

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

**Fuel cell technologies –
Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for
small fuel cell power systems**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai
des performances pour petits systèmes à piles à combustible**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

**Fuel cell technologies –
Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for
small fuel cell power systems**

**Technologies des piles à combustible –
Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai
des performances pour petits systèmes à piles à combustible**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8322-1071-0

**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.**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems

AMENDMENT 1

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 document may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Amendment 1 to IEC 62282-3-201:2017 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

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

Draft	Report on voting
105/839/CDV	105/866/RVC

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

The language used for the development of this Amendment is English.

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

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

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

INTRODUCTION to Amendment 1

This amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides a method of estimating the electric and heat recovery efficiency of small stationary fuel cell power systems for a duration of up to ten years of operation. Furthermore, this amendment to IEC 62282-3-201:2017 provides an evaluation method for electric demand-following small stationary fuel cell power systems, which are operating at changing levels of power output. It has been developed as a reference for the life cycle assessment calculations in IEC TS 62282-9-101.

3 Terms and definitions

Add, at the end of Clause 3, the following new entries:

3.41

test duration

duration of the complete test for the estimation of the electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation, comprising a specific number of test runs

3.42

degradation rate

reduction of the electric efficiency of a stationary fuel cell power system per time of operation

Note 1 to entry: The degradation rate is expressed in efficiency per cent points per time (%/h).

4 Symbols

Table 1 – Symbols and their meanings for electric/thermal performance

Replace the existing title of Table 1 with the following new title:

Symbols and their meanings for electric and thermal performance

Under the header relating to "Time", in the unit column for "Test duration", add the unit "h" after "s" and insert between the existing definitions of "Test duration" and "Start-up time" the following new symbol, definition and unit, as shown:

t	Time	
Δt	Test duration	s, h
Δt_a	Number of hours between point s and point a	h
Δt_{st}	Start-up time	s

Under the header relating to "Efficiency", add, after the last existing definition of "Operation cycle electrical efficiency", the following new symbols, definitions and units:

$\eta_{el,est,av}$	Estimated average electric efficiency during one year of operation	%
$\eta_{el,est}(k)$	Estimated electric efficiency at the end of year k	%
$\eta_{el,init}$	Calculated value of the linear regression of the electric efficiency at the time of point a	%
$\Delta\eta_{el}$	Approximated degradation rate of the electric efficiency	%/h
$\eta_{th,est}(k)$	Estimated heat recovery efficiency at the end of year k	%

9 Test set-up

Add, after the first paragraph and before Figure 3, the following new paragraph:

For the electric demand-following test (14.14), the electric load shall be capable of applying or simulating an electric load profile to the system. It may be replaced or upgraded by a device, which is capable of doing this. Alternatively, the tested small stationary fuel cell power system may be equipped with means for setting and operating a load profile.

14 Type tests on electric/thermal performance

Replace the existing title of Clause 14 with the following new title:

Type tests on electric and thermal performance

Add, at the end of 14.12.11, the following new subclauses:

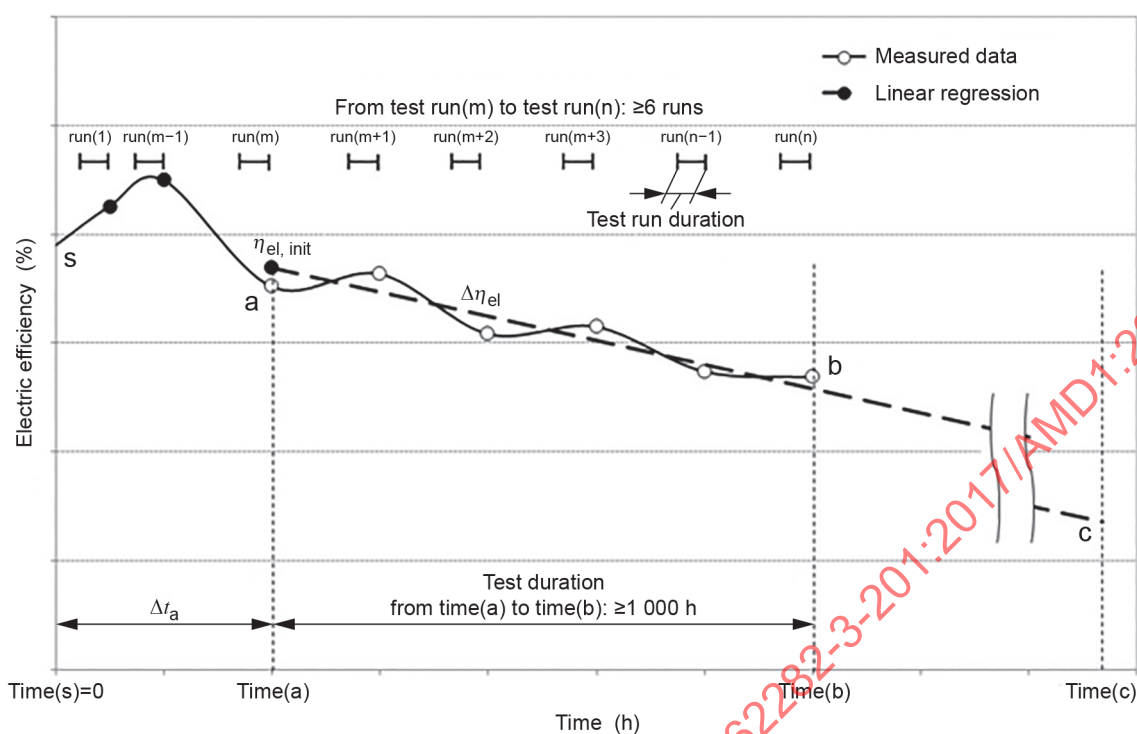
14.13 Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation

14.13.1 General

The main objective of this test is to identify and evaluate the environmental performance of a small stationary fuel cell power system based on life cycle approach. The test estimates the electric efficiency through lifetime due to long term effects on the small stationary fuel cell power system.

NOTE Approximating the degradation rate on small stationary fuel cell power systems is only useful if there is substantial daily operation, which is not the case for e.g. backup power systems.

Figure 16 shows an example of electric efficiency during ten years of operation.



IEC

Key

- s starting point of the operation
- a point at which degradation rate starts to be almost constant
- b point at which degradation rate is confirmed as almost constant
- c point when the operation duration is ten years, at which the electric efficiency is calculated by the linear extrapolation of the behaviour between a and b
- Δt_a number of hours between point s and point a
- $\eta_{el, init}$ calculated value of the linear regression of the electric efficiency at the time of point a
- $\Delta \eta_{el}$ approximated degradation rate of the electric efficiency

Figure 16 – Example of electric efficiency during ten years of operation

In general, electric efficiency is gradually degraded with the passage of time. However, the degradation rate is not stable at the beginning of the lifetime of a small stationary fuel cell power system, such as the time between the points s and a.

The approximated degradation rate $\Delta \eta_{el}$ is obtained from the change rate of electric efficiency over the test duration from point a to point b. Electric efficiency at point b is expected to be lower than that at point a.

14.13.2 Test method

Start up the system and operate it at rated power output, either

- in continuous mode, if the purpose of the system is to deliver power output in a continuous way (e.g. combined heat and power systems) and if allowed by the system specification, or

- in cycling mode, if the purpose of the system is to deliver power output in a continuous way, but the system requires regular start-stop operation cycles (e.g. for recovery purposes). The system shall be operated at maximum allowed continuous operating hours at rated electric power output and at minimum required continuous operation at zero electric power output, as given by the system specifications, or

NOTE 1 Typically this is a daily recovery cycle, such as 23 h of rated operation and 1 h of zero electric power output.

- in discontinuous mode, if the purpose of the system is to deliver power output in a non-continuous way (e.g. power generators in remote areas). A daily duty cycle, which is typical for such a system and its application, shall be specified and applied to the system during testing. The duty cycle shall include at least one phase of rated power output, which is longer than 3,5 h.

NOTE 2 The minimum test duration for a rated power output test is 3,5 h (30 min of stabilization followed by 3 h of measurements, see test methods in 14.2, 14.3 and 14.4).

During the test several different test runs of equal duration are carried out. Define the duration of the test runs and carry out performance measurements according to 14.2, 14.3 and 14.4 for each test run, which is named as run(m-1), run(m), run(m+1), and so forth in Figure 16.

The duration of the test run shall be chosen between a minimum of three hours and a maximum of 24 h. The first test run shall be applied right after start-up in point s, when rated output is reached. Continuous processing of test runs is not required, there may be gaps between two test runs, but operation shall be continued during this gap.

Small stationary fuel cell power systems may operate in a cycling or discontinuous mode. In this case, the test run shall be put in a period of rated operation and not in a period of the system being in start-up, ramp-up, shutdown, storage or pre-generation state.

The test shall be continued until at least 1 000 h after the degradation rate of the electric efficiency has become almost constant, which means that the coefficient of determination of the linear regression between point a and point b is higher than 0,95.

The electric efficiency of each test run shall be calculated according to 14.10.

Point a and point b shall be found by tracing back the efficiency results of the single test runs and calculating the coefficient of determination after each test. The interval for the calculation of the coefficient of determination shall be evaluated on the following requirements:

- coefficient of determination of the electric efficiency > 0,95;
- duration of the interval $\geq 1\,000$ h;
- number of tests runs in the interval ≥ 6 .

If an interval is found, which fulfils these requirements, the starting point of the interval is point a and the ending point is point b.

14.13.3 Calculation of estimated electric efficiency

The approximated degradation rate $\Delta\eta_{el}$ (%/h) shall be determined from the absolute value of the slope of the linear regression between the points a and b.

The estimated electric efficiency after each year of operation is obtained by linear extrapolation of the behaviour between point a and point b when the degradation rate of the electric efficiency is almost constant, which means that the coefficient of determination of the linear regression of the electric efficiency is higher than 0,95.

The estimated electric efficiency after ten years (maximum 87 600 h) of operation is obtained by using the same approach.

The estimated electric efficiency at the end of each year of operation shall be calculated by using Equation (59). The expected annual operating hours depend on the appliance purpose and shall be specified by the manufacturer. Operating hours are time intervals, where the stack is hot and in pre-generation state or operation state. Expected cold state intervals, for example due to seasonal shutdowns, may be subtracted from the maximum annual operating hours, which are 8 760 h.

$$\eta_{el,est}(k) = \eta_{el,init} - \Delta\eta_{el} \times (k \times t_{op} - \Delta t_a) \quad (59)$$

where

- $\eta_{el,est}(k)$ is the estimated electric efficiency at the end of year k (%);
- $\eta_{el,init}$ is the calculated value of the linear regression of the electric efficiency at the time of point a (%);
- $\Delta\eta_{el}$ is the approximated degradation rate of the electric efficiency (%/h);
- t_{op} is the number of expected annual operating hours (h);
- Δt_a is the number of hours between point s and point a (h).

The estimated average electric efficiency during the first year of operation is calculated from the average of the measured electric efficiency at point s and the estimated electric efficiency at the end of the first year of operation using Equation (60).

$$\eta_{el,est,av}(\text{year1}) = \frac{\eta_{el}(s) + \eta_{el,est}(1)}{2} \quad (60)$$

where

- $\eta_{el,est,av}(\text{year1})$ is the estimated average electric efficiency during the first year of operation (%);
- $\eta_{el}(s)$ is the measured electric efficiency after the start of the test (point s) (%);
- $\eta_{el,est}(1)$ is the estimated electric efficiency at the end of the first year of operation (%).

The estimated average electric efficiency during the second year of operation is calculated from the average of the estimated electric efficiency after the first year and the second year of operation using Equation (61), calculated by linear extrapolation of the approximated degradation rate using Equation (59).

$$\eta_{el,est,av}(\text{year2}) = \frac{\eta_{el,est}(1) + \eta_{el,est}(2)}{2} \quad (61)$$

where

- $\eta_{el,est,av}(\text{year2})$ is the estimated average electric efficiency during the second year of operation (%);
- $\eta_{el,est}(1)$ is the estimated electric efficiency at the end of year 1 (%);
- $\eta_{el,est}(2)$ is the estimated electric efficiency at the end of year 2 (%).

The estimated average electric efficiency during the third year and during each other year up to the tenth year shall be calculated, using the same approach as that used during the second year.

14.13.4 Calculation of estimated heat recovery efficiency

The calculation of the estimated heat recovery efficiency during ten years of operation is based on the assumption that the overall energy efficiency remains rather constant. This means that losses in electric efficiency are gained in heat recovery efficiency.

NOTE This assumption is proved by experience but is not valid for all cases.

Each estimated heat recovery efficiency at the end of each year of operation can be calculated by subtracting each estimated electric efficiency at the same year from the initial overall energy efficiency measured at point s, which is the sum of the electric efficiency and heat recovery efficiency at the first test run, using Equation (62).

$$\eta_{th,est}(k) = \eta_{th}(s) + \eta_{el}(s) - \eta_{el,est}(k) \quad (62)$$

where

- $\eta_{th,est}(k)$ is the estimated heat recovery efficiency at the end of year k (%);
- $\eta_{th}(s)$ is the measured heat recovery efficiency at the initial test run (%);
- $\eta_{el}(s)$ is the measured electric efficiency at the initial test run (%);
- $\eta_{el,est}(k)$ is the estimated electric efficiency at the end of year k (%).

The estimated average heat recovery efficiency during each year of operation shall be calculated by the average of the estimated heat recovery efficiency at the beginning and at the end of that year, using the approach of Equation (61).

14.14 Electric demand-following test

14.14.1 General

This test is for measuring the fuel consumption, the electric power output and the recovered thermal power of a stationary small fuel cell power system, operating in electric demand-following mode. Subsequently it provides a calculation method for electric, heat recovery and overall efficiencies, based on the measured values.

NOTE The test conditions are defined in Clause 11.

The test is carried out by applying in principle the test methods of 14.2, 14.3 and 14.4 to the system.

14.14.2 Electric demand profile

The test shall be carried out using a 24 h electric demand profile, which is applied to the system. The profile shall be chosen from available regional energy demand data. Depending on the objective of the test, it may be necessary to carry out tests with several different profiles.

The ratio of the maximum electric demand of the profile and the maximum electric power output of the small stationary fuel cell system shall be chosen in a way that represents a typical application. The maximum demand of the profile may exceed the maximum electric power output of the fuel cell system temporarily, but not permanently. The demand profile shall represent a full day (24 h), with a resolution of at least 15 min.

Figure 17 shows an example of an electric demand for a residential application.



IEC

Figure 17 – Example of the electric demand of a residential application

14.14.3 Test method

Carry out the test by concurrently applying the test methods for the fuel consumption test (14.2.1.2 or 14.2.2.2), for the electric power output test (14.3.2) and for the heat recovery test (14.4.2).

Apply the following instead of 14.2.1.2 c) and d):

- c) Start the test by applying the values of electric demand profile to the system.
- d) Measure the fuel temperature, fuel pressure, and integrated fuel input flow (in volume or in mass). Each measurement shall be taken at intervals of 15 s or less during the entire duration of the electric demand profile of 24 h.

Apply the following instead of 14.2.2.2 c) and e):

- c) Start the test by applying the values of electric demand profile to the system.
- e) Each measurement shall be taken at intervals of 15 s or less during the entire duration of the electric demand profile of 24 h. If fuel is to be supplied intermittently, the mass of the supplied fuel shall be measured and added to the value measured in d).

Apply the following instead of 14.3.2 c) and d):

- c) Start the test by applying the values of electric demand profile to the system.
- d) Measure the electric energy output and electric energy input over the test duration. Each measurement shall be taken at intervals of 15 s or less during the entire duration of the electric demand profile of 24 h.

Apply the following instead of 14.4.2 c), d) and e):

- c) Set the temperature of the outgoing fluid at a level appropriate for the recovered heat usage conditions. Control the amount of cooling fluid entering the thermal load to maintain the said conditions throughout the test.
- d) Start the test by applying the values of electric demand profile to the system.
- e) Measure the outgoing heat recovery fluid temperature at outlet, returning heat recovery fluid temperature at inlet, and volumetric or mass flow rate at inlet or outlet. Each measurement shall be taken at intervals of 15 s or less during the entire duration of the electric demand profile of 24h.

For the systems including batteries, at the end of the test of the 24 h electric demand profile, the system shall be shut down. Subsequently, electric energy shall be supplied from outside of the system until a nominal state of charge of the battery is reached. This electric energy shall be measured and subtracted from the electric energy output measured in 14.3.2 d).

14.14.4 Calculation of results

The average net electric power output P_n in kW shall be calculated according to the methods in 14.3.3. The average fuel power input P_{fin} in kJ/s shall be calculated according to the methods in 14.2.1.3.2 or 14.2.2.3.

The average recovered thermal power in kJ/s shall be calculated according to the following procedures:

a) Volumetric measurement

- 1) The recovered thermal power at each measurement interval, P_{HRi} in kJ/s, shall be calculated using the following Equation (63).

$$P_{HRi} = (T_{HR1i} - T_{HR2i}) \times q_{VHRi} \times \rho_{HRi} \times c_{HRi} \quad (63)$$

where

P_{HRi} is the recovered thermal power at the measurement interval i (kJ/s);

T_{HR1i} is the temperature of heat recovery fluid at outlet at the measurement interval i (K);

T_{HR2i} is the temperature of heat recovery fluid at inlet at the measurement interval i (K);

q_{VHRi} is the volumetric flow rate of heat recovery fluid at the measurement interval i (m³/s);

ρ_{HRi} is the density of heat recovery fluid at T_{HR1i} (kg/m³);

c_{HRi} is the specific heat capacity of heat recovery fluid at the temperature intermediate between T_{HR1i} and T_{HR2i} (kJ/(kg·K)). If water is to be used as the heat recovery fluid, 4,186 kJ/(kg·K) shall be used for its specific heat capacity.

- 2) The average recovered thermal power, P_{HR} in kJ/s, shall be determined by calculating the average value of all values of P_{HRi} calculated in 1).

b) Mass measurement

- 1) The recovered thermal power at each measurement interval, P_{HRi} in kJ/s, shall be calculated, using the following Equation (64).

$$P_{HRi} = (T_{HR1i} - T_{HR2i}) \times q_{mHRi} \times c_{HRi} \quad (64)$$

where

- P_{HRi} is the recovered thermal power at the measurement interval i (kJ/s);
- T_{HR1i} is the temperature of heat recovery fluid at outlet at the measurement interval i (K);
- T_{HR2i} is the temperature of heat recovery fluid at inlet at the measurement interval i (K);
- q_{mHRi} is the mass flow rate of heat recovery fluid at the measurement interval i (kg/s);
- c_{HRi} is the specific heat capacity of heat recovery fluid at the temperature intermediate between T_{HR1i} and T_{HR2i} (kJ/(kg·K)). If water is to be used as the heat recovery fluid, 4,186 kJ/(kg·K) shall be used for its specific heat capacity.

- 2) The average recovered thermal power, P_{HR} in kJ/s, shall be determined by calculating the average value of all values of P_{HRi} calculated in 1).

14.14.5 Calculation of efficiencies

The average electric efficiency, the average heat recovery efficiency and the average overall efficiency of the small stationary fuel cell power system for the applied electric demand profile shall be calculated, using the methods and equations in 14.10.

NOTE The response delay between the applied electricity demand profile and the measured net electric power output evolution of the small stationary fuel cell system, as well as the power deviation, are a measure for the capability of the system to follow a specific demand.

Annex C

Table C.1 – Example of a test operation schedule

Add, at the end of row 14, the following new rows:

15	Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation	Operate system at rated output	14.13	Minimum 1 000 h
16	Electric demand-following test	Operate the system following a daily electric demand profile	14.14	24 h times the number of applied profiles

Bibliography

Insert, between the references IEC TS 62282-1:2013 and ISO 5815-2, the following new reference:

IEC TS 62282-9-101, *Fuel cell technologies – Part 9-101: Evaluation methodology for the environmental performance of fuel cell power systems based on life cycle thinking – Streamlined life-cycle considered environmental performance characterization of stationary fuel cell combined heat and power systems for residential applications*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-3-201:2017/AMD1:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-3-201:2017/AMD1:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 3-201: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible**AMENDEMENT 1****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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'Amendement 1 de l'IEC 62282-3-201:2017 a été établi par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible.

Le texte de cet Amendement est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
105/839/CDV	105/866/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cet Amendement est l'anglais.

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

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

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

INTRODUCTION à l'Amendement 1

Cet amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable des petits systèmes à piles à combustible stationnaires pour une durée de fonctionnement jusqu'à dix ans. En outre, le présent amendement à l'IEC 62282-3-201:2017 présente une méthode d'évaluation du suivi de la demande d'électricité des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui fonctionnent à des niveaux variables de puissance de sortie. Cet amendement a été élaboré en tant que référence pour les calculs de l'analyse du cycle de vie de l'IEC TS 62282-9-101.

3 Termes et définitions

Ajouter les nouveaux articles terminologiques suivants à la fin de l'Article 3:

3.41

durée de l'essai

durée de l'essai complet pour l'estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement, comprenant un nombre spécifique de sessions d'essai

3.42

vitesse de dégradation

réduction du rendement électrique d'un système à pile à combustible stationnaire par temps de fonctionnement

Note 1 à l'article: La vitesse de dégradation est exprimée en points de pourcentage de rendement par temps (%/h).

4 Symboles

Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques/thermiques

Remplacer le titre existant du Tableau 1 par le nouveau titre suivant:

Symboles et leurs significations pour les performances électriques et thermiques

Sous la rubrique "Temps", dans la colonne "Unité" de la définition "Durée de l'essai", ajouter "h" après "s" et insérer entre les définitions existantes "Durée de l'essai" et "Temps de démarrage" le nouveau symbole, les nouvelles définition et unité ci-après, comme cela est indiqué:

t	Temps	
Δt	Durée de l'essai	s, h
Δt_a	Nombre d'heures entre le point s et le point a	h
Δt_{st}	Temps de démarrage	s

Sous la rubrique "Rendement", ajouter, après la dernière définition existante du "Rendement électrique du cycle de fonctionnement", les nouveaux symboles, définitions et unités ci-après:

$\eta_{el,est,av}$	Rendement électrique moyen estimé pendant une année de fonctionnement	%
$\eta_{el,est}(k)$	Rendement électrique estimé à la fin de l'année k	%
$\eta_{el,init}$	Valeur calculée de la régression linéaire du rendement électrique au moment du point a	%
$\Delta \eta_{el}$	Vitesse approximative de dégradation du rendement électrique	%/h
$\eta_{th,est}(k)$	Rendement estimé de l'énergie thermique récupérable à la fin de l'année k	%

9 Montage d'essai

Ajouter le nouvel alinéa suivant après le premier alinéa et avant la Figure 3:

Pour l'essai de suivi de la demande d'électricité (14.14), la charge électrique doit être capable d'appliquer au système ou de simuler pour ce dernier un profil de charge électrique. Elle peut être remplacée ou améliorée par un dispositif qui en est capable. En variante, le petit système à pile à combustible stationnaire soumis à l'essai peut être équipé de dispositifs permettant d'établir et de faire fonctionner un profil de charge.

14 Essais de type sur les performances électriques/thermiques

Remplacer le titre existant de l'Article 14 par le nouveau titre suivant:

Essais de type sur les performances électriques et thermiques

Ajouter les nouveaux paragraphes suivants à la fin du 14.12.11:

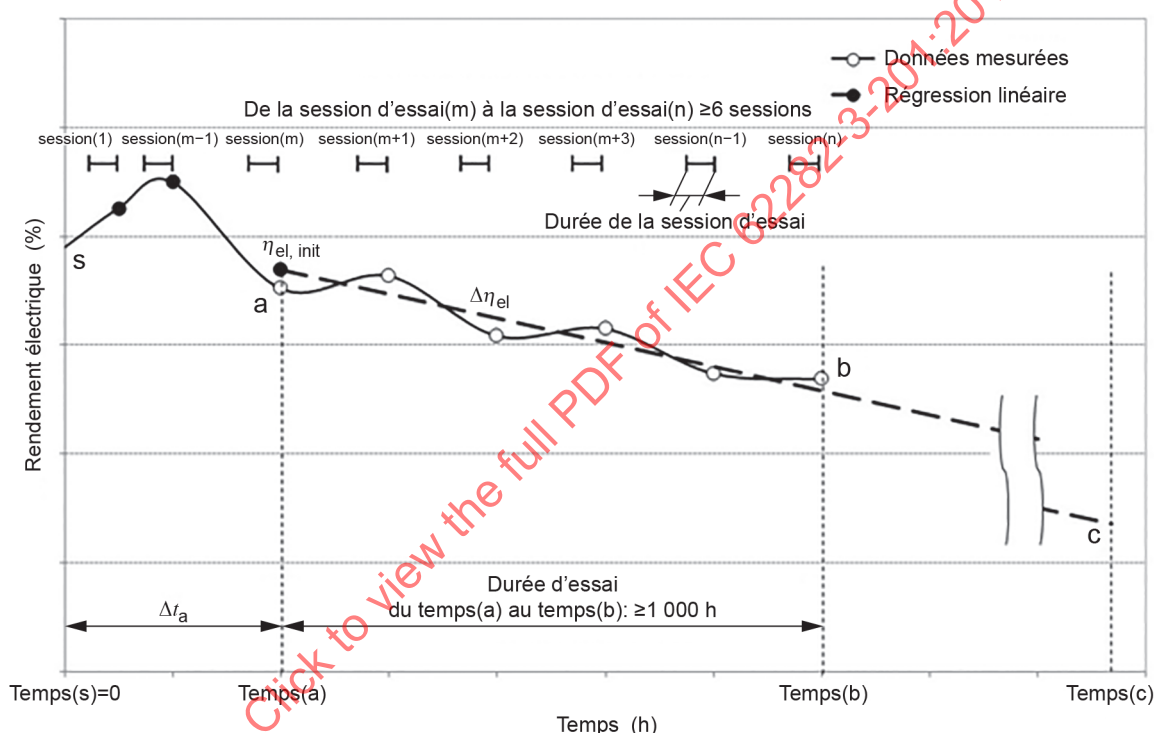
14.13 Estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement

14.13.1 Généralités

L'objectif principal de cet essai est d'identifier et d'évaluer les performances environnementales d'un petit système à pile à combustible stationnaire sur la base de l'approche du cycle de vie. L'essai estime le rendement électrique tout au long de la durée de vie en raison des effets à long terme sur le petit système à pile à combustible stationnaire.

NOTE L'approximation de la vitesse de dégradation sur les petits systèmes à piles à combustible stationnaires n'est utile que si le fonctionnement quotidien est très important, ce qui n'est pas le cas, par exemple, pour les systèmes d'alimentation de secours.

La Figure 16 représente un exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement.



IEC

Légende

- s point de démarrage du fonctionnement
- a point auquel la vitesse de dégradation commence à être presque constante
- b point auquel la vitesse de dégradation est confirmée comme étant presque constante
- c point où la durée de fonctionnement est de dix ans, auquel le rendement électrique est calculé par extrapolation linéaire du comportement entre a et b
- Δt_a nombre d'heures entre le point s et le point a
- $\eta_{el,init}$ valeur calculée de la régression linéaire du rendement électrique au moment du point a
- $\Delta \eta_{el}$ vitesse approximative de dégradation du rendement électrique

Figure 16 – Exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement

Généralement, le rendement électrique se dégrade progressivement au fil du temps. Toutefois, la vitesse de dégradation n'est pas stable au début de la durée de vie d'un petit système à pile à combustible stationnaire, comme le temps entre les points s et a.

La vitesse approximative de dégradation $\Delta\eta_{el}$ est obtenue à partir du taux de variation du rendement électrique sur la durée de l'essai entre les points a et b. Il est prévu que le rendement électrique au point b soit inférieur à celui du point a.

14.13.2 Méthode d'essai

Démarrer le système et le faire fonctionner à la puissance de sortie assignée soit

- en mode continu, si le but du système est de fournir de la puissance de manière continue (par exemple, les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité) et si les spécifications du système l'autorisent, ou
- en mode cyclique, si le but du système est de fournir de la puissance de manière continue, mais que le système exige des cycles de démarrage et d'arrêt réguliers (par exemple, à des fins de récupération). Le système doit fonctionner pendant le nombre maximal d'heures de fonctionnement continu admis à la puissance électrique de sortie assignée et pendant le nombre minimal d'heures de fonctionnement continu exigé à la puissance électrique de sortie nulle, comme cela est indiqué dans les spécifications du système, ou

NOTE 1 Il s'agit généralement d'un cycle de récupération quotidien, par exemple 23 h de fonctionnement assigné et 1 h de puissance électrique de sortie nulle.

- en mode discontinu, si le but du système est de fournir de la puissance de manière non continue (par exemple, des générateurs d'électricité dans des régions éloignées). Un cycle de service quotidien, habituel pour un tel système et son application, doit être spécifié et appliqué au système pendant les essais. Le cycle de service doit comprendre au moins une phase de puissance de sortie assignée, qui dure plus de 3,5 h.

NOTE 2 La durée minimale d'un essai de puissance de sortie assignée est de 3,5 h (30 min de stabilisation suivies de 3 h de mesurages, voir les méthodes d'essai en 14.2, 14.3 et 14.4).

Pendant l'essai, plusieurs sessions d'essai différentes de durée égale sont effectuées. Définir la durée des sessions d'essai et effectuer les mesurages de performance selon 14.2, 14.3 et 14.4 pour chaque session d'essai, qui est appelée session(m-1), session(m), session(m+1), etc. à la Figure 16.

La durée de la session d'essai doit être comprise entre un minimum de 3 h et un maximum de 24 h. La première session d'essai doit être effectuée juste après le démarrage au point s, lorsque la puissance de sortie assignée est atteinte. Le traitement continu des sessions d'essai n'est pas exigé, et des interruptions peuvent se produire entre deux sessions d'essai, mais le fonctionnement doit être poursuivi pendant cette interruption.

Les petits systèmes à piles à combustible stationnaires peuvent fonctionner en mode cyclique ou discontinu. Dans ce cas, la session d'essai doit être effectuée pendant une durée de fonctionnement assigné et non pendant que le système est en état de démarrage, d'accélération, d'arrêt, de stockage ou de pré génération.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à au moins 1 000 h après que la vitesse de dégradation du rendement électrique est devenue presque constante, ce qui signifie que le coefficient de détermination de la régression linéaire entre le point a et le point b est supérieur à 0,95.

Le rendement électrique de chaque session d'essai doit être calculé selon 14.10.

Les points a et b doivent être déterminés en retraçant les résultats du rendement des sessions d'essai individuelles et en calculant le coefficient de détermination après chaque essai. L'intervalle destiné au calcul du coefficient de détermination doit être évalué en fonction des exigences suivantes:

- coefficient de détermination du rendement électrique > 0,95;
- durée de l'intervalle $\geq 1\,000$ h;
- nombre de sessions d'essai effectuées dans l'intervalle ≥ 6 .

Lorsqu'un intervalle répondant à ces exigences est identifié, le point a est son point de départ et le point b est son point d'arrivée.

14.13.3 Calcul du rendement électrique estimé

La vitesse de dégradation approximative $\Delta\eta_{el}$ (%/h) doit être déterminée à partir de la valeur absolue de la pente de la régression linéaire entre les points a et b.

Le rendement électrique estimé après chaque année de fonctionnement est obtenu par extrapolation linéaire du comportement entre les points a et b lorsque la vitesse de dégradation du rendement électrique est presque constante, ce qui signifie que le coefficient de détermination de la régression linéaire du rendement électrique est supérieur à 0,95.

Le rendement électrique estimé après dix ans (87 600 h au maximum) de fonctionnement est obtenu en utilisant la même approche.

Le rendement électrique estimé à la fin de chaque année de fonctionnement doit être calculé à l'aide de l'Équation (59). Les heures de fonctionnement annuel prévues dépendent de l'utilisation de l'appareil et doivent être spécifiées par le fabricant. Les heures de fonctionnement sont des intervalles de temps pendant lesquels la pile est chaude et en état de régénération ou de fonctionnement. Les intervalles d'état froid prévus, par exemple en raison d'arrêts saisonniers, peuvent être soustraits du nombre maximal d'heures de fonctionnement annuel, qui est de 8 760 h.

$$\eta_{el,est}(k) = \eta_{el,init} - \Delta\eta_{el} \times (k \times t_{op} - \Delta t_a) \quad (59)$$

où

- $\eta_{el,est}(k)$ est le rendement électrique estimé à la fin de l'année k (%);
- $\eta_{el,init}$ est la valeur calculée de la régression linéaire du rendement électrique au moment du point a (%);
- $\Delta\eta_{el}$ est la vitesse approximative de dégradation du rendement électrique (%/h);
- t_{op} est le nombre d'heures de fonctionnement annuel prévu (h);
- Δt_a est le nombre d'heures entre le point s et le point a (h).

Le rendement électrique moyen estimé pendant la première année de fonctionnement est calculé à partir de la moyenne du rendement électrique mesuré au point s et du rendement électrique estimé à la fin de la première année de fonctionnement en utilisant l'Équation (60).

$$\eta_{el,est,av}(\text{année1}) = \frac{\eta_{el}(s) + \eta_{el,est}(1)}{2} \quad (60)$$

où

- $\eta_{el,est,av}(\text{année1})$ est le rendement électrique moyen estimé pendant la première année de fonctionnement (%);
- $\eta_{el}(s)$ est le rendement électrique mesuré après le démarrage de l'essai (point s) (%);
- $\eta_{el,est}(1)$ est le rendement électrique estimé à la fin de la première année de fonctionnement (%).

Le rendement électrique moyen estimé pendant la deuxième année de fonctionnement est calculé à partir de la moyenne des rendements électriques estimés après la première année et la deuxième année de fonctionnement en utilisant l'Équation (61), calculée par extrapolation linéaire de la vitesse approximative de dégradation à l'aide de l'Équation (59).

$$\eta_{el,est,av}(\text{année2}) = \frac{\eta_{el,est}(1) + \eta_{el,est}(2)}{2} \quad (61)$$

où

$\eta_{el,est,av}(\text{année2})$ est le rendement électrique moyen estimé pendant la deuxième année de fonctionnement (%);

$\eta_{el,est}(1)$ est le rendement électrique estimé à la fin de la première année (%);

$\eta_{el,est}(2)$ est le rendement électrique estimé à la fin de la deuxième année (%).

Le rendement électrique moyen estimé au cours de la troisième année et pendant chaque autre année jusqu'à la dixième année doit être calculé en utilisant la même approche que celle utilisée pour la deuxième année.

14.13.4 Calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable

Le calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable pendant dix ans de fonctionnement repose sur l'hypothèse selon laquelle le rendement énergétique global reste assez constant. Cela signifie que les pertes de rendement électrique sont compensées par le rendement de l'énergie thermique récupérable.

NOTE Cette hypothèse est prouvée par l'expérience mais n'est pas valable pour tous les cas.

Chaque rendement estimé de l'énergie thermique récupérable à la fin de chaque année de fonctionnement peut être calculé en soustrayant chaque rendement électrique estimé au cours de la même année du rendement énergétique global initial mesuré au point s, qui est la somme du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable à la session d'essai initiale, en utilisant l'Équation (62).

$$\eta_{th,est}(k) = \eta_{th}(s) + \eta_{el}(s) - \eta_{el,est}(k) \quad (62)$$

où

$\eta_{th,est}(k)$ est le rendement estimé de l'énergie thermique récupérable à la fin de l'année k (%);

$\eta_{th}(s)$ est le rendement mesuré de l'énergie thermique récupérable à la session d'essai initiale (%);

$\eta_{el}(s)$ est le rendement électrique mesuré à la session d'essai initiale (%);

$\eta_{el,est}(k)$ est le rendement électrique estimé à la fin de l'année k (%).

Le rendement moyen estimé de l'énergie thermique récupérable pendant chaque année de fonctionnement doit être calculé par la moyenne du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable au début et à la fin de l'année considérée, en utilisant l'approche de l'Équation (61).

14.14 Essai de suivi de la demande d'électricité

14.14.1 Généralités

Cet essai permet de mesurer la consommation de combustible, la puissance électrique de sortie et la puissance thermique récupérée d'un petit système à pile à combustible stationnaire, fonctionnant en mode de suivi de la demande d'électricité. Il fournit ensuite une méthode de calcul du rendement électrique, du rendement de l'énergie thermique récupérable et du rendement global, sur la base des valeurs mesurées.

NOTE Les conditions d'essai sont définies à l'Article 11.

L'essai est effectué en appliquant en principe au système les méthodes d'essai définies en 14.2, 14.3 et 14.4.