- c) rated input active power,
- d) rated injected reactive power (if the system has a rated value of reactive power),
- e) rated absorbed reactive power (if the system has a rated value of reactive power).

In case the auxiliary subsystem is fed from the POC (Figure 2), auxiliary power consumption shall be measured at the point of supply of the auxiliary subsystem.

In case the auxiliary subsystem is fed from the auxiliary POC (Figure 3), the auxiliary power consumption shall be measured as input power at the auxiliary POC.

Before measurement, the EES system shall be charged or discharged to a 50 % state of available energy capacity or specified energy capacity value agreed between the system supplier and user.

The measures of power consumption for cases a) to e) shall be recorded as an independent parameter.

A tolerance of input and output power shall be within ± 2 % of the rated power.

6.2.7 Self-discharge of EES system test

Self-discharge of EES system shall be tested in accordance with the following procedures.

- a) The EES system shall be charged/discharged to 100 % of rated energy capacity or specified energy capacity value as agreed between the system supplier and user.
- b) The power conversion subsystem in the EES system shall be shut down and kept at a stopped state for the measurement time of self-discharging for the EES system. The measurement time of self-discharging for the EES system should be chosen from one of one hour, one day or one week and this time value shall be specified in reporting the results.
- c) After the measurement time of self-discharging for the EES system, the EES system shall be charged to the initial energy capacity level, and input energy shall be measured at the POC. This input energy at POC minus the auxiliary power consumption during that time is self-discharge energy consumption.
- d) If the EES system has a monitoring means for available energy, the difference in available energy before and after procedure b) may be self-discharge energy consumption instead of procedure c).
- e) The self-discharge of EES system shall be evaluated by the value of the self-discharge energy consumption, measured by procedure c) or d), divided by the self-discharge measurement time,

If the user requests the specified environmental conditions under which the self-discharge rate of the EES system is maximum, the system supplier shall provide this information.

6.2.8 Rated voltage and frequency range test

Rated voltage and frequency range test shall be conducted in accordance with the following procedures. A tolerance on all the measurements of input and output power shall be within $\pm 2\%$ of the rated power.

The following test cases shall be carried out for the verification of the stable operation of the EES system. During the test, the frequency, the voltage and the active power shall be recorded at the POC.

- a) Test case 1: $U = U_{\min}$, $f = f_{\min}$ with constant rated active power output
 - 1) The EES system shall be charged or discharged to 50 % of full available energy level or specified energy capacity value agreed between system supplier and user.
 - 2) Voltage at the POC shall be set to $U_{\min}$ and frequency at the POC shall be set to $f_{\min}$.
 - 3) It shall be confirmed that the EES system can output rated active power for 5 min or a specified duration agreed between system supplier and user at the POC.
- b) Test case 2: $U = U_{\max}$, $f = f_{\max}$ with constant rated active power output
 - 1) The EES system shall be charged or discharged to 50 % of full available energy level or specified energy capacity value agreed between system supplier and user.
 - 2) Voltage at the POC shall be set to $U_{\max}$ and frequency at the POC shall be set to $f_{\max}$.
 - 3) It shall be confirmed that the EES system can output rated active power for 5 min or a specified duration agreed between system supplier and user at the POC.
- c) Test case 3: $U = U_{\min}$, $f = f_{\min}$ with constant rated active power input
 - 1) The EES system shall be charged or discharged to 50 % of full available energy level or specified energy capacity value agreed between system supplier and user.
 - 2) Voltage at the POC shall be set to $U_{\min}$ and frequency at the POC shall be set to $f_{\min}$.
 - 3) It shall be confirmed that the EES system can input rated active power for 5 min or a specified duration agreed between system supplier and user at the POC.
- d) Test case 4: $U = U_{\max}$, $f = f_{\max}$ with constant rated active power input
 - 1) The EES system shall be charged or discharged to 50 % of full available energy level or specified energy capacity value agreed between system supplier and user.
 - 2) Voltage at the POC shall be set to $U_{\max}$ and frequency at the POC shall be set to $f_{\max}$.
 - 3) It shall be confirmed that the EES system can input rated active power for 5 min or a specified duration agreed between system supplier and user at POC.

If it is impossible to carry out the actual test with the EES system connected to the grid, because of the restriction by grid stability issues or power availability, one of the following testing or evaluation methods instead of testing at POC shall be applied:

- testing with grid simulator;
- testing and evaluation of an EES system module;
- evaluation by test data of each component or EES system module.

6.3 Performance test

6.3.1 General

In 6.3, performance testing methods are defined based on the applications.

The performance test items that are required for each class are shown in Table 5. If the EES system has implemented the functionality of multiple application classes, all the tests corresponding to each application class shall be performed.

Table 5 – Performance test items

Performance test	Class A	Class B	Class C	Note
Duty cycle roundtrip efficiency	applicable	applicable		
Fluctuation reduction	applicable			
Black start output voltage			applicable	

6.3.2 Performance test for class A applications

6.3.2.1 General

The performance of class A application (the frequency regulation, the fluctuation reduction and the voltage regulation) shall be tested in accordance with the duty cycle roundtrip efficiency test and the fluctuation reduction test as the performance test of EES system.

6.3.2.2 Duty cycle roundtrip efficiency test

The duty cycle of the class A application is defined as less than 1 h/cycle. The user shall indicate the applicable duty cycle for the roundtrip efficiency test and the test shall be subject to agreement between the user and system supplier.

Duty cycle roundtrip efficiency of the EES system shall be tested in accordance with following procedures.

- The EES system shall be set to the initial desired available energy in accordance with the applicable duty cycle.
- The EES system shall be subjected to the applicable duty cycle.
- At the end of cycle, the EES system shall be returned to the initial available energy.

NOTE An example of the duty cycle is shown in Annex A.

6.3.2.3 Fluctuation reduction test

For class A applications, the EES system should have a function aiming at reducing the power fluctuation that is caused by renewable energy generations such as photovoltaic and wind turbine. The EES system can reduce the interference of the fluctuation to the grid with its charging and discharging operations. The performance of fluctuation reduction shall be tested with a fluctuating generation system or simulated signals of the power generated by the fluctuating system. The fluctuating power profile shall be agreed between system supplier and user.

NOTE An example of the fluctuation test is shown in Annex B.

6.3.3 Performance test for class B applications

6.3.3.1 General

The performance of class B application shall be tested in accordance with the duty cycle roundtrip efficiency test.

6.3.3.2 Duty cycle roundtrip efficiency test

The duty cycle of the class B application is defined as greater than 1 h/cycle. Typically, this duty cycle period will last 24 h. The user shall indicate the applicable duty cycle for the roundtrip efficiency test, and the test shall be subjected to agreement between the user and system supplier.

Duty cycle roundtrip efficiency of the EES system shall be tested in accordance with the following procedures.

- a) The EES system shall be set to the initial desired available energy in accordance with the applicable duty cycle.
- b) The EES system shall be subjected to the applicable duty cycle.
- c) At the end of cycle, the EES system shall be returned to the initial available energy.

NOTE An example of the duty is shown in Annex A.

6.3.4 Performance test for Class C applications

6.3.4.1 General

The application of class C (back-up power) shall be performed in accordance with the black start output voltage, which supply the power during outage, as the performance test of the EES system.

6.3.4.2 Black start output voltage

The EES system shall have a black start output voltage test performed in accordance with the procedure listed below.

- a) The power conversion subsystem shall be connected electrically to the POC, which is externally connected to the specified test load. The POC shall not be energized by any other power supply. No external auxiliary power source is allowed to feed the system in this test.
- b) The signal, which indicates the start of the black start, shall be input to the EES system.
- c) The entire voltage envelope of the POC during transition to the steady state shall be recorded to determine the tolerance band of the steady state voltage. The system provider and user should specify the recording interval.

6.4 System implementation test

6.4.1 Visual inspection

The inspections are required with reference to the whole EES system involving the facilities of the EES system, the electrical equipment, and the electrical power connections in substations and electrical rooms.

Inspections should be carried out before energizing the EES system.

The following items should be included in the inspections:

- installation of cover for live, hot and cold parts, and the adequate distance from the person;
- installation of fence, wall, locking system of doors and access panels, and notice indicating restricted access area;
- installation of ventilation system (when the system is present);
- installation of firefighting system (when the system is present);
- measures for earthquake (prevention of damage, when the measures are present);
- measures for lightning (when the measures are present).

6.4.2 Continuity and validity of conductors

The continuity of conductors shall be verified through visual inspection, continuity test, and insulation resistance test in accordance to IEC 60364 or IEC 61936. The test should include power, control and monitoring lines and protective conductors.

For electrical connections, the compliance of labels (cables, terminal blocks, and connectors) with drawings and design documents should also be checked.

On three-phase systems, the phase sequence of both areas of the EES system and grid should be confirmed.

6.4.3 Earthing test

The earthing arrangement of EES system should be verified. The following elements should be checked:

- earthing arrangement of the EES system installed according to design and applicable standards;
- bonding connections and connection to terminals of the main existing earthing busbar, if applicable;
- proper connection of the earthing busbar to the local earthing busbar;
- individual earthing connection of main equipment to the earthing busbar;
- connection of earthing cables to structures via proper connectors to prevent corrosion from dissimilar metals.

For low-voltage EES systems, the earthing test shall be performed according to IEC 60364-6.

For EES systems exceeding 1 kV AC or 1,5 kV DC, the earthing test shall be performed according to IEC 61936-1.

6.4.4 Insulation test

For low-voltage EES systems, the insulation resistance test and withstand voltage test shall be performed according to IEC 60364-6.

For EES systems exceeding 1 kV AC or 1,5 kV DC, the withstand voltage test shall be performed according to IEC 61936-1.

6.4.5 Protective and switching device test

The characteristics and/or the effectiveness of protective and switching (e.g., circuit breaker or contactor) devices shall be verified.

- Protective and switching devices installed according to design should be checked by visual inspection.
- The main switching devices should correctly operate with a contact position indicator by an operation involving manual closing and opening.
- Relay setting should be checked by visual inspection and/or test.
- Related protective devices, switching devices, fault indicators, and alarm notification systems should operate correctly by providing a simulated analogue input to relays or sensors, or forcing operation of relays or sensors for EES systems, modules, related devices and each protection system.

6.4.6 Equipment and basic function test

6.4.6.1 Starting and stopping test

It should be confirmed that the EES system correctly starts and stops the input and output power operation with the startup/shutdown command manually and automatically.

6.4.6.2 Load tripping test

It should be confirmed that the EES system safely transitions to a stop state or stand-by state when the circuit breaker, which is interconnected to the electric power system, is opened during both output and input operations at rated or specified power agreed between the system supplier and user. Additionally, operation and indication of the circuit breaker and the EES system, as well as the voltage rising value at the EES system output should be confirmed.

If it is not possible to test the whole EES system on site, it is acceptable to test the EES system module by disconnecting the EES system module.

6.4.6.3 Operating cycle test (input and output power operating test)

It should be confirmed that abnormalities of rise in temperature, noise level and vibration do not occur in the EES system during rated input and output power operation.

If it is not possible to test the whole EES system on site, it is acceptable to test the EES system module by operating at rated input and output power of the EES system module.

6.4.6.4 Measurement, control and monitoring system test and communication test

It should be checked that the polarity and setting of the measuring equipment are correct, that the measuring equipment is in accordance with the specifications, and that the degree of accuracy of the measurements performed with this equipment is sufficient.

It should be verified that measuring, alarm, fault indication, message and control and monitoring system operations are correct and in accordance with the specifications.

Signals sent from a remote point should be compared to locally displayed values to confirm that the information from the transmission side is correctly received by the receiving side, and that the system operates correctly. It should be confirmed that the system detects abnormality and operates appropriately during failure of transmission or loss of power of the communication equipment.

6.4.7 Grid connection compatibility test

6.4.7.1 Measurement of harmonic currents

This test should be conducted at the factory or on site if required by grid code or local regulation.

A time series of three-phase instantaneous current measurements should be collected for each operation condition, which are at the rated input active power, 0 % and the rated output active power of the EES system. The requirements related to the measurement are according to IEC 61000-4-7. The individual harmonic current components for frequencies up to 40 times the fundamental grid frequency and the total harmonic current distortion should be calculated in each operation condition of the EES system and should be reported.

The voltage harmonics during the test should be measured at the POC and the total harmonic distortion of the voltage should be reported.

6.4.7.2 Verification test to temporary voltage drop

If the system has a support function for temporary voltage drop, then this test shall be conducted as follows.

The purpose of this test is to verify that the EES system is able to correctly deal with the transient voltage drop and to overcome it while maintaining connection to the grid without

damage, and restart the delivery of active and reactive power, within a defined time limit from the restoration of the voltage according to temporary voltage drop characteristics (V and t characteristic curve).

One of the following testing or evaluation methods shall be applied:

- a) testing according to IEC 61400-21;
- b) testing with grid simulator;
- c) testing and evaluation by EES system module;
- d) evaluation by type test data of each component or EES system module.

Grid codes or local regulations on low voltage ride through characteristic should be used as temporary voltage drop characteristics.

6.4.8 Available energy test

The EES system should have means or devices to measure available energy. Available energy is defined as energy that can be output at the POC by operating at the rated output power from the current state. Full available energy is equal to nominal energy capacity, and the state of the lower limit at which the EES system can be discharged to output the available energy is defined as the minimum available energy level. The unit of available energy should be Wh.

Available energy shall be tested in accordance with the following procedure under the standard testing conditions specified in 5.1.3.

- a) The EES system shall be charged to the full available energy level.
- b) The EES system shall be discharged at the rated power. It should be confirmed that the continuous discharging is available at the minimum available energy level. Discharged energy should be measured with calibrated instruments, and it should be confirmed that the measured value matches with the estimated available energy of the system.
- c) The EES system shall be charged to other available energy levels, such as 25 %, 50 %, or 75 % of the full available energy level, in the case of a system in which the measurement accuracy in the intermediate SOC region is important in the operation of the EES system.
- d) The EES system shall be discharged at the rated power. It should be confirmed that the continuous discharging is available at the minimum available energy level. Discharged energy should be measured with calibrated instruments, and it should be confirmed that the measured value matches with the anticipated available energy of the system.
- e) If the available energy is measured more than once, the above steps a) to d) shall be repeated.

6.4.9 EMC immunity test

This test should be conducted if required by grid code or local regulation.

In an EMC environment, the immunity levels will be demonstrated based on IEC 61000-6-1:2016, IEC 61000-6-2:2016, and IEC 61000-6-5:2015.

Annex A (informative)

Duty cycle for efficiency test

A.1 General

Annex A shows examples of duty cycle patterns for Class A and Class B applications.

A.2 Class A application duty cycle

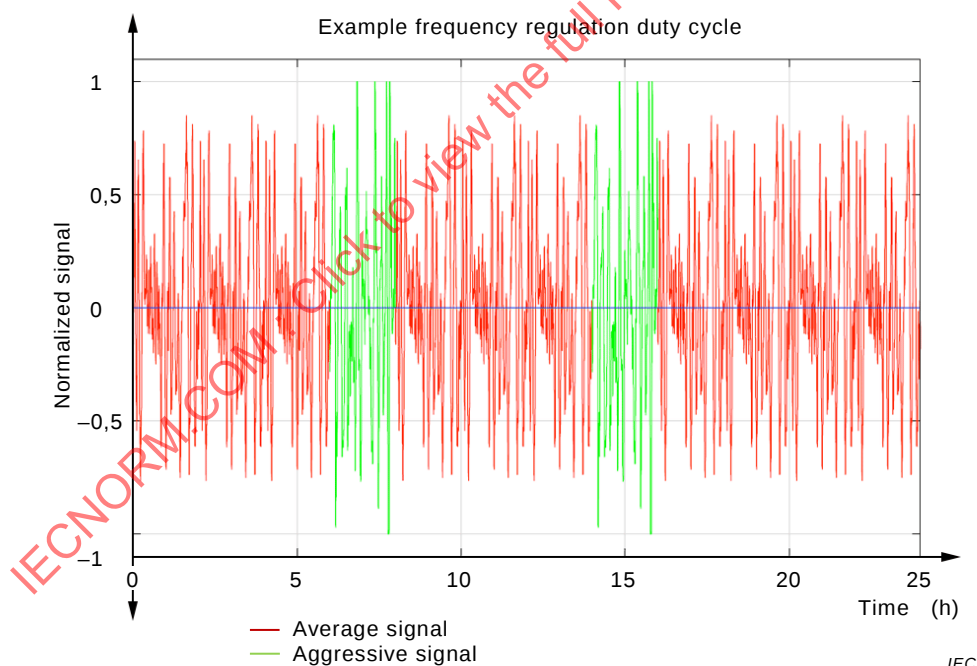
A.2.1 General

The duty cycle presented in Clause A.2 is used in the determination of the performance of the EES system intended for a class A application and uses normalized power with respect to the rated power of the EES system over a 24-h time period.

A.2.2 Duty cycle

The user should indicate the applicable duty cycle shown in Figure A.1 and as defined by agreement between the user and the system supplier.

NOTE The raw data upon which Figure A.1 is based are included in PNNL-22010.



NOTE Source for Figure A.1: PNNL-22010.

Figure A.1 – Class A application duty cycle

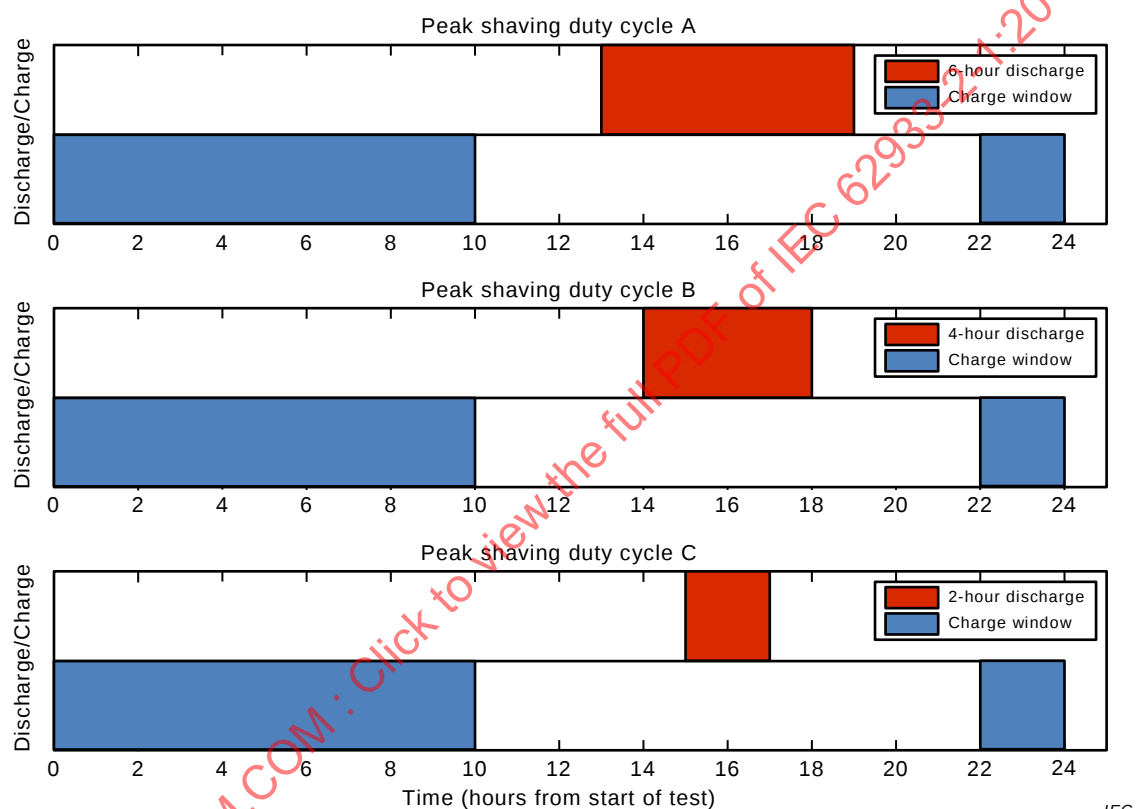
A.3 Class B application duty cycles

A.3.1 General

The duty cycles presented in Clause A.3 is used in the determination of the performance of the EES system intended for a class B application, and uses normalized power levels to allow the duty-cycle profile to be applied in the same way to different technologies regardless of system size, type, age, and condition.

A.3.2 Duty cycle

The user should indicate the applicable duty cycle as shown in Figure A.2 and as defined by agreement between the user and the system supplier.



NOTE Source for Figure A.2: PNNL-22010.

Figure A.2 – Class B application duty cycles

Annex B (informative)

Fluctuation reduction test

B.1 General

When a renewable energy power plant is connected to a grid, especially photovoltaic and wind turbine, the EES system is needed to reduce the interference of the output power fluctuation of the plant. The EES system can reduce the power fluctuation of the plant with its power input and output operations. The fluctuation reduction test evaluates the effectiveness of dispatch commands to the EES system, where the dispatch commands request the EES system to input or output power to minimize the fluctuations of total output power.

B.2 Fluctuation reduction test

The fluctuation reduction test is done in accordance with the following procedure:

- The EES system is connected to the power grid and is set to be in the fluctuation reduction mode (or set to provide the fluctuation stabilizing function).
- The renewable energy generator delivers a fluctuating power output to the power grid. The active power set point of the renewable energy system output P_R and the active power set point of the total output power P_G shall be recorded during a specified regular interval of time.

The user sets a proper interval Δt . As shown in Figure B.1, the power deviation ΔP is calculated with the recorded total output power P_G as follows:

$$\Delta P(t) = P_G(t + \Delta t) - P_G(t)$$

The quality of fluctuation reduction can be reported on a distribution of ΔP , as shown in Figure B.2.

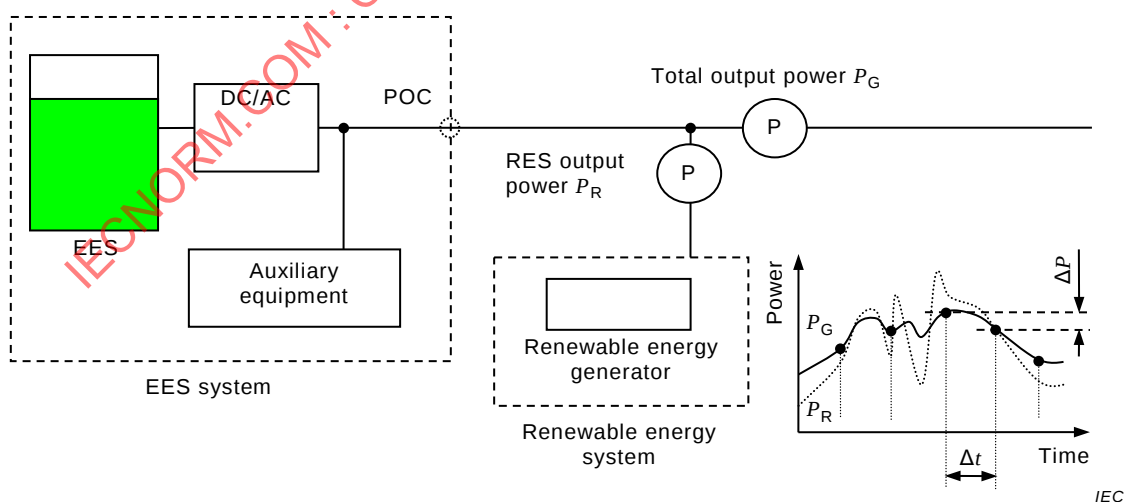


Figure B.1 – Power stabilization test

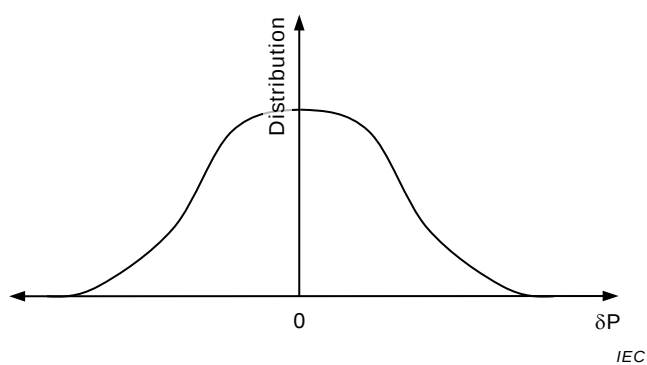


Figure B.2 – Report of stabilization test

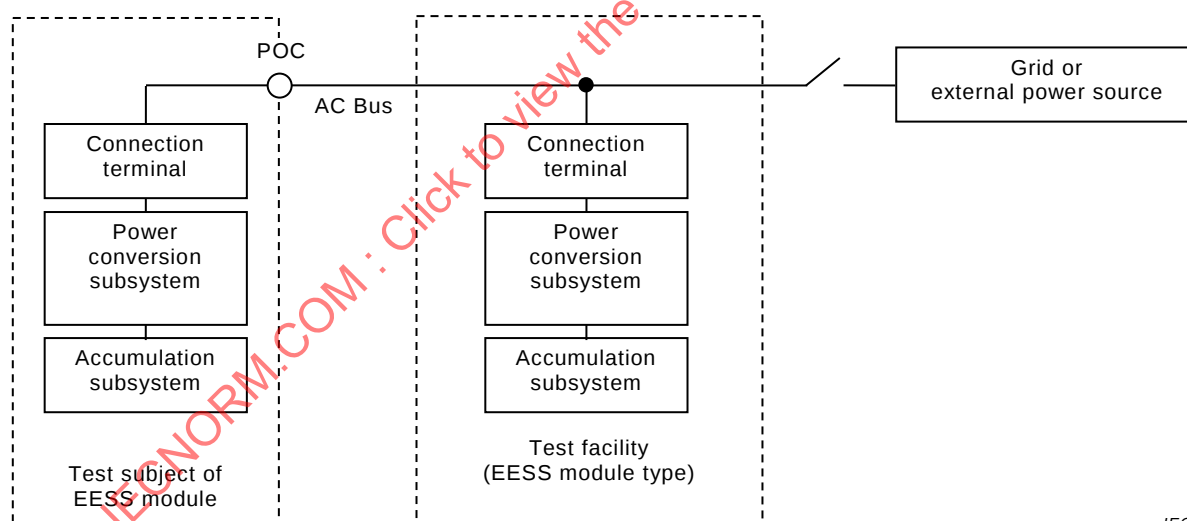
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

Annex C (informative)

Back-to-back test method for EES system

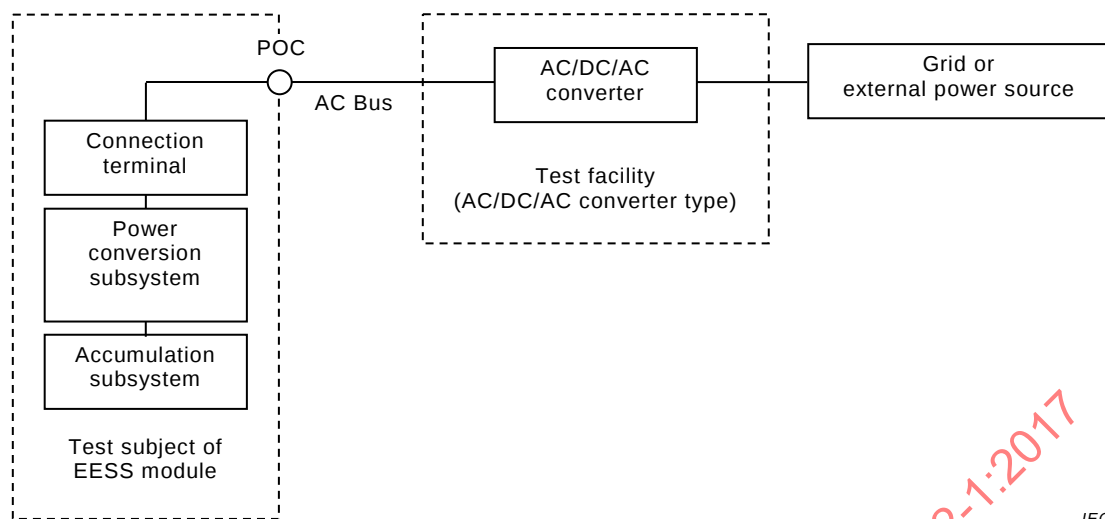
C.1 Back-to-back test without grid interconnection

If the generation of arbitrary voltage and frequency is not possible, the back-to-back test without grid interconnection can be performed by agreement between the system supplier and user. The test facility and the test subject of the EES system (EESS) module are connected to the AC bus, and independent from the grid (or external power source). The test facility should have the capability to be a voltage and frequency source that can charge and discharge for example, the EESS module as illustrated in Figure C.1 and the AC/DC/AC converter as illustrated in Figure C.2. The capacity of the test facility should be selected so that it can maintain the voltage and frequency to the test conditions, while the test subject of the EESS module is charging or discharging (or absorbing or sourcing reactive power). The POC is set to the AC bus between the test facility and the test subject of the EESS module. The test facility should be started in the voltage and frequency source mode, and the voltage and frequency should be maintained or controlled according to the test conditions. If the grid (or the external power source) is present, the test facility can be supplied from the grid (or the external power source) with the energy which corresponds to the test facility power loss between the charge and discharge process. However, in the case of Figure C.1, while the test facility is supplied with energy from the grid (or the external power source), the power flow at the POC should be controlled to zero, or the circuit breaker (CB) at the test subject of the EESS module should be open, because the energy is not supplied to the test subject EESS module.



IEC

Figure C.1 – Back-to-back test configuration (EESS module type)

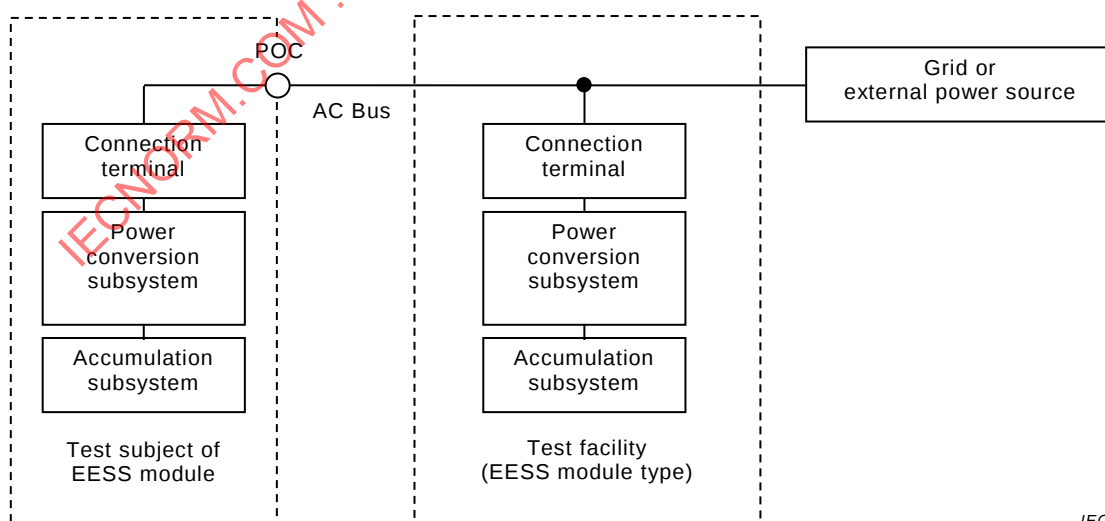


IEC

Figure C.2 – Back-to-back test configuration (AC/DC/AC converter type)

C.2 Back-to-back test with grid interconnection

If the grid stability or short-circuit capacity is insufficient, the back-to-back test with grid interconnection can be performed by agreement between the system supplier and user. The test facility and the test subject of the EESS module are connected to the AC bus, and interconnected to the grid (or external power source). The test facility should be the current source that can charge and discharge, for example, the EESS module as illustrated in Figure C.3. The capacity of the test facility should be selected so that it can cancel the charge and discharge (or reactive power input and output) of the test subject of the EESS module, and reduce the impact on the grid (or the external power source). The POC is set to the AC bus between the test facility and the test subject of the EESS module. The test facility should be started in the current source mode, and it should be controlled to cancel the charge and discharge (or reactive power input and output) of the test subject of the EESS module. The test facility can be supplied from the grid (or the external power source) with the energy which corresponds to the test facility power loss between the charge and discharge process.



IEC

Figure C.3 – Back-to-back test configuration (EESS module type)

Bibliography

The following documents provide additional information regarding electrical energy storage and electrical energy storage system.

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

IEC 62933-3-1², *Electrical energy storage (EES) systems – Part 3-1: Planning and installation – General specification*

IEC TS 62933-4-1, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 4-1: Guidance on environmental issues – General specification*

IEC TS 62933-5-1, *Electrical energy storage (EES) systems – Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems – General specification*

PNNL-22010 Rev.1, *Protocol for Uniformly Measuring and Expressing the Performance of Energy Storage Systems*

The following documents provide additional information regarding testing and environmental conditions.

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60721-2-2, *Classification of environmental conditions – Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-4, *Classification of environmental conditions. Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEEE 1547.1, *IEEE Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems*

The following documents provide additional information regarding power converters / inverters.

IEC 60146-1-1, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60146-1-2, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60146-1-3, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-3: Transformers and reactor*

IEC 60146-2, *Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC 62103, *Electronic equipment for use in power installations*

² Under development. Stage at the time of publication: IEC CDM 62933-3-1:2017.

IEC 62109-1, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*

IEC 62109-2, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters*

IEC 62116, *Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures*

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

IEC TS 62578, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter (AIC) applications including design recommendations for their emission values below 150 kHz*

IEC 62909-1, *Bi-directional grid connected power converters – Part 1: General requirements*

UL 1741, *Standard for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources*

The following documents provide additional information regarding LV switchgears and control gear.

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 2: Circuit breakers*

IEC 60947-3, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 60947-4-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Electromechanical contractors and motor-starters*

IEC 60947-6-1, *Low-voltage switchgear and control gear – Part 6-1: Multiple function equipment – Transfer switching equipment*

IEC TR 61439-0, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 0: Guidance to specifying assemblies*

IEC 61439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61439-2, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and control gear assemblies*

IEC 61439-3, *Low-voltage switchgear and control gear assemblies – Part 3: Distribution boards intended to be operated by ordinary persons (DBO)*

IEC 61439-5, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 5: Assemblies for power distribution in public networks*

IEC 61439-6, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 6: Busbar trunking systems (busways)*

IEC TS 61439-7, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 7: Assemblies for specific applications such as marinas, camping sites, market squares, electric vehicles charging stations*

The following documents provide additional information regarding HV switchgears and control gear.

IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-100, *High-voltage switchgear and control gear – Part 100: Alternating current circuit-breakers*

IEC 62271-102, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC 62271-103, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-105, *High-voltage switchgear and controlgear - Part 105: Alternating current switch-fuse combinations for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and control gear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

IEC 62271-202, *High-voltage switchgear and control gear – Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation*

The following documents provide additional information regarding transformers.

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-3, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-8, *Power transformers – Part 8: Application guide*

IEC 60076-10, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60076-13, *Power transformers – Part 13: Self-protected liquid-filled transformers*

IEC 61558-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

EN 50541-1, *Three phase dry-type distribution transformers 50 Hz, from 100 kVA to 3 150 kVA, with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 1: General requirements*

The following documents provide additional information regarding cable and connectors.

IEC 60287-1-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

EN 50521, *Connectors for photovoltaic systems – Safety requirements and tests*

EN 50618, *Electric cables for photovoltaic systems*

UL 854, *Standard for Service-Entrance Cables*

UL 4703, *Outline of Investigation for Photovoltaic Wire*

The following documents provide additional information regarding electrical installation.

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-42, *Low-voltage electrical installations – Part 4-42: Protection for safety – Protection against thermal effects*

IEC 60364-4-43, *Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-4-44, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 60364-7-712, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 62103, *Electronic equipment for use in power installations (not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.)*

IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62446-1, *Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection*

IEC TS 62446-3, *Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 3: Photovoltaic modules and plants – Outdoor infrared thermography*

The following documents provide additional information regarding grid connection.

CLC/TS 50549-1, *Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks – Part 1: Connection to a LV distribution network above 16 A*

CLC/TS 50549-2, *Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks – Part 2: Connection to a MV distribution network*

EN 50160, *Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks*

EN 50438, *Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks*

EN 61727, *Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface*

IEEE P2030.1, *Guide for Electric-Sourced Transportation Infrastructure*

IEEE P2030.2, *Draft Guide for the Interoperability of Energy Storage Systems Integrated with the Electric Power Infrastructure*

IEEE P2030.3, *Standard for Test Procedures for Electric Energy Storage Equipment and Systems for Electric Power Systems Applications*

The following documents provide additional information regarding acoustic/Noise Level Measurement.

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*

The following documents provide additional information regarding EMC (Electromagnetic Compatibility).

IEC 61000-2-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*

IEC TR 61000-3-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC TR 61000-3-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC 61000-3-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection*

IEC 61000-3-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤ 75 A per phase*

IEC TR 61000-3-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-13: Limits – Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC TR 61000-3-14, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of disturbing installations to LV power systems*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-5: Generic standards – Immunity for equipment used in power station and substation environment*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	47
1 Domaine d'application	49
2 Références normatives	49
3 Termes, définitions, termes abrégés et symboles	49
3.1 Termes et définitions	49
3.2 Termes abrégés	50
3.3 Symboles	50
4 Classification des systèmes EES	51
4.1 Généralités	51
4.2 Catégorisation des applications des systèmes EES	51
4.3 Applications de Classe A	52
4.3.1 Régulation de la fréquence	52
4.3.2 Réduction des fluctuations	52
4.3.3 Régulation de la tension	52
4.4 Classe B – Ecrêtement/décalage des pointes	52
4.5 Classe C – Alimentation de secours	52
5 Paramètres unitaires	52
5.1 Généralités	52
5.1.1 Vue d'ensemble	52
5.1.2 Conditions d'environnement de référence	52
5.1.3 Conditions d'essai normalisées	53
5.1.4 Architecture type	54
5.2 Liste des paramètres unitaires	54
5.2.1 Capacité énergétique nominale	54
5.2.2 Puissance d'entrée et de sortie assignée	55
5.2.3 Rendement aller-retour	56
5.2.4 Durée de vie en service prévue	57
5.2.5 Réponse du système	57
5.2.6 Consommation énergétique auxiliaire	58
5.2.7 Autodécharge d'un système EES	59
5.2.8 Plage de tensions assignées	59
5.2.9 Plage de fréquences assignées	59
6 Méthodes et procédures d'essai	59
6.1 Généralités	59
6.2 Essais des paramètres	60
6.2.1 Essai de la capacité énergétique réelle	60
6.2.2 Essai de la puissance d'entrée et de sortie assignée	61
6.2.3 Essai du rendement aller-retour	62
6.2.4 Essai de la durée de vie en service prévue	63
6.2.5 Essai de la réponse du système (temps de réponse à un échelon et taux de rampe)	63
6.2.6 Essai de la consommation énergétique auxiliaire	67
6.2.7 Essai d'autodécharge d'un système EES	67
6.2.8 Essai des plages de tensions et de fréquences assignées	68
6.3 Essai de performances	69
6.3.1 Généralités	69

6.3.2	Essai de performances des applications de Classe A	69
6.3.3	Essai de performances des applications de Classe B	70
6.3.4	Essai de performances des applications de Classe C	70
6.4	Essai de mise en œuvre du système	71
6.4.1	Inspection visuelle	71
6.4.2	Continuité et validité des conducteurs	71
6.4.3	Essai de mise à la terre	71
6.4.4	Essai d'isolation.....	72
6.4.5	Essai des dispositifs de protection et de coupure.....	72
6.4.6	Essai de l'équipement et des fonctions de base	72
6.4.7	Essai de compatibilité du raccordement au réseau	73
6.4.8	Essai de l'énergie disponible	74
6.4.9	Essai d'immunité aux perturbations électromagnétiques	74
Annexe A (informative)	Cycles de service pour les essais de rendement	75
A.1	Généralités	75
A.2	Cycle de service des applications de Classe A.....	75
A.2.1	Généralités.....	75
A.2.2	Cycle de service	75
A.3	Cycle de service des applications de Classe B.....	75
A.3.1	Généralités.....	75
A.3.2	Cycle de service	76
Annexe B (informative)	Essai de réduction des fluctuations	77
B.1	Généralités	77
B.2	Essai de réduction des fluctuations.....	77
Annexe C (informative)	Méthode d'essai en opposition pour les systèmes EES	79
C.1	Essai en opposition sans interconnexion de réseaux.....	79
C.2	Essai en opposition avec interconnexion de réseaux.....	80
Bibliographie.....		81
Figure 1 – Exemple de classification des systèmes EES		51
Figure 2 – Architecture type d'un système EES.....		54
Figure 3 – Autre possibilité d'architecture d'un système EES		54
Figure 4 – Convention de signes pour la puissance active et la puissance réactive.....		56
Figure 5 – Temps de réponse à un échelon et taux de rampe d'un système EES		58
Figure 6 – Points d'essai types pour l'essai de la puissance apparente		62
Figure 7 – Essai de la réponse du système.....		66
Figure A.1 – Cycle de service des applications de Classe A		75
Figure A.2 – Cycle de service des applications de Classe B		76
Figure B.1 – Essai de stabilisation de la puissance		77
Figure B.2 – Rapport d'essai de stabilisation		78
Figure C.1 – Configuration d'essai en opposition (module EESS).....		79
Figure C.2 – Configuration d'essai en opposition (convertisseur alternatif/continu/alternatif)		80
Figure C.3 – Configuration d'essai en opposition (module EESS).....		80
Tableau 1 – Exemple de classification d'applications types non exclusives		51

Tableau 2 – Conditions d'environnement normales	53
Tableau 3 – Conditions d'essai normalisées.....	53
Tableau 4 – Format de rapport sur le rendement aller-retour	63
Tableau 5 – Eléments soumis à l'essai des performances.....	69

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (EES) –

Partie 2-1: Paramètres unitaires et méthodes d'essai –
Spécifications générales

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 62933-2-1 a été établie par le comité d'études 120 de l'IEC: Systèmes de stockage de l'énergie électrique.

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

FDIS	Rapport de vote
120/109/FDIS	120/115/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62933, publiées sous le titre général *Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

Le contenu du corrigendum de janvier 2019 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

SYSTÈMES DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (EES) –

Partie 2-1: Paramètres unitaires et méthodes d'essai – Spécifications générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62933 traite des paramètres unitaires et des méthodes d'essai des systèmes EES. Les dispositifs et technologies de stockage d'énergie ne relèvent pas du domaine d'application du présent document. Ce document porte sur les performances des systèmes EES et, dans cette perspective, définit:

- les paramètres unitaires;
- les méthodes d'essai.

2 Références normatives

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

IEC 60364-6, *Installations électriques à basse tension – Partie 6: Vérification*

IEC 61000-4-7, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

IEC 61400-21, *Eoliennes – Partie 21: Mesurage et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau*

IEC TR 61850-90-7, *Communication networks and systems for power utility automation – Part 90-7: Object models for power converters in distributed energy resources (DER) systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 62933-1¹, *Systèmes de stockage de l'énergie électrique (EES) – Partie 1: Vocabulaire*

3 Termes, définitions, termes abrégés et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 62933-1 s'appliquent.

¹ À l'étude. Stade au moment de la publication: IEC FDIS 62933-1:2017

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

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

3.2 Termes abrégés

CAES (compressed air energy storage)	stockage d'énergie par air comprimé
CB (circuit breaker)	disjoncteur
DLC (double layer capacitor)	condensateur à double couche
EES (electrical energy storage)	stockage de l'énergie électrique
FES (flywheel energy storage)	stockage d'énergie par volant d'inertie
NaS	sodium-soufre
NiCd	nickel-cadmium
NiMH	nickel-hydrure métallique
PHS (pumped hydro storage)	pompage-turbinage
POC (point of connection)	point de connexion
SMES (superconducting magnetic energy storage)	stockage d'énergie magnétique supraconductrice
GNS	gaz naturel synthétique
SOC (state of charge)	état de charge

3.3 Symboles

η_{rt}	rendement aller-retour
E_o	énergie de sortie totale mesurée au POC
E_l	énergie d'entrée totale mesurée au POC
E_{aux_o}	consommation énergétique du sous-système auxiliaire mesurée au POC auxiliaire pendant l'opération de sortie
E_{aux_l}	consommation énergétique du sous-système auxiliaire mesurée au POC auxiliaire pendant l'opération d'entrée
RR	taux de rampe
SRT	temps de réponse à un échelon
P	puissance active
Q	puissance réactive
S	puissance apparente
U	tension
I	courant
P_{aux}	consommation énergétique auxiliaire

4 Classification des systèmes EES

4.1 Généralités

L'approche généralement utilisée pour classer les systèmes EES consiste à s'appuyer sur la forme d'énergie utilisée. La Figure 1 donne un exemple de classification des systèmes EES en fonction de la forme d'énergie utilisée. Les types de systèmes EES suivants sont distingués: systèmes de stockage de l'énergie mécaniques, électrochimiques, chimiques, électriques et thermiques.

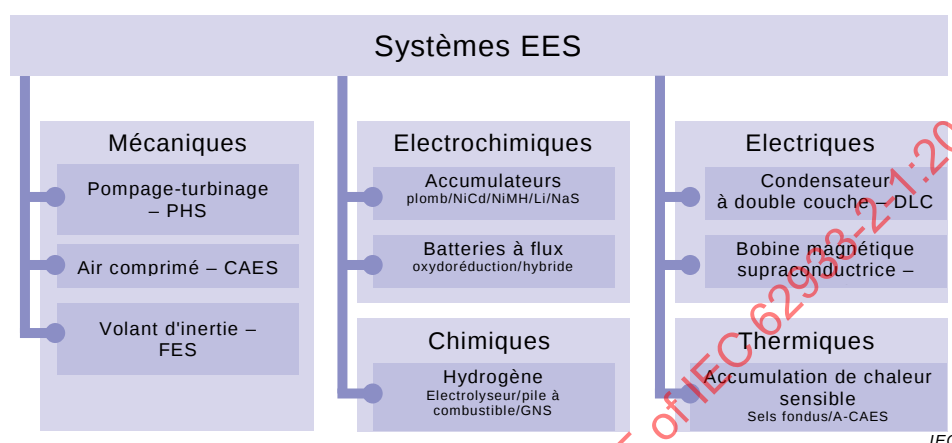


Figure 1 – Exemple de classification des systèmes EES

4.2 Catégorisation des applications des systèmes EES

L'application et l'utilisation d'un système EES diffèrent en fonction de son objectif et de son emplacement. Les applications d'un système EES peuvent être regroupées en trois classes. Le Tableau 1 donne cinq exemples d'applications. Les trois classes présentées dans le Tableau 1 sont les suivantes:

- a) Classe A: application de courte durée nécessitant que le système EES reçoive/émette la puissance exigée sur un cycle de service pendant une courte période de temps (par exemple, le système EES est chargé et déchargé en moins d'1 h);
- a) Classe B: application de longue durée nécessitant que le système EES reçoive/émette la puissance exigée sur un cycle de service pendant une longue période de temps (par exemple, le système EES est chargé et déchargé en plus d'1 h);
- b) Classe C: le système EES est utilisé pour alimenter des réseaux électriques en courant alternatif en cas d'urgence, sans recourir à une source de courant externe.

Un même système EES peut être utilisé pour des applications de classes différentes.

Tableau 1 – Exemple de classification d'applications types non exclusives

Classification	Classe A (courte durée)	Classe B (longue durée)	Classe C (secours)
Applications types	Régulation de la fréquence Réduction des fluctuations Régulation de la tension	Ecrêtement/décalage des pointes	Alimentation de secours

4.3 Applications de Classe A

4.3.1 Régulation de la fréquence

Le système EES prend en charge la stabilisation de la fréquence du réseau en utilisant la puissance active.

4.3.2 Réduction des fluctuations

Le système EES stabilise une alimentation électrique fluctuante ou une charge fluctuante.

4.3.3 Régulation de la tension

Le système EES stabilise la tension d'un réseau électrique en utilisant la puissance active et réactive.

4.4 Classe B – Ecrêtement/décalage des pointes

Le système EES dispose d'une fonction permettant d'utiliser l'énergie stockée pour couvrir la pointe de charge ou d'une fonction de stockage du surplus d'énergie générée. Le système EES peut ainsi améliorer l'efficacité opérationnelle des lignes de transmission et de distribution.

4.5 Classe C – Alimentation de secours

Le système EES dispose d'une fonction permettant d'alimenter en courant alternatif les réseaux électriques et miniréseaux installés afin de faire fonctionner des systèmes d'importance stratégique sur une durée déterminée, conformément aux spécifications du système. Le système EES peut ainsi réduire le risque de coupures majeures.

5 Paramètres unitaires

5.1 Généralités

5.1.1 Vue d'ensemble

Les paramètres suivants doivent être spécifiés à titre de paramètres communs de base afin de garantir les capacités et les performances du système EES:

- capacité énergétique nominale (Wh);
- puissance d'entrée et de sortie assignée (W, var, VA);
- rendement aller-retour (%);
- durée de vie en service prévue (années, cycles de service);
- réponse du système (temps de réponse à un échelon (s) et taux de rampe (W/s));
- consommation énergétique auxiliaire (W);
- autodécharge d'un système EES (Wh/h);
- plage de tensions (V);
- plage de fréquences (Hz).

Chaque paramètre défini dans le présent document doit être mesuré et évalué au POC.

5.1.2 Conditions d'environnement de référence

Le système EES doit être utilisé dans les conditions indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions d'environnement normales

		Installation en intérieur	Installation en extérieur
Température ambiante	Limite supérieure	$\leq 40\text{ °C}$	$\leq 40\text{ °C}$
	Moyenne sur 24 h	$\leq 35\text{ °C}$	$\leq 35\text{ °C}$
	une catégorie:	- 5 à l'intérieur: $\geq -5\text{ °C}$	- 10 à l'extérieur: $\geq -10\text{ °C}$
	ou	- 15 à l'intérieur: $\geq -15\text{ °C}$	- 25 à l'extérieur: $\geq -25\text{ °C}$
	ou	- 25 à l'intérieur: $\geq -25\text{ °C}$	- 40 à l'extérieur: $\geq -40\text{ °C}$
Rayonnement solaire (par temps clair, à midi)		Négligeable	$\leq 1\,000\text{ W/m}^{\text{a b}}$
Altitude		$\leq 1\,000\text{ m}$	$\leq 1\,000\text{ m}$
Humidité relative: Moyenne sur 24 h		$\leq 95\text{ \% }^{\text{b}}$	
Condensation, précipitations			^c
^a L'IEC 60721-2-4 contient des informations précises sur le rayonnement solaire global. Les rayonnements ultraviolets (UV) peuvent endommager certains matériaux synthétiques; pour plus d'informations, se référer à l'IEC 60068. ^b Dans ces conditions, un phénomène de condensation peut se produire occasionnellement. Ce phénomène est susceptible d'être observé en cas de variations soudaines des températures au cours de périodes de forte humidité. Afin de prévenir toute détérioration de l'isolation et toute corrosion des pièces métalliques dues à la forte humidité et à la condensation, il convient d'utiliser des équipements conçus pour supporter de telles conditions et qui aient été soumis à l'essai en conséquence. La condensation peut être prévenue au moyen d'une conception spécifique du bâtiment ou du boîtier, d'un système d'aération et de chauffage adapté, ou encore d'un équipement de déshumidification. ^c Il convient de tenir compte de toutes les formes de précipitations, que ce soit sous forme de rosée, de condensation, de brouillard, de pluie, de neige, de glace ou de gelée blanche. Les caractéristiques de l'isolation relatives aux précipitations sont décrites dans l'IEC 60060-1 et dans l'IEC 60071-1. Pour les autres propriétés, les caractéristiques relatives aux précipitations sont décrites dans l'IEC 60721-2-2.			

Lorsque le système EES est prévu pour être utilisé dans des conditions différentes des conditions d'environnement normales indiquées dans le Tableau 2, cela doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur. Pour chaque essai décrit dans le présent document, le fournisseur du système doit consigner les conditions d'environnement suivantes:

- a) température ambiante;
- b) altitude;
- c) humidité relative/condensation et précipitations (ces dernières n'étant nécessaires que pour les équipements d'extérieur);
- d) pression atmosphérique.

5.1.3 Conditions d'essai normalisées

Le système EES doit être soumis à essai dans les conditions indiquées dans le Tableau 3. Cependant, si le système ne peut pas être soumis à essai dans les conditions d'essai normalisées, il est admis de convertir les résultats d'essai pour obtenir leur équivalent dans les conditions d'essai normalisées.

Tableau 3 – Conditions d'essai normalisées

Caractéristique	Conditions
Température ambiante	25 °C
Altitude	$\leq 1\,000\text{ m}$
Humidité	$\leq 95\text{ \%}$ sans condensation

5.1.4 Architecture type

La Figure 2 représente l'architecture type d'un système EES. La limite entre le système EES et le système d'alimentation électrique est appelée POC. Chaque paramètre défini dans le présent document doit être mesuré au POC.

La Figure 2 et la Figure 3 sont des exemples d'architectures.

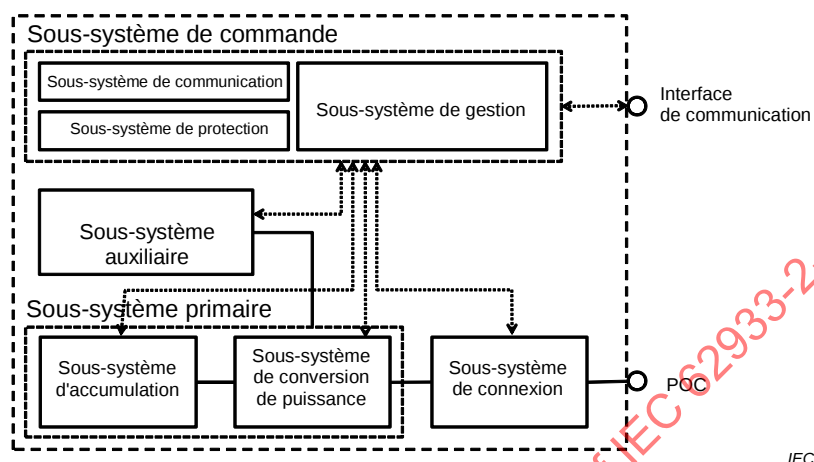


Figure 2 – Architecture type d'un système EES

La Figure 3 présente une autre possibilité d'architecture de système EES, dans laquelle le sous-système auxiliaire est alimenté par une autre ligne.

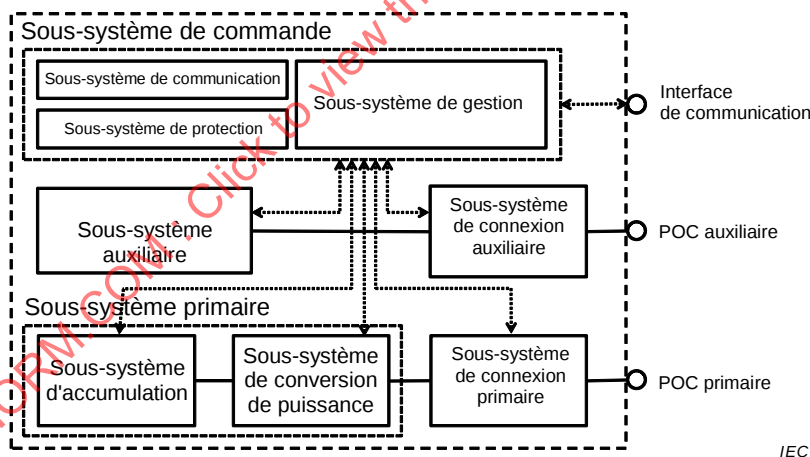


Figure 3 – Autre possibilité d'architecture d'un système EES

5.2 Liste des paramètres unitaires

5.2.1 Capacité énergétique nominale

La capacité énergétique nominale est l'énergie qui peut être produite par le système au POC dans les conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3. La capacité énergétique doit être évaluée en tenant compte des pertes d'énergie, notamment les pertes liées à la conversion et l'énergie utilisée pour le sous-système auxiliaire. La capacité énergétique doit être définie comme le produit de la puissance de sortie assignée et de la durée de l'opération de sortie à cette puissance assignée. La capacité énergétique définie pour un système EES doit être exprimée en wattheure (Wh).

5.2.2 Puissance d'entrée et de sortie assignée

5.2.2.1 Généralités

La puissance d'entrée et de sortie correspond à la puissance qu'un système EES peut absorber ou fournir pendant une durée spécifiée, au POC, dans les conditions d'environnement de référence spécifiées au 5.1.3. La puissance d'entrée assignée et la puissance de sortie assignée doivent être spécifiées, de même que la durée de l'opération d'entrée ou de sortie.

La puissance d'entrée et de sortie se divise en trois catégories: la puissance active (P), la puissance réactive (Q) et la puissance apparente (S); les paramètres exigés parmi ces trois possibilités doivent être spécifiés en fonction des applications. Les unités de puissance active, puissance réactive et puissance apparente définies sont respectivement le watt (W), le voltampère réactif (var) et le voltampère (VA).

5.2.2.2 Puissance active

La puissance active d'entrée assignée du système EES est la valeur maximale de puissance qui peut être reçue en entrée en continu pendant une durée spécifiée, au POC, à partir de la limite d'état de charge la plus basse. La puissance active d'entrée doit être exprimée avec un signe négatif (voir Figure 4) conformément à l'IEC 62933-1 et à l'IEC TR 61850-90-7.

La puissance active de sortie assignée du système EES est la valeur maximale de puissance qui peut être émise en sortie pendant une durée spécifiée, au POC, à partir du niveau d'énergie total disponible. La puissance active de sortie doit être exprimée avec un signe positif (voir Figure 4) conformément à l'IEC 62933-1 et à l'IEC TR 61850-90-7.

Le système EES peut être utilisé pour différents types d'applications, lesquels sont indiqués dans le Tableau 1. Différents types de caractéristiques d'entrée et de sortie sont exigés en fonction des applications. Par conséquent, il convient de définir la valeur assignée de la puissance d'entrée, la valeur assignée de la puissance de sortie et la période d'entrée et de sortie durant laquelle le système EES peut absorber ou émettre une puissance constante, en fonction de l'application.

Des paramètres de performance spécifiques relatifs à l'absorption et à l'émission de puissance peuvent être ajoutés, selon le besoin, pour des applications spécifiques. Par exemple: une puissance d'entrée et de sortie de courte durée. La puissance d'entrée de courte durée est la puissance maximale que le système EES peut recevoir au POC pendant une durée spécifiée, généralement inférieure à 5 min. La puissance de sortie de courte durée est la puissance maximale que le système EES peut émettre au POC pendant une durée spécifiée, généralement inférieure à 5 min. Les conditions spécifiques, telles que la durée de réception ou d'émission, doivent être spécifiées par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

5.2.2.3 Puissance réactive

La puissance réactive assignée du système EES est la valeur maximale de puissance réactive constante qui peut être produite ou reçue en continu au POC.

La convention de signes utilisée pour la puissance réactive est représentée à la Figure 4 conformément à l'IEC 62933-1 et à l'IEC TR 61850-90-7.

5.2.2.4 Puissance apparente

La puissance apparente est la valeur absolue combinant la puissance active et la puissance réactive au POC, comme représenté à la Figure 4.

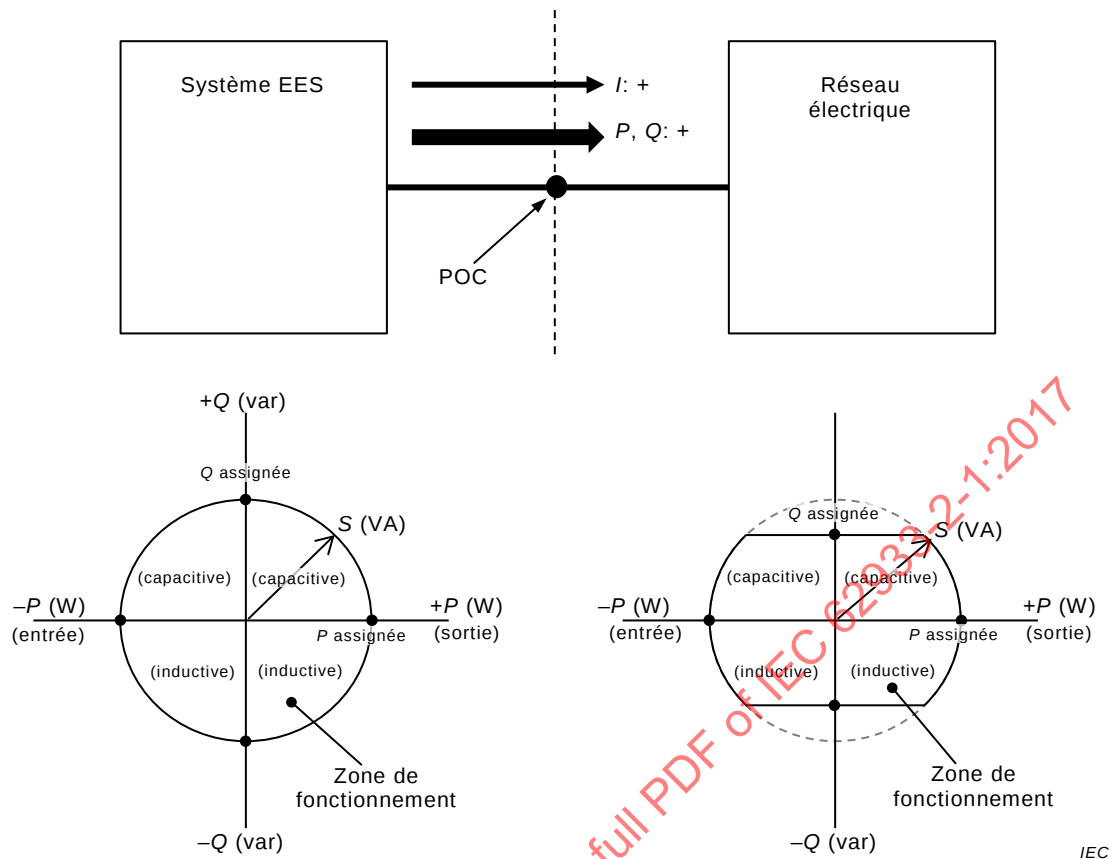


Figure 4 – Convention de signes pour la puissance active et la puissance réactive

NOTE L'objet de la Figure 4 est de définir la convention de signes utilisée pour la puissance active et la puissance réactive. Les caractéristiques P et Q du système EES, décrites dans la Figure 4, en sont un exemple, avec les mêmes valeurs assignées pour la charge et la décharge.

5.2.3 Rendement aller-retour

Le rendement aller-retour est le rapport entre l'énergie de sortie totale et l'énergie d'entrée totale sur un cycle de charge/décharge à la puissance d'entrée et de sortie assignée. Il convient de l'évaluer en fonction du rendement énergétique du cycle, ce qui revient à charger le système à partir du niveau d'énergie disponible minimal jusqu'au niveau d'énergie disponible total, puis à le décharger jusqu'au niveau d'énergie disponible minimal. Le rendement aller-retour dépend de la capacité énergétique réelle, de la puissance active d'entrée assignée, de la puissance active de sortie assignée, de la consommation électrique du sous-système auxiliaire et des conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3.

Le rendement aller-retour (η_{rt}) doit être défini à l'aide de la formule ci-dessous.

Pour la Figure 2:

$$\eta_{rt} = \frac{E_o}{E_l} \quad (1)$$

Pour la Figure 3:

$$\eta_{rt} = \frac{E_o - E_{aux_o}}{E_l + E_{aux_l}} \quad (2)$$

où:

- E_o est l'énergie de sortie totale mesurée au POC (primaire), compte tenu des pertes d'énergie, notamment les pertes liées à la conversion et l'énergie utilisée pour le sous-système auxiliaire (voir Figure 2);
- E_i est l'énergie d'entrée totale mesurée au POC (primaire);
- E_{aux_o} est la consommation énergétique du sous-système auxiliaire mesurée au POC auxiliaire pendant l'opération de sortie (voir Figure 3);
- E_{aux_i} est la consommation énergétique du sous-système auxiliaire mesurée au POC auxiliaire pendant l'opération d'entrée (voir Figure 3).

5.2.4 Durée de vie en service prévue

La durée de vie en service prévue du système EES se définit comme le moment à partir duquel, l'un des phénomènes d'altération suivants s'étant produit, le système EES n'est plus conforme aux spécifications applicables. Il convient d'utiliser les valeurs de fin de durée de vie en service précisées dans les spécifications comme critères de performance, comme indiqué ci-dessous, de telle manière que le système EES puisse se conformer aux spécifications.

- La capacité énergétique actuelle du système EES à la puissance nominale descend en dessous de la valeur de fin de durée de vie en service.
- La puissance d'entrée et de sortie pendant la charge et la décharge du système pour une durée spécifiée est inférieure aux valeurs de fin de durée de vie en service.
- La réponse du système est détériorée par rapport aux valeurs de fin de durée de vie en service.

Compte tenu de ces points, la caractéristique de dégradation due au vieillissement et les cycles de charge et de décharge doivent être considérés comme faisant partie des données de performance importantes pour évaluer la durée de vie en service prévue du système EES. En particulier, il convient de calculer la capacité énergétique initiale réelle du système EES lors de l'étape de planification, en tenant compte des caractéristiques de dégradation de la capacité énergétique en fonction des applications du système EES, et ce afin de respecter la durée de vie en service requise du système EES.

NOTE Dans certains cas, les valeurs de fin de durée de vie en service peuvent être considérées comme des valeurs assignées.

5.2.5 Réponse du système

5.2.5.1 Temps de réponse à un échelon

Le temps de réponse à un échelon du système EES est la durée de l'intervalle entre l'instant T_0 , qui correspond au moment auquel le système EES en mode veille reçoit le point de consigne ou bien au moment auquel le paramètre du réseau varie de telle sorte qu'une réponse de la part du système est déclenchée, et l'instant T_3 , qui correspond au moment auquel la puissance active au POC atteint le point de consigne $\pm 2\%$. Ce temps de réponse à un échelon est représenté à la Figure 5. La définition de T_0 doit être convenue entre le fournisseur du système et l'utilisateur. Le point de consigne de référence permettant de définir le temps de réponse à un échelon correspond à la puissance d'entrée/de sortie assignée.

Si le système dispose d'une valeur assignée pour la puissance réactive, alors le temps de réponse à un échelon doit également faire l'objet d'essais:

- à la puissance réactive d'entrée/de sortie assignée;
- à la puissance apparente d'entrée/de sortie assignée (avec un rapport de puissance active/réactive différent);
- à d'autres points de consigne correspondant à des puissances inférieures à la puissance assignée.

NOTE En général, le temps de réponse de la puissance réactive est couvert par le temps de réponse de la puissance active, car la réponse de la puissance réactive est plus rapide que la réponse de la puissance active.

5.2.5.2 Taux de rampe

Le taux de rampe du système EES correspond au taux moyen de variation de la puissance active par unité de temps entre T_2 et T_1 , comme indiqué sur la Figure 5. T_1 est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 10 % de la valeur du point de consigne. T_2 est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 90 % de la valeur du point de consigne. Le point de consigne de référence permettant de déterminer le taux de rampe pendant la charge et la décharge correspond à la puissance d'entrée et de sortie assignée. S'il est exigé de tenir compte des caractéristiques non linéaires ou du comportement de transition pendant le changement de mode, par exemple charge-décharge-charge, la définition du taux de rampe doit être spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

$$RR = \frac{P(T_2) - P(T_1)}{T_2 - T_1} \text{ (W/s)} \quad (3)$$

Si le système dispose d'une valeur assignée pour la puissance réactive, alors le taux de rampe doit également faire l'objet d'essais:

- à la puissance réactive d'entrée/de sortie assignée;
- à la puissance apparente d'entrée/de sortie assignée (avec un rapport de puissance active/réactive différent);
- à d'autres points de consigne correspondant à des puissances inférieures à la puissance assignée.

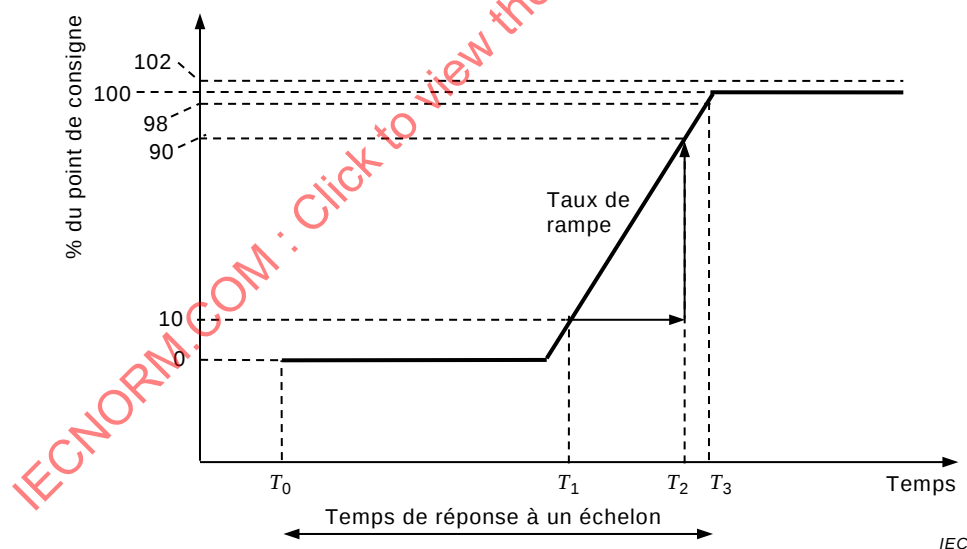


Figure 5 – Temps de réponse à un échelon et taux de rampe d'un système EES

5.2.6 Consommation énergétique auxiliaire

La consommation énergétique auxiliaire correspond à la puissance nécessaire pour faire fonctionner le sous-système auxiliaire. L'unité définie doit être le watt (W).

La consommation énergétique auxiliaire doit être mesurée ou estimée en conservant les paramètres du sous-système de conversion de puissance aux valeurs indiquées dans les cinq scénarios suivants:

- puissance active de 0 W et puissance réactive de 0 var;

- b) puissance active de sortie assignée;
- c) puissance active d'entrée assignée;
- d) puissance réactive de sortie assignée (si le système dispose d'une valeur assignée de puissance réactive);
- e) puissance réactive d'entrée assignée (si le système dispose d'une valeur assignée de puissance réactive).

Si le sous-système auxiliaire est alimenté via le POC auxiliaire (Figure 3), la consommation énergétique auxiliaire doit être mesurée comme la puissance d'entrée au POC auxiliaire.

La consommation énergétique auxiliaire doit être évaluée dans les conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3.

5.2.7 Autodécharge d'un système EES

L'autodécharge d'un système EES est la perte d'énergie du système EES à l'état d'arrêt pendant la période de mesure normalisée. La période de mesure normalisée de l'autodécharge d'un système EES correspond à une heure, une journée ou une semaine. La consommation énergétique du sous-système auxiliaire ne doit pas être prise en compte. L'unité doit être le wattheure par heure (Wh/h).

5.2.8 Plage de tensions assignées

La plage de tensions assignées correspond à la plage des valeurs de tension au POC à travers lequel le système EES peut être relié au réseau.

La tension nominale de fonctionnement au POC est comprise entre $U_{\min}$ et $U_{\max}$.

5.2.9 Plage de fréquences assignées

La plage de fréquences assignées correspond à la plage des valeurs de fréquence au POC à travers lequel le système EES peut être relié au réseau.

La fréquence nominale de fonctionnement au POC est comprise entre $f_{\min}$ et $f_{\max}$.

6 Méthodes et procédures d'essai

6.1 Généralités

Selon l'Article 6, les éléments soumis à essai et les procédures d'essai doivent permettre d'évaluer la capacité du système EES à respecter les exigences de sécurité, de fiabilité, de performance, de fonctionnement et d'interconnexion avec d'autres systèmes.

Au cours de l'essai des paramètres unitaires, les éléments soumis à essai et les procédures d'essai doivent permettre de mesurer et d'évaluer les caractéristiques et les performances de base du système EES. Chaque système EES doit être soumis à l'essai obligatoire des paramètres unitaires.

Au cours de l'essai de performances, les éléments soumis à essai et les procédures d'essai doivent permettre de mesurer et d'évaluer la capacité du système EES à assurer un service de réseau pour chaque classe d'application.

Au cours de l'essai de mise en œuvre du système, les éléments généraux soumis à l'essai de mise en service et les procédures d'essai correspondantes doivent permettre de confirmer la conformité du système, l'essai des paramètres unitaires et l'essai de performances étant exclus.

Il convient de mesurer et d'évaluer les caractéristiques et les performances du système EES complet au POC.

S'il n'est pas physiquement possible de soumettre le système EES complet à l'essai (par exemple dans le cas de systèmes EES complexes et volumineux), il convient de valider les essais sur la base des résultats d'essai obtenus sur chaque module du système EES. Le cas échéant, la configuration, les conditions et les procédures d'essai doivent être calquées sur les procédures d'essai des paramètres unitaires pour chaque module du système EES.

Si l'essai ne peut pas être effectué lorsque le système EES est relié au réseau en raison de restrictions liées à des problèmes de stabilité du réseau ou d'alimentation, il convient d'effectuer l'essai avec un simulateur de réseau sur une installation d'essai ou bien d'employer la méthode d'essai en opposition (voir Annexe C), sur la base de l'accord convenu entre le fournisseur du système et l'utilisateur. Il convient de n'utiliser un simulateur de réseau que si ce dernier a fait l'objet d'une validation confirmant qu'il reproduit bien les caractéristiques du réseau.

6.2 Essais des paramètres

6.2.1 Essai de la capacité énergétique réelle

La capacité énergétique réelle du système EES doit être soumise à essai à la puissance assignée, dans les conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3, mais aussi à une puissance d'entrée de courte durée si ce paramètre est exigé, à des valeurs différentes de la puissance assignée. La capacité énergétique doit être évaluée comme le produit de la puissance de sortie assignée et de la durée de l'opération de sortie. Les valeurs de puissance de sortie du système EES doivent être obtenues au POC, en plaçant des mesureurs de puissance au POC et aux points d'alimentation auxiliaires (si le système auxiliaire est alimenté par un poste électrique, voir Figure 3). L'essai doit être effectué comme suit, et la capacité énergétique réelle doit être calculée à l'aide de la formule ci-dessous; elle sera comparée à la capacité énergétique nominale.

- Le système EES doit être déchargé à son niveau d'énergie disponible minimal conformément aux spécifications du système et aux instructions d'utilisation.
- Le système EES doit être chargé à son niveau d'énergie disponible total à la puissance d'entrée assignée conformément aux spécifications du système et aux instructions d'utilisation.
- Le système EES doit être déchargé à la puissance assignée conformément aux spécifications du système et aux instructions d'utilisation. Le système doit être déchargé à son niveau d'énergie disponible minimal conformément aux spécifications du système et aux instructions d'utilisation (y compris les temps de repos nécessaires entre les opérations d'entrée et de sortie de puissance). La puissance de sortie constante, le temps de sortie et la consommation énergétique du sous-système auxiliaire doivent être mesurés et consignés pendant l'opération de sortie. La capacité énergétique réelle est calculée comme suit:

$$E_o = \sum_{i=1}^n P_{O_i} \times \Delta t \quad (4)$$

où:

E_o est l'énergie de sortie totale calculée au POC (Wh);

P_{O_i} est la puissance de sortie active à l'instant i , mesurée au POC (W);

Δt est le temps d'échantillonnage de la mesure (h);

n est le temps de décharge (h).

Si le sous-système auxiliaire est alimenté par une autre ligne (voir Figure 3), la capacité énergétique réelle est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$E_o = \sum_{i=1}^n P_{O_i} \times \Delta t - E_{aux_o} \quad (5)$$

où:

- E_o est l'énergie de sortie totale calculée au POC (Wh);
 P_{O_i} est la puissance de sortie active à l'instant i , mesurée au POC (W);
 Δt est le temps d'échantillonnage de la mesure (h);
 E_{aux_o} est la consommation énergétique du sous-système auxiliaire mesurée au POC auxiliaire pendant l'opération de sortie (Wh);
 n est le temps de décharge (h).

NOTE La capacité énergétique réelle à l'étape initiale est supérieure à la capacité énergétique nominale.

6.2.2 Essai de la puissance d'entrée et de sortie assignée

6.2.2.1 Généralités

L'essai de la puissance d'entrée et de sortie du système EES doit être effectué pour confirmer qu'une puissance assignée constante peut être reçue par le système EES et émise par lui, respectivement, pendant une durée spécifiée, au POC. Ces essais doivent être effectués en utilisant la procédure d'essai de la capacité énergétique réelle décrite au 6.2.1, comme indiqué ci-dessous, ainsi que les niveaux d'énergie disponibles spécifiés selon le besoin. Pour l'ensemble des mesures de puissance d'entrée et de sortie, la tolérance doit correspondre à ± 2 % de la puissance assignée.

6.2.2.2 Essai de la puissance active

a) Essai de la puissance active d'entrée

Il doit être confirmé que le système EES peut absorber (ou être chargé à) une puissance constante pendant une durée spécifiée, au POC, conformément à la procédure suivante. La puissance active d'entrée assignée du système EES doit être appliquée à titre de valeur de puissance constante dans le cadre de cet essai.

- 1) A l'étape b) de l'essai de la capacité énergétique réelle décrit au 6.2.1, la puissance assignée est injectée dans le système EES.
- 2) La puissance d'entrée et le temps de charge doivent être mesurés.
- 3) Les valeurs mesurées pour la puissance active d'entrée et pour le temps de charge doivent être comparées aux paramètres unitaires spécifiés.

b) Essai de la puissance active de sortie

Il doit être confirmé que le système EES peut émettre une puissance constante pendant une durée spécifiée, au POC, conformément à la procédure suivante. La puissance active de sortie assignée du système EES doit être appliquée à titre de valeur de puissance constante dans le cadre de cet essai.

- 1) A l'étape c) de l'essai de la capacité énergétique réelle décrit au 6.2.1, la puissance assignée est émise par le système EES à une valeur constante.
- 2) La puissance de sortie et le temps de décharge doivent être mesurés.
- 3) Les valeurs mesurées pour la puissance de sortie et pour le temps de décharge doivent être comparées aux paramètres unitaires spécifiés.

Si un intervalle de temps est nécessaire entre les scénarios d'essai a) et b), il doit être mesuré et consigné.

6.2.2.3 Essai de la puissance réactive

Si le système dispose d'une valeur assignée pour la puissance réactive, alors l'essai de la puissance réactive doit être réalisé comme suit:

- Le point de consigne de la puissance active du système doit être défini à 0.
- Le point de consigne de la puissance réactive doit être défini sur la puissance réactive assignée positive et maintenu pendant 1 min. La puissance réactive au POC doit ensuite être mesurée.
- Le point de consigne de la puissance réactive doit être défini sur la puissance réactive assignée négative et maintenu pendant 1 min. La puissance réactive au POC doit ensuite être mesurée.

6.2.2.4 Essai de la puissance apparente

Si le système dispose d'une valeur assignée pour la puissance réactive, alors l'essai de la puissance apparente doit être réalisé comme suit.

La puissance apparente peut être confirmée à l'aide des résultats des essais de la puissance active et réactive au POC. Les scénarios d'essai à la puissance active assignée et à la puissance réactive assignée peuvent être considérés comme des scénarios types pour l'essai de la puissance apparente. Par exemple, les points 1, 2, 3 et 4 de la Figure 6 sont des points d'essai types.

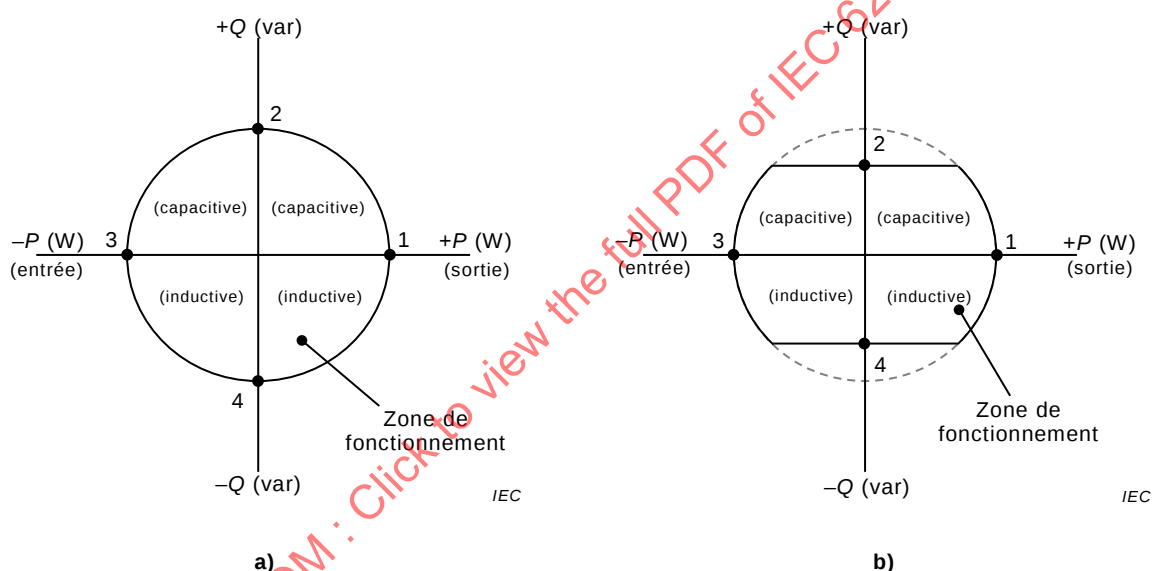


Figure 6 – Points d'essai types pour l'essai de la puissance apparente

6.2.3 Essai du rendement aller-retour

L'essai du rendement aller-retour doit être effectué afin d'évaluer la quantité d'énergie en sortie que le système EES peut produire en fonction de la quantité d'énergie en entrée reçue par le système EES au cours de la charge et de la décharge précédentes, dans les conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3.

Cet essai doit être effectué en appliquant la procédure d'essai de la capacité énergétique, et le cycle appliqué doit émettre la quantité d'énergie au POC totale correspondant à la capacité énergétique du système.

Le rendement aller-retour du système EES doit faire l'objet d'un essai conformément aux procédures d'essai a) à c) du 6.2.1. Cet essai doit être réalisé à la puissance active d'entrée assignée et à la puissance active de sortie assignée.

Le rendement aller-retour η_{rt} doit être déterminé conformément aux Formules (1) et (2) définies au 5.2.3 pour N cycles (au moins deux) en fonction des données obtenues à partir des deux essais menés conformément aux dispositions du 6.2.1, en tenant compte de la

consommation énergétique auxiliaire potentielle aux POC auxiliaires pendant les périodes de veille et d'arrêt.

Le rendement aller-retour doit faire l'objet d'un rapport conforme au modèle donné dans le Tableau 4. Si un essai supplémentaire est effectué au-delà des deux cycles minimum exigés, une ligne supplémentaire doit être ajoutée au Tableau 4. Les valeurs moyennes doivent être calculées pour chaque valeur mesurée, et le rendement aller-retour doit être consigné en fonction de ces moyennes.

Tableau 4 – Format de rapport sur le rendement aller-retour

	E_o (Wh)	E_i (Wh)	E_{aux_i} (Wh)	E_{aux_o} (Wh)	Rendement aller-retour η_{rt} (%)
Essai 1					
Essai 2					
Moyenne					

6.2.4 Essai de la durée de vie en service prévue

Comme décrit au 5.2.4, la caractéristique de dégradation due au vieillissement ou encore les cycles de charge et de décharge du système EES en fonction de la capacité énergétique, de la puissance d'entrée et de sortie pendant la charge et la décharge et du temps de réponse du système sont utilisés à titre de données de performance afin d'estimer la durée de vie en service du système EES.

La caractéristique de dégradation dépend de conditions de fonctionnement complexes, par exemple les applications du système EES, la température et la pression de fonctionnement, etc. Par conséquent, l'essai de la durée de vie en service prévue du système EES n'est pas défini ni normalisé, mais il convient de préciser les valeurs de fin de durée de vie en service décrites au 5.2.4 et nécessaires pour déterminer la durée de vie en service prévue du système EES, dans la spécification.

Il convient que le fournisseur du système communique les données de performance et de dégradation initiales permettant d'estimer la durée de vie en service du système EES comme décrit au 5.2.4 et dans le présent article.

6.2.5 Essai de la réponse du système (temps de réponse à un échelon et taux de rampe)

Le temps de réponse du système EES doit être mesuré conformément au 5.2.5 et à la procédure ci-dessous. Le système EES doit absorber ou émettre la puissance active conformément au point de consigne qui indique la puissance d'entrée/de sortie assignée. Le point de consigne et la puissance d'entrée/de sortie au POC doivent être consignés au moyen d'un système d'acquisition des données, à intervalles réguliers et selon la résolution temporelle appropriée.

- Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son énergie disponible.
- Le point de consigne doit être zéro. La valeur du point de consigne doit être maintenue jusqu'à ce que la puissance en sortie atteigne (0 ± 2) % de la puissance d'entrée assignée.
- Le point de consigne doit être modifié et défini sur la puissance d'entrée assignée. La valeur du point de consigne doit être maintenue jusqu'à ce que la puissance active au POC atteigne ± 2 % de la plage de puissance d'entrée assignée. Le temps de réponse à un échelon et le taux de rampe pour l'étape c) doivent être consignés sous les dénominations SRT_1 et RR_1 respectivement.
- Le point de consigne doit être modifié et défini sur zéro. La valeur du point de consigne doit être maintenue jusqu'à ce que la puissance active au POC atteigne (0 ± 2) % de la

puissance d'entrée assignée. Le temps de réponse à un échelon et le taux de rampe pour l'étape d) doivent être consignés sous les dénominations SRT_2 et RR_2 respectivement.

- e) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son énergie disponible, ou de la capacité spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
- f) Le point de consigne doit être modifié et défini sur la puissance de sortie assignée. La valeur du point de consigne doit être maintenue jusqu'à ce que la puissance active au POC atteigne ± 2 % de la plage de puissance de sortie assignée. Le temps de réponse à un échelon et le taux de rampe pour l'étape f) doivent être consignés sous les dénominations SRT_3 et RR_3 respectivement.
- g) Le point de consigne doit être zéro. La valeur du point de consigne doit être maintenue jusqu'à ce que la puissance active au POC atteigne (0 ± 2) % de la puissance d'entrée assignée. Le temps de réponse à un échelon et le taux de rampe pour l'étape g) doivent être consignés sous les dénominations SRT_4 et RR_4 respectivement.

La Figure 7a) représente la procédure décrite aux étapes b) à g), l'étape a) étant exclue. La Figure 7b) représente l'étape c), la Figure 7c) représente l'étape d), la Figure 7d) représente l'étape f) et la Figure 7e) représente l'étape g).

Comme décrit au 5.2.5 et représenté à la Figure 7b), le taux de rampe RR_1 du système EES correspond au rapport entre la valeur de la puissance active à l'instant T_{2b} moins la valeur de la puissance active à l'instant T_{1b} , d'une part, et l'intervalle de temps entre T_{2b} et T_{1b} , d'autre part. Le temps de réponse à un échelon SRT_1 correspond à l'intervalle entre l'instant T_{3b} et l'instant T_{0b} . T_{0b} est le moment auquel le système EES reçoit la valeur du point de consigne. T_{1b} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 10 % de la puissance d'entrée assignée. T_{2b} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 90 % de la puissance d'entrée assignée. T_{3b} est le moment auquel la puissance active au POC atteint ± 2 % de la plage de puissance d'entrée assignée au voisinage de la valeur cible.

Comme décrit au 5.2.5 et représenté à la Figure 7c), le taux de rampe RR_2 du système EES correspond au rapport entre la valeur de la puissance active à l'instant initial T_{2c} moins la valeur de la puissance active à l'instant T_{1c} , d'une part, et l'intervalle de temps entre T_{2c} et T_{1c} , d'autre part. Le temps de réponse à un échelon SRT_2 correspond à l'intervalle entre l'instant T_{3c} et l'instant T_{0c} . T_{0c} est le moment auquel le système EES reçoit la valeur du point de consigne qui indique la valeur du point de consigne. T_{1c} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient inférieure à 90 % de la puissance d'entrée assignée. T_{2c} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient inférieure à 10 % de la puissance d'entrée assignée. T_{3c} est le moment auquel la puissance active au POC se stabilise à ± 2 % de la plage de puissance d'entrée assignée au voisinage de la valeur cible.

Comme décrit au 5.2.5 et représenté à la Figure 7d), le taux de rampe RR_3 du système EES correspond au rapport entre la valeur de la puissance active à l'instant initial T_{2d} moins la valeur de la puissance active à l'instant T_{1d} , d'une part, et l'intervalle de temps entre T_{2d} et T_{1d} , d'autre part. Le temps de réponse à un échelon SRT_3 correspond à l'intervalle entre l'instant T_{3d} et l'instant T_{0d} . T_{0d} est le moment auquel le système EES reçoit la valeur du point de consigne qui indique la valeur du point de consigne. T_{1d} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 10 % de la puissance de sortie assignée. T_{2d} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient supérieure à 90 % de la puissance de sortie assignée. T_{3d} est le moment auquel la puissance active au POC se stabilise à ± 2 % de la plage de puissance de sortie assignée au voisinage de la valeur cible.

Comme décrit au 5.2.5 et représenté à la Figure 7e), le taux de rampe RR_4 du système EES correspond au rapport entre la valeur de la puissance active à l'instant initial T_{2e} moins la valeur de la puissance active à l'instant T_{1e} , d'une part, et l'intervalle de temps entre T_{2e} et T_{1e} , d'autre part. Le temps de réponse à un échelon SRT_4 correspond à l'intervalle entre l'instant T_{3e} et l'instant T_{0e} . T_{0e} est le moment auquel le système EES reçoit la valeur du point de consigne qui indique la valeur du point de consigne. T_{1e} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient inférieure à 90 % de la puissance de sortie assignée. T_{2e} est le moment à partir duquel la puissance active au POC devient inférieure à 10 % de la

puissance de sortie assignée. T_{3e} est le moment auquel la puissance active au POC se stabilise à $\pm 2\%$ de la plage de puissance de sortie assignée au voisinage de la valeur cible.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62933-2-1:2017

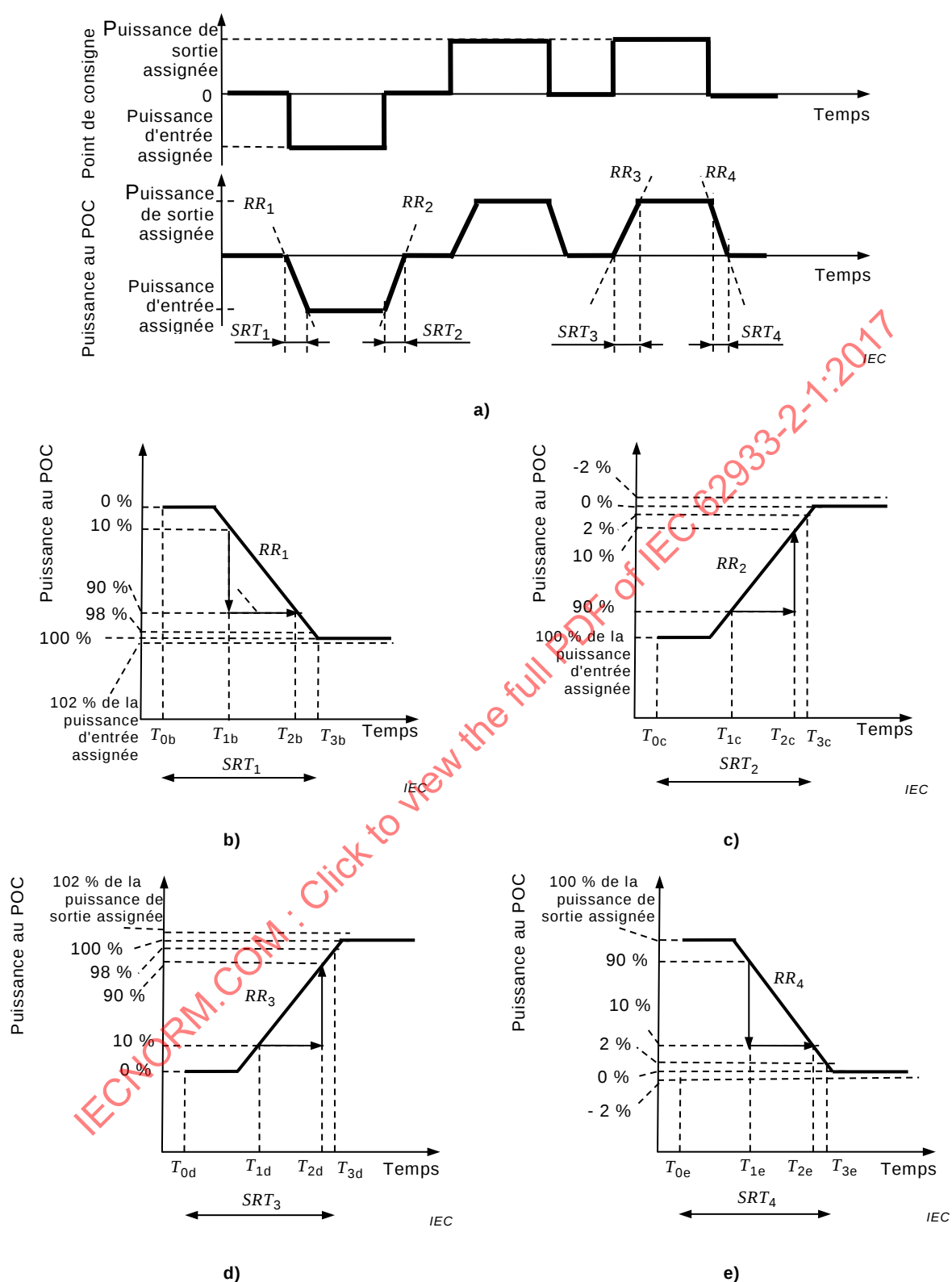


Figure 7 – Essai de la réponse du système

La vitesse d'acquisition des données doit être au moins deux fois plus rapide que la puissance assignée totale divisée par le taux de rampe du système.

Dans le cadre de l'essai de la réponse du système représenté à la Figure 7a), quatre temps de réponse à un échelon (SRT₁, SRT₂, SRT₃, SRT₄) et quatre taux de rampe (RR₁, RR₂, RR₃, RR₄) doivent être consignés. Pour les applications liées à la stabilité du réseau, T_{0b}, T_{0c}, T_{0d}

et T_{0e} doivent tenir compte du temps supplémentaire entre le moment où le paramètre du réseau est reçu (fréquence, tension) et le moment où le point de consigne est émis par le système de commande du système EES.

Ces essais doivent être réitérés plus de deux fois.

6.2.6 Essai de la consommation énergétique auxiliaire

La consommation énergétique auxiliaire doit être mesurée et estimée lorsque le système est relié au POC, dans les conditions d'essai normalisées spécifiées au 5.1.3 pour les conditions de fonctionnement suivantes:

- a) état de veille (maintenir la puissance active du sous-système de conversion de puissance à 0 W et sa puissance réactive à 0 var);
- b) puissance active de sortie assignée;
- c) puissance active d'entrée assignée;
- d) puissance réactive injectée assignée (si le système dispose d'une valeur assignée de puissance réactive);
- e) puissance réactive absorbée assignée (si le système dispose d'une valeur assignée de puissance réactive).

Si le sous-système auxiliaire est alimenté via le POC (voir Figure 2), la consommation énergétique auxiliaire doit être mesurée au point d'alimentation du sous-système auxiliaire.

Si le sous-système auxiliaire est alimenté via le POC auxiliaire (voir Figure 3), la consommation énergétique auxiliaire doit être mesurée en tant que puissance d'entrée au POC auxiliaire.

Avant la mesure, le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de sa capacité énergétique disponible ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

Les mesures de la consommation énergétique pour les scénarios a) à e) doivent être consignées à titre de paramètre indépendant.

Pour la puissance d'entrée et de sortie, la tolérance doit correspondre à $\pm 2\%$ de la puissance assignée.

6.2.7 Essai d'autodécharge d'un système EES

L'autodécharge d'un système EES doit faire l'objet d'un essai conformément à la procédure suivante.

- a) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 100 % de sa capacité énergétique assignée, ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
- b) Le sous-système de conversion de puissance du système EES doit être mis à l'arrêt et maintenu à l'état d'arrêt tout au long de la mesure de l'autodécharge du système EES. Il convient de choisir le temps de mesure de l'autodécharge du système EES parmi les possibilités suivantes: une heure, une journée ou une semaine. Cette valeur doit être spécifiée dans le rapport des résultats.
- c) Le temps de mesure de l'autodécharge du système EES étant écoulé, le système EES doit être chargé à son niveau de capacité énergétique initial, et l'énergie d'entrée doit être mesurée au POC. La différence entre l'énergie d'entrée au POC et la consommation énergétique auxiliaire pendant cette période donne la consommation énergétique d'autodécharge.

- d) Si le système EES dispose d'un moyen de surveiller l'énergie disponible, au lieu d'utiliser la procédure c), la consommation énergétique d'autodécharge peut être donnée par la différence entre les niveaux d'énergie disponible avant et après la procédure b).
- e) L'autodécharge d'un système EES doit être évaluée à partir de la valeur de la consommation énergétique d'autodécharge mesurée à l'aide de la procédure c) ou d), divisée par le temps de mesure de l'autodécharge.

Si l'utilisateur exige l'application des conditions d'environnement spécifiées où le taux d'autodécharge du système EES est maximal, le fournisseur du système doit communiquer cette information.

6.2.8 Essai des plages de tensions et de fréquences assignées

L'essai des plages de tensions et de fréquences assignées doit être effectué conformément à la procédure suivante. Pour l'ensemble des mesures de puissance d'entrée et de sortie, la tolérance doit correspondre à $\pm 2\%$ de la puissance assignée.

Les scénarios d'essai suivants doivent être réalisés afin de vérifier la stabilité de fonctionnement du système EES. Au cours de l'essai, la fréquence, la tension et la puissance active doivent être consignées au POC.

- a) Scénario d'essai 1: $U = U_{\min}$, $f = f_{\min}$ à une puissance de sortie active assignée constante
 - 1) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son niveau d'énergie disponible total, ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
 - 2) La tension au POC doit être fixée à $U_{\min}$, et la fréquence au POC doit être fixée à $f_{\min}$.
 - 3) Il doit être confirmé que le système EES peut émettre la puissance active de sortie assignée pendant 5 min ou pendant une durée spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur, au POC.
- b) Scénario d'essai 2: $U = U_{\max}$, $f = f_{\max}$ à une puissance de sortie active assignée constante
 - 1) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son niveau d'énergie disponible total, ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
 - 2) La tension au POC doit être fixée à $U_{\max}$, et la fréquence au POC doit être fixée à $f_{\max}$.
 - 3) Il doit être confirmé que le système EES peut émettre la puissance active de sortie assignée pendant 5 min ou pendant une durée spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur, au POC.
- c) Scénario d'essai 3: $U = U_{\min}$, $f = f_{\min}$ à une puissance d'entrée active assignée constante
 - 1) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son niveau d'énergie disponible total, ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
 - 2) La tension au POC doit être fixée à $U_{\min}$, et la fréquence au POC doit être fixée à $f_{\min}$.
 - 3) Il doit être confirmé que le système EES peut recevoir la puissance active d'entrée assignée pendant 5 min ou pendant une durée spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur, au POC.
- d) Scénario d'essai 4: $U = U_{\max}$, $f = f_{\max}$ à une puissance d'entrée active assignée constante
 - 1) Le système EES doit être chargé ou déchargé à 50 % de son niveau d'énergie disponible total, ou à la valeur de capacité énergétique spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.
 - 2) La tension au POC doit être fixée à $U_{\max}$, et la fréquence au POC doit être fixée à $f_{\max}$.
 - 3) Il doit être confirmé que le système EES peut recevoir la puissance active d'entrée assignée pendant 5 min ou pendant une durée spécifiée par accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur, au POC.

Si l'essai ne peut pas être effectué lorsque le système EES est relié au réseau en raison de restrictions liées à des problèmes de stabilité du réseau ou d'alimentation, l'une des méthodes d'essai ou d'évaluation suivantes doit être appliquée en lieu et place de l'essai au POC:

- essai à l'aide d'un simulateur de réseau;
- essai et évaluation d'un module du système EES;
- évaluation à partir des données d'essai de chaque composant d'un module du système EES.

6.3 Essai de performances

6.3.1 Généralités

Au 6.3, les méthodes d'essai de performances sont définies en fonction des applications.

Les éléments devant être soumis à l'essai de performances sont indiqués dans le Tableau 5. Si le système EES a mis en œuvre les fonctionnalités de plusieurs classes d'applications, tous les essais correspondant à chacune de ces classes d'applications doivent être réalisés.

Tableau 5 – Éléments soumis à l'essai des performances

Essai de performances	Classe A	Classe B	Classe C	Remarque
Rendement aller-retour du cycle de service	applicable	applicable		
Réduction des fluctuations	applicable			
Tension de sortie de démarrage autonome			applicable	

6.3.2 Essai de performances des applications de Classe A

6.3.2.1 Généralités

Les performances des applications de Classe A (régulation de la fréquence, réduction des fluctuations, régulation de la tension) doivent faire l'objet d'un essai du rendement aller-retour du cycle de service, ainsi que d'un essai de réduction des fluctuations au titre de l'essai de performances du système EES.

6.3.2.2 Essai du rendement aller-retour du cycle de service

La durée du cycle de service des applications de Classe A est définie comme inférieure à 1 h/cycle. L'utilisateur doit indiquer le cycle de service applicable pour l'essai du rendement aller-retour, et l'essai doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

L'efficacité du rendement aller-retour du cycle de service du système EES doit faire l'objet d'un essai conformément à la procédure suivante.

- a) Le système EES doit être réglé au niveau d'énergie disponible initial souhaité conformément au cycle de service applicable.
- b) Le système EES doit être soumis au cycle de service applicable.
- c) À la fin du cycle, le système EES doit être ramené à son niveau d'énergie disponible initial.

NOTE L'Annexe A donne un exemple de cycle de service.

6.3.2.3 Essai de réduction des fluctuations

Pour les applications de Classe A, il convient que le système EES dispose d'une fonction de réduction des fluctuations de puissance provoquée par la génération d'énergie renouvelable (de type photovoltaïque ou éolienne, par exemple). Le système EES peut réduire les interférences provoquées par les fluctuations sur le réseau au moyen de ses opérations de charge et de décharge. Les performances de réduction des fluctuations doivent être soumises à essai à l'aide d'un système de génération fluctuant ou de signaux simulés correspondant à la puissance générée par le système fluctuant. Le profil de fluctuation de la puissance doit être convenu entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

NOTE L'Annexe B donne un exemple d'essai de fluctuations.

6.3.3 Essai de performances des applications de Classe B

6.3.3.1 Généralités

Les performances des applications de Classe B doivent être évaluées conformément à l'essai de rendement aller-retour du cycle de service.

6.3.3.2 Essai du rendement aller-retour du cycle de service

La durée du cycle de service des applications de Classe B est définie comme supérieure à 1 h/cycle. Généralement, ce cycle de service dure 24 h. L'utilisateur doit indiquer le cycle de service applicable pour l'essai du rendement aller-retour, et l'essai doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur du système et l'utilisateur.

L'efficacité du rendement aller-retour du cycle de service du système EES doit faire l'objet d'un essai conformément à la procédure suivante.

- a) Le système EES doit être réglé au niveau d'énergie disponible initial souhaité conformément au cycle de service applicable.
- b) Le système EES doit être soumis au cycle de service applicable.
- c) A la fin du cycle, le système EES doit être ramené à son niveau d'énergie disponible initial.

NOTE L'Annexe A donne un exemple de cycle de service.

6.3.4 Essai de performances des applications de Classe C

6.3.4.1 Généralités

Les applications de Classe C (alimentation de secours) doivent être soumises à un essai de tension de sortie de démarrage autonome (cette capacité assurant l'alimentation en cas d'indisponibilité) à titre d'essai de performances du système EES.

6.3.4.2 Tension de sortie de démarrage autonome

Le système EES doit être soumis à un essai de tension de sortie de démarrage autonome conformément à la procédure ci-dessous.

- a) Le sous-système de conversion de puissance doit être relié électriquement au POC, lequel est relié en externe à la charge d'essai spécifiée. Le POC ne doit pas être mis sous tension par une autre source d'alimentation. Aucune source d'alimentation auxiliaire externe n'est admise dans le cadre de cet essai.
- b) Le signal indiquant le début du démarrage autonome doit être transmis au système EES.
- c) La totalité de l'enveloppe de tension du POC pendant la transition vers le régime établi doit être consignée afin de déterminer la bande de tolérance de la tension en régime établi. Il convient que le fournisseur du système et l'utilisateur spécifient l'intervalle d'enregistrement.