

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fuel cell technologies –
Part 4-202: Fuel cell power systems for propulsion and auxiliary power units –
Unmanned aircrafts – Performance test methods**

**Technologies des piles à combustibles –
Partie 4-202: Systèmes à piles à combustible pour les groupes auxiliaires de
puissance et de propulsion – Aéronefs sans pilote – Méthodes d'essai des
performances**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fuel cell technologies –

**Part 4-202: Fuel cell power systems for propulsion and auxiliary power units –
Unmanned aircrafts – Performance test methods**

Technologies des piles à combustibles –

**Partie 4-202: Systèmes à piles à combustible pour les groupes auxiliaires de
puissance et de propulsion – Aéronefs sans pilote – Méthodes d'essai des
performances**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070, 49.020

ISBN 978-2-8322-7587-0

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.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Fuel cell power system requirements for UAs	9
4.1 System configuration	9
4.2 Appearance and structure	10
4.3 General technical requirements.....	10
5 Test preparation	11
5.1 General.....	11
5.2 Test environment	11
5.3 Test equipment and accuracy	11
6 Test methods.....	12
6.1 Start-up time	12
6.2 Time to achieve rated power output	12
6.3 Rated power output.....	12
6.4 Continuous running duration	12
6.5 Peak power output.....	12
6.6 Output voltage range	13
6.7 Electric efficiency.....	13
6.8 Start-up and shutdown methods.....	13
6.9 Shutdown time	13
6.10 Acoustic noise level	14
6.11 Data transmission	14
6.12 Enclosure H ₂ concentration	15
6.13 H ₂ concentration in fuel exhaust.....	15
6.14 Enclosure IP code.....	15
6.15 H ₂ leakage rate	15
6.16 Warning and monitoring	16
Annex A (informative) Suggested aging test procedure for a fuel cell power system for a UA	17
Annex B (informative) Guidelines for test reports	18
B.1 General.....	18
B.2 Title page.....	18
B.3 Table of contents	18
B.4 Summary report	18
B.5 Detailed report.....	19
B.6 Full report	19
Bibliography.....	20
Figure 1 – General configuration of a fuel cell power system for UAs	10
Figure 2 – Acoustic noise measurement points for fuel cell power system.....	14

Table 1 – Test equipment and accuracy	11
Table 2 – Acoustic noise level correction	14
Table A.1 – Suggested aging test procedure for a fuel cell power system for a UA	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 4-202: Fuel cell power systems for propulsion and auxiliary power units – Unmanned aircrafts – Performance test methods

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62282-4-202 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
105/998/FDIS	105/1009/RVD

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

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

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

A list of all parts in the IEC 62282 series, published under the general title *Fuel cell technologies*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

INTRODUCTION

This part of IEC 62282-4 provides consistent and repeatable test methods for the electrical, thermal and environmental performance of fuel cell power systems for unmanned aircrafts.

The IEC 62282-4 series deals with the safety, performance, and interchangeability of fuel cell power systems for propulsion for categories of vehicles other than road vehicles and for auxiliary power units (APUs). Among the categories covered by the IEC 62282-4 series, this document focuses on fuel cell power systems for unmanned aircrafts because there is an urgent demand for such an application in the world.

This part of IEC 62282-4 describes type tests and their test methods only. No routine tests are required or identified, and no performance targets are set in this document.

The purpose of this document is to evaluate the fuel cell system in the various combinations of fuel cell and unmanned aircrafts. This document provides a framework for designing and evaluating a fuel cell system for use specifically in an unmanned aircraft.

This part of IEC 62282-4 can be used by manufacturers of fuel cell power systems used for unmanned aircrafts or those who evaluate the performance of their systems for certification purposes.

Users of this document selectively execute test items that are suitable for their purposes from those described in this document. This document is not intended to exclude any other methods.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 4-202: Fuel cell power systems for propulsion and auxiliary power units – Unmanned aircrafts – Performance test methods

1 Scope

This part of IEC 62282 covers performance test methods of fuel cell power systems intended to be used to power unmanned aircrafts, including general requirements, start-up, shutdown, power output, continuous running time, electric efficiency, data transmission, warning and monitoring, environmental compatibility, etc.

The scope of this document is limited to electrically powered unmanned aircrafts with a maximum take-off mass not exceeding 150 kg (i.e. level 5 or lower unmanned aircrafts (UAs)).

This document applies to fuel cell power systems with a rated output voltage not exceeding 220 V DC for outdoor use.

This document applies only to compressed gaseous hydrogen-fuelled fuel cell power systems.

This document does not apply to reformer-equipped fuel cell power systems.

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 60050-485, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 485: Fuel cell technologies*, available at <http://www.electropedia.org>

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-485 and the following apply.

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

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

3.1

unmanned aircraft

unmanned aerial vehicle

remotely-piloted aircraft

UA

UAV

RPA

aircraft without a human pilot aboard with its flight being controlled either autonomously by onboard control systems or by the remote control of a pilot on the ground

[SOURCE: ISO 21384-4:2020, 3.67 and 3.79, modified – The terms are listed under a single entry as equivalent terms and the definition has been adapted for the purposes of this document and to add clarity.]

3.2

fuel cell power system for UA

fuel cell power system onboard a UA that provides electric power for propulsion and non-propulsion needs of the UA during its flight

3.3

start-up time

time duration from the moment a signal is sent out or an action is taken to start up the fuel cell power system to the moment the fuel cell power system is able to provide net electric power output

[SOURCE: IEC 60050-485:2020, 485-20-05, modified – The definition has been adapted for the purposes of this document and to add clarity.]

3.4

shutdown time

time duration from the moment a signal is sent out or an action is taken to shut down the fuel cell power system to the moment the fuel cell power system shuts down completely

[SOURCE: IEC 60050-485:2020, 485-20-04, modified – The definition has been adapted for the purposes of this document and to add clarity.]

3.5

rated power output

maximum continuous DC power output of the fuel cell power system when operated under normal conditions specified by the fuel cell power system manufacturer

Note 1 to entry: A continuous running duration of the fuel cell power system at rated power output can be agreed upon by the related parties.

3.6

peak power output

maximum DC power output of the fuel cell power system that can last for a short time

Note 1 to entry: It is recommended that the time duration be more than 2 min.

Note 2 to entry: The time duration can also be agreed upon by the related parties based on actual situations.

3.7

output voltage range

under the normal operational conditions specified by the fuel cell power system manufacturer, range from the lowest output voltage to the highest output voltage of the fuel cell power system in the entire process from start-up, to operation, to shutdown

Note 1 to entry: It is important that the DC output voltage of the fuel cell power system is always within the input voltage range of the DC/DC or DC/AC converter or the electronic speed controller (ESC) used on the UA by the UA manufacturer.

3.8

continuous running duration

under the normal operational conditions specified by the fuel cell power system manufacturer, time duration the fuel cell power system can last at the rated power output with its output voltage within the output voltage range described in 3.7

Note 1 to entry: The DC/DC or DC/AC converter or the electronic speed controller used on the UA can either be damaged or not function effectively when the output DC voltage from the fuel cell power system is out of the input voltage range of the DC/DC or DC/AC converter or the electronic speed controller.

3.9

H₂ management subsystem

combination of all the parts, apparatus, devices, pipes, connectors and controls that is responsible for sending hydrogen from the H₂ storage vessel to the fuel cell module

Note 1 to entry: The fuel management subsystem can include all or part of the following: stop valve, filter, electromagnetic valve, pressure regulator, fusible valve, excess flow valve, pressure release valve, unidirectional valve, ejector, recirculation pump, pressure sensor, temperature sensor, pressure gauge, flowmeter, controls.

Note 2 to entry: The hydrogen storage vessel is not included in the H₂ management subsystem. Parts that accompany the hydrogen storage vessel to be supplied to the fuel cell power system manufacturer can be considered not the responsibility of the fuel cell power system manufacturer.

3.10

H₂ leakage rate

ratio of the amount of hydrogen leaking out of the fuel cell power system to the amount of hydrogen theoretically required by the fuel cell power system at the rated power output

3.11

power management subsystem

device or system that manages the DC power from both the fuel cell module and the energy storage subsystem, sends unregulated main DC power to the UA's propulsion system, and sends either regulated or unregulated minor DC or AC power to the power consuming devices within the fuel cell power system for the internal power needs

4 Fuel cell power system requirements for UAs

4.1 System configuration

Figure 1 illustrates the general fuel cell power system configuration pertaining to this document, and shows the system boundary and physical items entering and leaving the system.

The fuel cell power system can contain part or all of the subsystems.

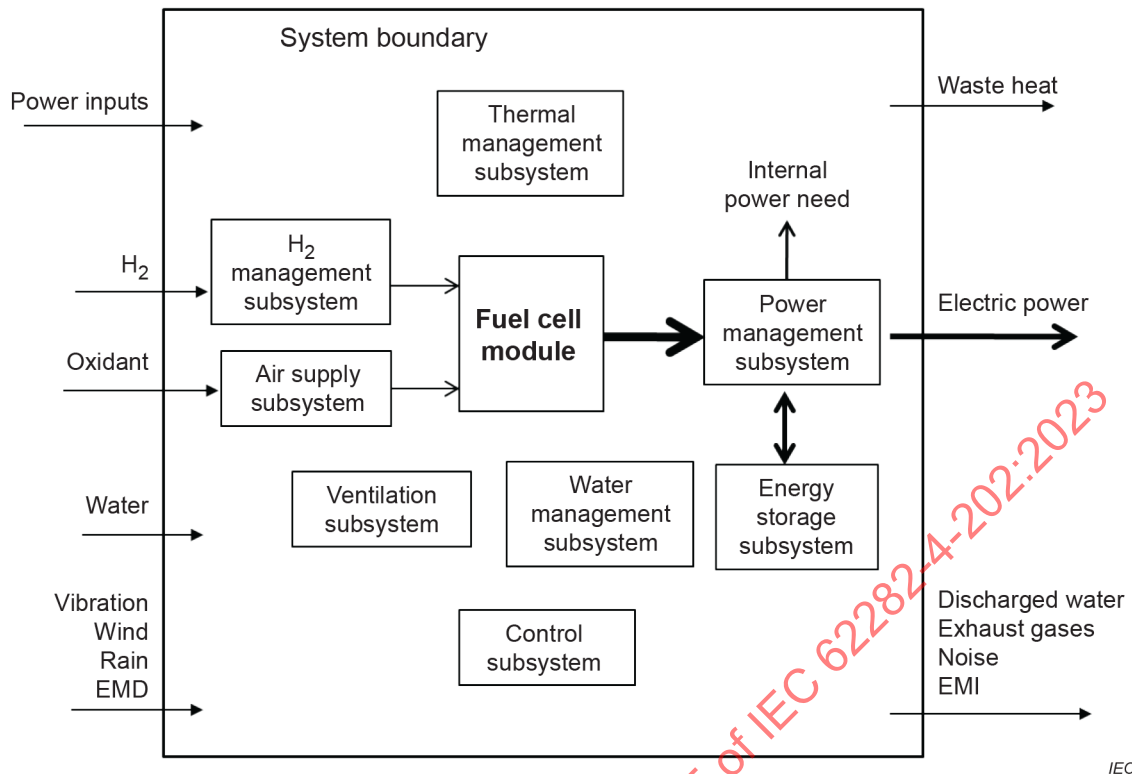


Figure 1 – General configuration of a fuel cell power system for UAs

The power management subsystem provides unregulated DC power to the DC/DC or DC/AC converter or the electronic speed controller, provided by the UA manufacturer. In other words, any device that is required to regulate the main DC power from the fuel cell power system to propel the UA is not part of the fuel cell power system in this document. However, the power management subsystem provides unregulated or regulated DC or AC power for the internal power need of the fuel cell power system.

4.2 Appearance and structure

- 1) The appearance of the fuel cell power system shall show no signs of mechanical damage, cracks, dents, rust, and obvious deformation.
- 2) There shall be no sharp edges and corners that can cause injury to human beings.
- 3) During the normal operation of the fuel cell power system, parts, modules, subsystems, and connections within the system shall be sturdy and reliable, without loss of stability, deformation, breaking and abrasion.
- 4) The communications connection ports, the power connection ports, the user interfaces, and the hydrogen inlet and outlet ports of the fuel cell power system shall be labelled clearly.
- 5) The positive voltage terminal and the negative voltage terminal of the fuel cell power system shall be labelled clearly.

4.3 General technical requirements

- 1) The fuel cell power system shall be operational under the following environment conditions: temperature: $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; pressure: 86 kPa to 106 kPa, relative humidity: $\geq 60\%$.
- 2) The fuel cell power system shall be able to provide enough electric power to the propulsion system, ancillaries, payload, etc. of the UA from take-off to landing during normal flights.
- 3) The fuel cell power system itself or the communications system of the UA shall be able to communicate with the ground control system, and provide information on the fuel cell system's state-of-health, remaining fuel, battery's voltage, alarm conditions, etc., provided the tele-message transmission is under normal conditions.

- 4) In situations where the UA loses communication with the ground control system, the fuel cell power system shall be able to continue providing electric power to the propulsion system, ancillaries, payload, etc. of the UA, and carry out pre-designated plans under such circumstances.
- 5) The key operational parameters of the fuel cell power system shall be able to be monitored and controlled in-situ.

5 Test preparation

5.1 General

According to the guidelines or instructions from the fuel cell power system manufacturer, put the fuel cell power system in the testing environment, make all the connections both mechanical and electrical, and connect the fuel cell power system to an electric load bank and other measuring and monitoring devices.

If the environment temperature is out of the 15 °C to 25 °C range, leave the fuel cell power system in the environment for at least 2 h before the test is started.

During the tests, the results are read and recorded every second.

5.2 Test environment

The normal test environment conditions are as follows:

- temperature: 20 °C ± 5 °C;
- pressure: 86 kPa to 106 kPa;
- relative humidity: ≥ 60 %.

If the fuel cell powered UA is going to be used out of the above environmental conditions, the parties involved should take those factors into consideration, and if necessary and agreed, the fuel cell power system should be tested under the intended conditions.

Detailed testing conditions should be given in the test reports.

NOTE Both the power output of the fuel cell power system and the lifting force of the UA decline with the increase in altitude.

5.3 Test equipment and accuracy

The major equipment and the accuracy used for the performance test are given in Table 1.

Table 1 – Test equipment and accuracy

Equipment	Unit	Accuracy
Barometer	kPa	±1 % (full scale)
Humidity meter	%	±3 % (RH)
Temperature sensor	°C	±1,0
Pressure sensor	kPa	±1 % (full scale)
Flowmeter	l/min, g/min	±1 % (full scale)
Flow rate controller	l/min, g/min	±1 % (full scale)
Voltmeter	V	±1 % (full scale)
Current meter	A	±1 % (full scale)
H ₂ concentration sensor	% vol	±1 % (full scale)
Noise meter	dB	±1

6 Test methods

6.1 Start-up time

After the fuel cell power system is set up and all the test equipment is in place, start the fuel cell power system by sending a start-up signal to the fuel cell power system, and measure the time duration from the moment the start-up signal is sent out to the moment the fuel cell power system has net electric power output.

6.2 Time to achieve rated power output

After the start-up is completed as described in 6.1, set the load of the load bank to the rated power of the fuel cell power system, apply the load, and measure the time duration from the moment the rated power load is applied to the moment the fuel cell power system reaches the rated power output.

6.3 Rated power output

Operate the fuel cell power system continuously with a fixed load equivalent to the rated power output given by the fuel cell power system manufacturer for a time duration as long as the continuous running duration given by the fuel cell power system manufacturer, read and record the output voltage of the fuel cell power system. If the output voltage is within the output voltage range given by the fuel cell power system manufacturer, then the rated power output and the continuous running duration given by the fuel cell power system manufacturer are confirmed.

The allowable variation of rated power output during the test is $\pm 3\%$.

NOTE 1 If the fuel cell power system cannot operate at the rated power output for the continuous running duration given by the fuel cell power system manufacturer, then either the rated power output or the continuous running duration given by the fuel cell power system manufacturer is incorrect.

NOTE 2 If the fuel cell power system can operate at the rated power output for the continuous running duration given by the fuel cell power system manufacturer, but the voltage output drifts out of the output voltage range given by the fuel cell system manufacturer, then either the rated power output or the continuous running duration or the output voltage range given by the fuel cell power system manufacturer is incorrect.

NOTE 3 As the fuel cell power system ages with time, the rated power output or the continuous running duration is likely to decline, a suggested aging test procedure is given in Annex A for reference.

6.4 Continuous running duration

After the fuel cell power system is started, increase its power output to the rated power output, set up the load to the fixed power output mode, measure the time duration from the moment the fuel cell power system is able to provide the rated power output to the moment the output voltage of the fuel cell power system drifts out of the output voltage range.

NOTE If the test of 6.3 confirms the continuous running duration given by the fuel cell system manufacturer, it will possibly not be necessary to carry out the test of 6.4.

6.5 Peak power output

Operate the fuel cell power system at the peak power output given by the fuel cell power system manufacturer for the time duration provided by the fuel cell power system manufacturer. If the output voltage of the fuel cell power system is within the output voltage range, then this power output is the peak power output of the fuel cell power system.

The allowable variation of peak power output during the test is $\pm 3\%$.

NOTE If the output voltage of the fuel cell power system drifts out of the output voltage range given by the fuel cell power system manufacturer during the test, either the peak power, or the duration that fuel cell power system can operate at the peak power, or the output voltage range given by the fuel cell power system manufacturer is incorrect.

For a fixed wing UA or a rotary wing UA, the peak power output of the fuel cell power system should be at least 1,5 times its rated power output.

For a fixed wing UA that takes off and lands vertically, the peak power output of the fuel cell power system should be at least 3,0 times its rated power output.

6.6 Output voltage range

Record the voltage from start-up, to rated power operation for the continuous running duration given by the fuel cell system manufacturer, to peak power operation for the duration given by the fuel cell system manufacturer, and to shutdown of the entire operation process. The lowest to the highest output DC voltage of the fuel cell power system is the output voltage range.

NOTE The rated power output, continuous running duration, peak power output, peak power output duration, and output voltage range are all related, particularly for using open-cathode air-cooled stacks.

6.7 Electric efficiency

After the fuel cell power system is started, disconnect the internal power supply subsystem, and operate the fuel cell power system at the rated power output P_{rated} for 0,5 h; divide the net energy output from the fuel cell power system by the hydrogen energy input to the fuel cell power system (using the lower heating value, 242 kJ/mol) within this 0,5 h to calculate the electric efficiency of the fuel cell power system as shown by Equation (1):

$$\eta_{\text{ne}} = [0,5 \times P_{\text{rated}} / (242 \times Q_{\text{cons}} / 3\,600)] \times 100 \% \quad (1)$$

where

η_{ne} is the electric efficiency (%);

P_{rated} is the rated power output (kW);

Q_{cons} is the cumulated hydrogen consumption (mol).

6.8 Start-up and shutdown methods

For the manual start-up and shutdown methods, start up or shut down the fuel cell power system manually, check whether the fuel cell power system can be started or shut down normally.

For the remote control start-up and shutdown methods, start up or shut down the fuel cell power system remotely by electronic signals from an electronic device such as a remote controller or a computer, check whether the fuel cell power system can be started or shut down normally.

For the autonomous start-up and shutdown methods, set up a time to start up or shut down the fuel cell power system autonomously, check whether the fuel cell power system starts or shuts down normally.

NOTE A fuel cell power system has at least one of the following three start-up and shutdown methods: manual, remote control, and autonomous.

6.9 Shutdown time

Send a shutdown signal manually, remotely, or autonomously to the fuel cell power system that is running at the rated power output, measure the time duration from the moment the signal is sent out to the moment the fuel cell power system shuts down completely.

NOTE IEC 485-19-01 defines shutdown as the "sequence of operations that occurs to transition a fuel cell power system from the operational state to the passive state, the pre-generation state, or the cold state."

6.10 Acoustic noise level

Operate the fuel cell power system at the rated power output. Envision the fuel cell power system being a box having six sides as shown in Figure 2, measure the noise levels in the front, back, left, and right four directions at points A, B, C, and D. The noise measurement equipment is kept at a 1 m distance from each side of the fuel cell power system in all the four measurement directions, and is 1,2 m above the bottom surface.

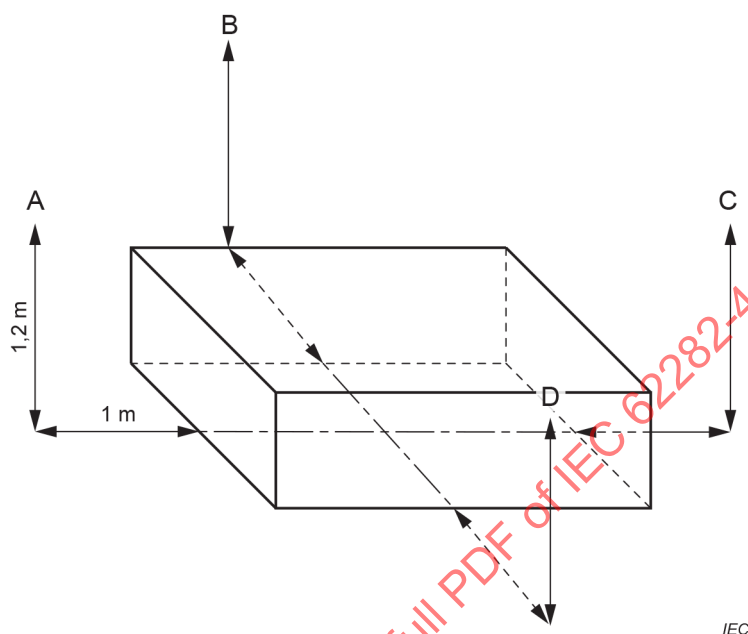


Figure 2 – Acoustic noise measurement points for fuel cell power system

Turn off the fuel cell power system, and measure the background noise levels the same way.

If the measured noise levels are no more than 10 dB over the background noise level, correct the noise levels according to Table 2.

Table 2 – Acoustic noise level correction

Difference between the measured noise levels and the background noise level (dB)	3	4	5	6	7	8	9
Correction (dB)	–3	–2			–1		

6.11 Data transmission

Connect a communication device or a data transmission device to the communications port or data transmission port of the fuel cell power system, start up the fuel cell power system, increase the power output to the rated power output, operate at the rated power output for a few minutes, increase the power output to the peak power output, operate at the peak power output for at least 1 min, decrease the power output to the rated power output, disconnect the external power load and wait for 1 min, then shut down the fuel cell power system. Report the transmitted data received by the communication device at each of the above stages.

6.12 Enclosure H₂ concentration

Place the fuel cell power system into the enclosure of its own, or the enclosure of the UA at the designated location for the fuel cell power system, or into an enclosure that has a similar space as that of the enclosure of the UA for hosting the fuel cell power system, operate the fuel cell power system at the rated power output, and measure the hydrogen concentration using a hydrogen concentration sensor that is placed at the highest point of the interior of the enclosure for a time period until the hydrogen concentration does not show apparent changes.

The maximum concentration allowable should be less than 25 % of the lower flammability limit (LFL) of hydrogen.

NOTE Any H₂ purged out of the fuel cell power system is conducted out of the enclosure.

6.13 H₂ concentration in fuel exhaust

Operate the fuel cell power system at the rated power output, place a hydrogen concentration sensor 10 cm from the centre of the exhaust port and on an imaginary line that is perpendicular to the cross-section of the exhaust port, measure the hydrogen concentration for no less than 10 min.

NOTE The H₂ concentration in the fuel exhaust can be higher than 50 % LFL during the short purging time, but if the H₂ concentration is higher than 50 % LFL continuously, there is something wrong with the fuel cell power system.

6.14 Enclosure IP code

Based on the IP code given by the fuel cell power system manufacturer, perform the IP code test according to IEC 60529 at the rated power output.

For the fuel cell power system that is installed within an enclosure or within the shell of the UA, the test should be carried out within the enclosure or the shell of the UA.

6.15 H₂ leakage rate

Install a flowmeter before the hydrogen inlet to the fuel cell module, set the hydrogen inlet pressure to the working pressure provided by the fuel cell power system manufacturer, open the hydrogen exhaust port of the fuel cell power system, supply hydrogen to the fuel cell power system for 1 min, then close the hydrogen exhaust port. Wait for 10 min, then record the hydrogen flow rate shown by the hydrogen flowmeter. Convert the hydrogen flow rate to mol/s, and this is q_{leak} .

The theoretical hydrogen consumption rate at the rated power output is given by Equation (2):

$$q_t = NI/(2F) \quad (2)$$

where

q_t is the theoretical hydrogen consumption rate at the rated power output (mol/s);

N is the number of cells in the fuel cell module;

I is the current of the fuel cell module (A);

F is the Faraday constant (96485 C/mol).

Then, the hydrogen leakage rate is calculated by Equation (3):

$$\eta_{\text{leak}} = (q_{\text{leak}}/q_t) \times 100 \% \quad (3)$$

The H₂ leakage rate should be smaller than 0,5 %.

NOTE The full scale of the flowmeter can be chosen at 1 % to 5 % q_t .

6.16 Warning and monitoring

Set up the parameters described below out of the normal ranges, and observe if the fuel cell power system sends out warning signals:

- 1) the hydrogen outlet pressure of the hydrogen cylinder is lower than the lowest allowable pressure (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 2) the hydrogen pressure at the hydrogen inlet to the fuel cell module is lower than the designated lowest value (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 3) the hydrogen pressure at the hydrogen inlet to the fuel cell module is higher than the designated highest value (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 4) the output DC voltage of the fuel cell power system is lower than the designated lowest value (the fuel cell power system shall be in the operational state and offer net power output);
- 5) the output DC voltage of the fuel cell power system is higher than the designated highest value (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 6) the current output of the fuel cell power system is higher than the designated over-current limiting value (the fuel cell power system shall be in the operational state and offer net power output);
- 7) the ambient temperature is lower than the designated lowest temperature limit (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 8) the ambient temperature is higher than the designated highest temperature limit (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 9) the voltage output of the energy storage module is lower than the designated lowest limit (the fuel cell power system is not required to provide net power output);
- 10) the enclosure hydrogen concentration is higher than 50 % of the LFL of hydrogen (the fuel cell power system is not required to provide net power output).

NOTE Guidelines for test reports are given in Annex B for reference.

Annex A (informative)

Suggested aging test procedure for a fuel cell power system for a UA

The procedure for the lifetime test of the fuel cell power system for a UA can be agreed upon by related parties. The basic principle to follow is that the power output and the power transients of the fuel cell power system should be as close as possible to the actual situation when the UA is used. Table A.1 gives a suggested procedure that can be referenced.

The 2-min durations at the peak power output are based on the consideration that the UA will possibly require the peak power output for a maximum of 2 min during take-off, acceleration, changing directions, or encountering air turbulence.

The 45-min shutdown duration is based on the consideration that the formation of the hydrogen/air boundary at the anodes of the fuel cell module during start-up and shutdown will impact the lifetime of the fuel cell power system, and a time duration of 45 min is expected to be long enough for air to diffuse into the anodes of the fuel cell modules for open-cathode air-cooled stacks.

Table A.1 – Suggested aging test procedure for a fuel cell power system for a UA

State	Start-up and rated power output	Peak power output	Rated power output	Peak power output	Rated power output	Peak power output	Rated power output	Shutdown
Duration (min)	6	2	1/3 of the continuous running time	2	1/3 of the continuous running time	2	1/3 of the continuous running time	≥ 45

Annex B (informative)

Guidelines for test reports

B.1 General

Test reports shall accurately, clearly, and objectively present sufficient information and data to demonstrate that all the objectives of the tests have been attained. As a minimum requirement, the test report shall include a title page, a table of contents, and a summary report.

B.2 Title page

The title page shall present the following information:

- a) report number;
- b) type of report (summary, detailed, or full report);
- c) author(s) of report;
- d) entity conducting the test;
- e) date of report;
- f) location of the test;
- g) title of the test;
- h) date and time of the test;
- i) fuel cell power system identification code or the manufacturer name or both.

B.3 Table of contents

The table of contents shall present the title of chapters, clauses, subclauses, etc. in the report with the page numbers in an orderly sequence.

B.4 Summary report

The summary report shall include the following information:

- a) objective of the test;
- b) description of the test, equipment, and instruments;
- c) ambient conditions;
- d) all test results;
- e) analysis of the results as appropriate;
- f) discussion of the test and the results as appropriate (i.e. comments and observations);
- g) conclusions as appropriate.

B.5 Detailed report

The detailed report shall include the following information in addition to the information contained in the summary report:

- a) type, specifications and operating configuration of the fuel cell power system and the process flow diagram showing the system boundary;
- b) description of the arrangements, location and operating conditions of the equipment and instruments;
- c) reference to the calculation method;
- d) tabular and graphical presentation of the results;
- e) discussion of the test and its results (i.e. comments and observations).

B.6 Full report

The full report shall include the following information in addition to the information contained in the detailed report:

- a) copies of original data sheets that shall include the following information in addition to the measurement data:
 - data and time of the test run;
 - measurement accuracy of instruments used for the test;
 - name and qualification of person(s) conducting the test.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

Bibliography

IEC 62282-3-200:2015, *Fuel cell technologies – Part 3-200: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods*

IEC 62282-3-201:2017, *Fuel cell technologies – Part 3-201: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems*

IEC 62282-4-102:2022, *Fuel cell technologies – Part 4-102: Fuel cell power systems for electrically powered industrial trucks – Performance test methods*

IEC 62282-6-200:2016, *Fuel cell technologies – Part 6-200: Micro fuel cell power systems – Performance test methods*

ISO 21384-4:2020 *Unmanned aircraft systems – Part 4: Vocabulary*

GB/T 38954-2020, *Hydrogen fuel cell power system for unmanned aerial vehicles*

T/CEEIA 264-2017, *Technical specification of fuel cell power system for unmanned aerial vehicle*

T/CEEIA 265-2017, *Technical specification of fuel cell fuel system for unmanned aerial vehicle*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives	27
3 Termes et définitions	27
4 Exigences relatives au système à pile à combustible pour UA	29
4.1 Configuration du système	29
4.2 Aspect et structure.....	30
4.3 Exigences techniques générales	30
5 Préparation de l'essai	31
5.1 Généralités	31
5.2 Environnement d'essai.....	31
5.3 Équipement et précision d'essai.....	32
6 Méthodes d'essai.....	32
6.1 Temps de démarrage	32
6.2 Temps d'obtention de la puissance de sortie assignée.....	32
6.3 Puissance de sortie assignée.....	32
6.4 Durée de fonctionnement continu.....	33
6.5 Puissance de sortie de crête.....	33
6.6 Plage de tensions de sortie.....	33
6.7 Rendement électrique	34
6.8 Méthodes de démarrage et d'arrêt	34
6.9 Temps d'arrêt	34
6.10 Niveau de bruit acoustique.....	34
6.11 Transmission de données.....	35
6.12 Concentration de H ₂ dans l'enveloppe	35
6.13 Concentration de H ₂ dans les gaz d'échappement.....	36
6.14 Code IP de l'enveloppe	36
6.15 Débit de fuite de H ₂	36
6.16 Avertissement et surveillance.....	37
Annexe A (informative) Procédure d'essai de vieillissement suggérée pour un système à pile à combustible pour un UA.....	38
Annexe B (informative) Lignes directrices pour les rapports d'essai	39
B.1 Généralités	39
B.2 Page de titre	39
B.3 Sommaire	39
B.4 Rapport résumé	39
B.5 Rapport détaillé	40
B.6 Rapport complet	40
Bibliographie.....	41
Figure 1 – Configuration générale d'un système à pile à combustible pour UA.....	30
Figure 2 – Points de mesure du bruit acoustique pour le système à pile à combustible	35
Tableau 1 – Équipement et précision d'essai	32

Tableau 2 – Correction du niveau de bruit acoustique.....	35
Tableau A.1 – Proposition de procédure d’essai de vieillissement d’un système à pile à combustible pour un UA.....	38

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

**Partie 4-202: Systèmes à piles à combustible pour les groupes auxiliaires
de puissance et de propulsion – Aéronefs sans pilote –
Méthodes d'essai des performances**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 62282-4-202 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
105/998/FDIS	105/1009/RVD

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 cette Norme internationale est l'anglais.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62282, publiées sous le titre général *Technologies des piles à combustible*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62282-4 fournit des méthodes d'essai cohérentes et reproductibles pour les performances électriques, thermiques et environnementales des systèmes à piles à combustible pour aéronefs sans pilote.

La série IEC 62282-4 traite de la sécurité, des performances et de l'interchangeabilité des systèmes à piles à combustible utilisés pour la propulsion, pour des catégories de véhicules autres que celles destinées aux véhicules routiers et aux groupes auxiliaires de puissance (GAP). Parmi les catégories couvertes par la série IEC 62282-4, le présent document se concentre sur les systèmes à piles à combustible destinés aux aéronefs sans équipage, car une telle application est demandée de toute urgence dans le monde.

La présente partie de l'IEC 62282-4 ne décrit que les essais de type et leurs méthodes d'essai. Le présent document ne spécifie aucune exigence pour les essais individuels de série et n'établit aucun objectif de performance.

Le présent document a pour objet d'évaluer le système à pile à combustible dans les différentes combinaisons de fonctionnement des piles à combustible et des aéronefs sans pilote. Le présent document propose un cadre de conception et d'évaluation d'un système à pile à combustible destiné spécifiquement aux aéronefs sans pilote.

La présente partie de l'IEC 62282-4 peut être utilisée par les fabricants de systèmes à piles à combustible pour aéronefs sans pilote ou par les responsables chargés de l'évaluation des performances de leurs systèmes à des fins de certification.

Les utilisateurs du présent document exécutent de manière sélective, parmi les éléments d'essai décrits dans le présent document, ceux qui sont adaptés à leurs objectifs. Le présent document n'a pas pour objet d'exclure toute autre méthode d'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62282-4-202:2023

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 4-202: Systèmes à piles à combustible pour les groupes auxiliaires de puissance et de propulsion – Aéronefs sans pilote – Méthodes d'essai des performances

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 couvre les méthodes d'essai des performances des systèmes à piles à combustible à utiliser pour alimenter des aéronefs sans pilote et comporte les exigences générales, le démarrage, l'arrêt, la puissance de sortie, la durée de fonctionnement continu, le rendement électrique, la transmission de données, les avertissements et la surveillance, la compatibilité environnementale, etc.

Le domaine d'application du présent document est limité aux aéronefs sans pilote à propulsion électrique dont la masse maximale au décollage ne dépasse pas 150 kg (c'est-à-dire les aéronefs sans pilote de niveau 5 ou inférieur).

Le présent document s'applique aux systèmes à piles à combustible d'une tension de sortie assignée d'au maximum 220 V en courant continu pour utilisation à l'extérieur.

Le présent document s'applique uniquement aux systèmes à piles à combustible utilisant de l'hydrogène gazeux comprimé.

Le présent document ne s'applique pas aux systèmes à piles à combustible équipés d'un reformeur.

2 Références normatives

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

IEC 60050-485, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 485: Technologies des piles à combustible*, disponible sur <http://www.electropedia.org>

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60050-485 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

3.1

aéronef sans pilote
véhicule aérien sans pilote
aéronef télépiloté

UA

UAV

RPA

aéronef sans pilote humain à bord, dont le vol est contrôlé de manière autonome par des systèmes de contrôle embarqués ou par la commande à distance d'un pilote au sol

Note 1 à l'article: L'abréviation "UA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Unmanned Aircraft".

Note 2 à l'article: L'abréviation "UAV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Unmanned Aerial Vehicle".

Note 3 à l'article: L'abréviation "RPA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Remotely Piloted Aircraft".

[SOURCE: ISO 21384-4:2020, 3.67 et 3.79, modifiés – Les termes sont énumérés sous une seule entrée en tant que termes équivalents et la définition a été adaptée aux fins du présent document et dans un souci de clarté.]

3.2

système à pile à combustible pour UA

système à pile à combustible embarqué sur un UA, qui fournit de la puissance électrique pour couvrir les besoins de la propulsion et les besoins différents de la propulsion de l'UA pendant le vol

3.3

temps de démarrage

durée entre le moment où un signal est envoyé ou une action est entreprise pour démarrer le système à pile à combustible et le moment où le système à pile à combustible est capable de fournir une puissance électrique nette de sortie

[SOURCE: IEC 60050-485:2020, 485-20-05, modifié – La définition a été adaptée pour les besoins du présent document et dans un souci de clarté.]

3.4

temps d'arrêt

durée entre le moment où un signal est envoyé ou une action est entreprise pour arrêter le système à pile à combustible et le moment où le système à pile à combustible s'arrête complètement

[SOURCE: IEC 60050-485:2020, 485-20-04, modifié – La définition a été adaptée pour les besoins du présent document et dans un souci de clarté.]

3.5

puissance de sortie assignée

puissance de sortie continue maximale en courant continu du système à pile à combustible lorsqu'il fonctionne dans les conditions normales spécifiées par le fabricant du système à pile à combustible

Note 1 à l'article: Une durée de fonctionnement continu du système à pile à combustible à la puissance de sortie assignée peut être convenue par les parties concernées.

3.6

puissance de sortie de crête

puissance de sortie maximale en courant continu du système à pile à combustible qui peut être maintenue pendant une courte durée

Note 1 à l'article: Il est recommandé que cette durée soit supérieure à 2 min.

Note 2 à l'article: La durée peut également être convenue par les parties concernées en fonction des situations réelles.

3.7

plage de tensions de sortie

dans les conditions normales de fonctionnement spécifiées par le fabricant du système à pile à combustible, c'est la plage comprise entre la tension de sortie la plus basse et la tension de sortie la plus élevée du système à pile à combustible pendant tout le processus, du démarrage à l'arrêt, en passant par le fonctionnement

Note 1 à l'article: Il est important que la tension de sortie en courant continu du système à pile à combustible soit toujours comprise dans la plage de tensions d'entrée du convertisseur continu/continu ou continu/alternatif ou du variateur de vitesse électronique (ESC, Electronic Speed Controller) utilisé sur l'UA par le fabricant de l'UA.

3.8

durée de fonctionnement continu

dans les conditions normales de fonctionnement spécifiées par le fabricant du système à pile à combustible, c'est la durée pendant laquelle le système à pile à combustible peut fonctionner à la puissance de sortie assignée avec une tension de sortie comprise dans la plage de tensions de sortie décrite en 3.7

Note 1 à l'article: Le convertisseur continu/continu ou continu/alternatif ou le variateur de vitesse électronique utilisé sur l'UA peut être endommagé ou ne pas fonctionner efficacement lorsque la tension de sortie en courant continu du système à pile à combustible est hors de la plage de tensions d'entrée du convertisseur continu/continu ou continu/alternatif ou du variateur de vitesse électronique.

3.9

sous-système de gestion du H₂

combinaison de toutes les parties, appareils, dispositifs, tuyaux, connecteurs et commandes qui sont responsables de l'envoi de l'hydrogène du réservoir de stockage de H₂ au module de pile à combustible

Note 1 à l'article: Le sous-système de gestion du combustible peut comprendre la totalité ou une partie des éléments suivants: vanne d'arrêt, filtre, électrovanne, régulateur de pression, fusible, valve limitant le débit, valve de surpression, vanne unidirectionnelle, éjecteur, pompe de recirculation, capteur de pression, capteur de température, manomètre, débitmètre, commandes.

Note 2 à l'article: Le réservoir de stockage d'hydrogène n'est pas inclus dans le sous-système de gestion de H₂. Les parties qui équipent le réservoir de stockage d'hydrogène fourni au fabricant du système à pile à combustible peuvent être considérées comme ne relevant pas de la responsabilité du fabricant du système à pile à combustible.

3.10

débit de fuite de H₂

rapport entre la quantité d'hydrogène s'échappant du système à pile à combustible et la quantité d'hydrogène théoriquement exigée par le système à pile à combustible à la puissance de sortie assignée

3.11

sous-système de gestion de la puissance

dispositif ou système qui gère la puissance en courant continu du module de pile à combustible et du sous-système de stockage d'énergie, envoie une puissance principale non régulée en courant continu au système de propulsion de l'UA et envoie une puissance secondaire régulée ou non régulée, en courant continu ou alternatif, aux dispositifs consommateurs d'énergie dans le système à pile à combustible pour les besoins de puissance internes

4 Exigences relatives au système à pile à combustible pour UA

4.1 Configuration du système

La Figure 1 représente la configuration générale du système à pile à combustible se rapportant au présent document et représente les limites du système et les éléments physiques entrant et sortant du système.

Le système à pile à combustible peut contenir une partie ou la totalité des sous-systèmes.

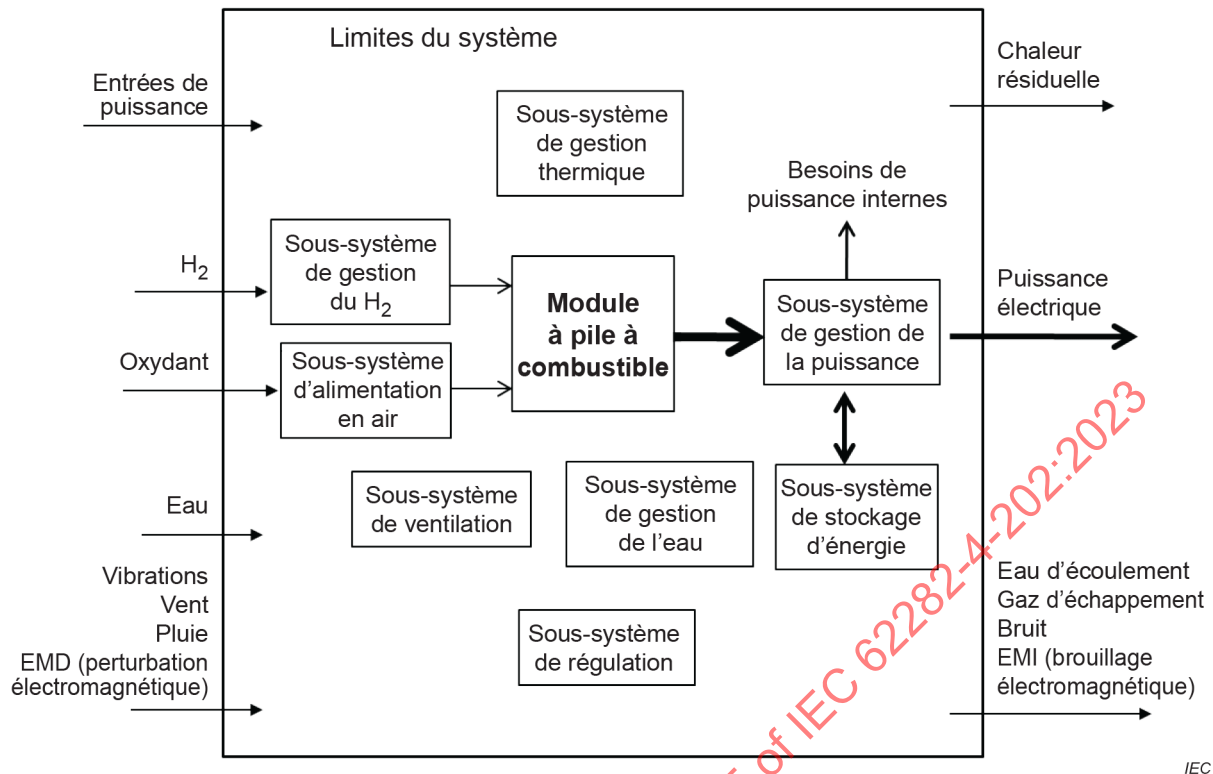


Figure 1 – Configuration générale d'un système à pile à combustible pour UA

Le sous-système de gestion de la puissance fournit une puissance en courant continu non régulée au convertisseur continu/continu ou continu/alternatif ou au variateur de vitesse électronique fourni par le fabricant de l'UA. En d'autres termes, tout dispositif exigé pour réguler la puissance principale en courant continu du système à pile à combustible pour propulser l'UA ne fait pas partie du système à pile à combustible dans le présent document. Cependant, le sous-système de gestion de la puissance fournit un courant continu ou alternatif, non régulé ou régulé, pour les besoins de puissance internes du système à pile à combustible.

4.2 Aspect et structure

- 1) L'aspect du système à pile à combustible ne doit présenter aucun signe de dommages mécaniques, de fissures, d'enfoncements, de rouille ou de déformation évidente.
- 2) Il ne doit pas y avoir d'arêtes ni de coins saillants susceptibles de blesser des personnes.
- 3) Pendant le fonctionnement normal du système à pile à combustible, les parties, les modules, les sous-systèmes et les connexions au sein du système doivent être solides et fiables, sans perte de stabilité, sans déformation, sans rupture et sans abrasion.
- 4) Les accès de connexion de communications, les accès de connexion de puissance, les interfaces utilisateur et les orifices d'entrée et de sortie d'hydrogène du système à pile à combustible doivent être clairement étiquetés.
- 5) La borne de tension positive et la borne de tension négative du système à pile à combustible doivent être étiquetées clairement.

4.3 Exigences techniques générales

- 1) Le système à pile à combustible doit être opérationnel dans les conditions d'environnement suivantes: température: -5 °C à 40 °C , pression: 86 kPa à 106 kPa , humidité relative: $\geq 60\%$.
- 2) Le système à pile à combustible doit être en mesure de fournir suffisamment de puissance électrique au système de propulsion, aux équipements auxiliaires, à la charge utile, etc. de l'UA, du décollage à l'atterrissage pendant les vols normaux.

- 3) Le système à pile à combustible proprement dit ou le système de communications de l'UA doit être en mesure de communiquer avec le système de commande au sol et de fournir des informations sur l'état de santé du système de pile à combustible, le combustible restant, la tension de la batterie, les conditions d'alarme, etc., sous réserve que la transmission de télémessages soit dans des conditions normales.
- 4) Dans les situations où l'UA perd la communication avec le système de commande au sol, le système à pile à combustible doit pouvoir continuer à fournir de la puissance électrique au système de propulsion, aux équipements auxiliaires, à la charge utile, etc. de l'UA, et réaliser des plans prédéfinis dans de telles circonstances.
- 5) Les paramètres opérationnels clés du système à pile à combustible doivent pouvoir être surveillés et contrôlés *in situ*.

5 Préparation de l'essai

5.1 Généralités

Conformément aux lignes directrices ou aux instructions du fabricant du système à pile à combustible, placer le système à pile à combustible dans l'environnement d'essai, réaliser tous les raccordements mécaniques et électriques, puis raccorder le système à pile à combustible à un banc d'essai électrique et à d'autres dispositifs de mesure et de surveillance.

Si la température de l'environnement est hors de la plage de 15 °C à 25 °C, laisser le système à pile à combustible dans l'environnement pendant au moins 2 h avant le début de l'essai.

Pendant les essais, les résultats sont lus et enregistrés une fois par seconde.

5.2 Environnement d'essai

Les conditions normales de l'environnement d'essai sont les suivantes:

- température: 20 °C ± 5 °C;
- pression: 86 kPa à 106 kPa;
- humidité relative: ≥ 60 %.

Si l'UA alimenté par pile à combustible est destiné à être utilisé dans les conditions d'environnement ci-dessus, il convient que les parties concernées tiennent compte de ces facteurs et, si nécessaire et accordé, il convient que le système à pile à combustible soit soumis à essai dans les conditions prévues.

Il convient de consigner les conditions d'essai détaillées dans les rapports d'essai.

NOTE La puissance de sortie du système à pile à combustible et la force de sustentation de l'UA diminuent avec l'augmentation de l'altitude.

5.3 Équipement et précision d'essai

L'équipement principal et la précision utilisée pour l'essai de performance sont indiqués dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Équipement et précision d'essai

Équipement	Unité	Précision
Baromètre	kPa	±1 % (pleine échelle)
Hygromètre	%	±3 % (HR)
Capteur de température	°C	±1,0
Capteur de pression	kPa	±1 % (pleine échelle)
Débitmètre	l/min, g/min	±1 % (pleine échelle)
Régulateur de débit	l/min, g/min	±1 % (pleine échelle)
Voltmètre	V	±1 % (pleine échelle)
Ampèremètre	A	±1 % (pleine échelle)
Capteur de concentration de H ₂	% en volume	±1 % (pleine échelle)
Sonomètre	dB	±1

6 Méthodes d'essai

6.1 Temps de démarrage

Une fois que le système à pile à combustible est installé et que tout l'équipement d'essai est en place, démarrer le système à pile à combustible en envoyant un signal de démarrage au système à pile à combustible, puis mesurer la durée entre le moment où le signal de démarrage est envoyé et le moment où le système à pile à combustible présente une puissance électrique nette de sortie.

6.2 Temps d'obtention de la puissance de sortie assignée

Une fois le démarrage terminé, comme décrit en 6.1, régler la charge du banc d'essai à la puissance assignée du système à pile à combustible, appliquer la charge et mesurer la durée entre le moment où la charge à la puissance assignée est appliquée et le moment où le système à pile à combustible atteint la puissance de sortie assignée.

6.3 Puissance de sortie assignée

Faire fonctionner en permanence le système à pile à combustible avec une charge fixe équivalente à la puissance de sortie assignée indiquée par le fabricant du système à pile à combustible pendant une durée égale à la durée de fonctionnement continu indiquée par le fabricant du système à pile à combustible, relever et consigner la tension de sortie du système à pile à combustible. Si la tension de sortie est comprise dans la plage de tensions de sortie indiquée par le fabricant du système à pile à combustible, la puissance de sortie assignée et la durée de fonctionnement continu indiquée par le fabricant du système à pile à combustible sont confirmées.

La variation admissible de la puissance de sortie assignée pendant l'essai est de ±3 %.

NOTE 1 Si le système à pile à combustible ne peut pas fonctionner à la puissance de sortie assignée pendant la durée de fonctionnement continu indiquée par le fabricant du système à pile à combustible, la puissance de sortie assignée ou la durée de fonctionnement continu indiquées par le fabricant du système à pile à combustible sont incorrectes.

NOTE 2 Si le système à pile à combustible peut fonctionner à la puissance de sortie assignée pendant la durée de fonctionnement continu indiquée par le fabricant du système à pile à combustible, mais que la sortie de tension dérive hors de la plage de tensions de sortie indiquée par le fabricant du système de pile à combustible, la puissance

de sortie assignée, la durée de fonctionnement continu ou la plage de tensions de sortie indiquées par le fabricant du système à pile à combustible sont incorrectes.

NOTE 3 Comme le système à pile à combustible vieillit avec le temps, la puissance de sortie assignée ou la durée de fonctionnement continu est susceptible de diminuer, une procédure d'essai de vieillissement suggérée est donnée dans l'Annexe A pour référence.

6.4 Durée de fonctionnement continu

Après le démarrage du système à pile à combustible, augmenter sa puissance de sortie à la puissance assignée, régler la charge sur le mode de puissance de sortie fixé, mesurer la durée entre le moment où le système à pile à combustible permet de fournir la puissance assignée et le moment où la tension de sortie du système à pile à combustible dérive hors de la plage de tensions de sortie.

NOTE Si l'essai du 6.3 confirme la durée de fonctionnement continu donnée par le fabricant du système à pile à combustible, il ne sera peut-être pas nécessaire de réaliser l'essai du 6.4.

6.5 Puissance de sortie de crête

Faire fonctionner le système à pile à combustible à la puissance de crête donnée par le fabricant du système à pile à combustible pendant la durée fournie par le fabricant du système à pile à combustible. Si la tension de sortie du système à pile à combustible se situe dans la plage de tensions de sortie, alors cette puissance de sortie est la puissance de crête du système à pile à combustible.

La variation admissible de la puissance de sortie de crête au cours de l'essai est de ± 3 %.

NOTE Si la tension de sortie du système à pile à combustible dérive hors de la plage de tensions de sortie indiquée par le fabricant du système à pile à combustible pendant l'essai, la puissance de crête, la durée pendant laquelle le système à pile à combustible peut fonctionner à la puissance de crête ou la plage de tensions de sortie indiquées par le fabricant du système à pile à combustible sont incorrectes.

Pour un UA à voilure fixe ou à voilure tournante, il convient que la puissance de sortie de crête du système à pile à combustible soit au moins égale à 1,5 fois sa puissance de sortie assignée.

Pour un UA à voilure fixe qui décolle et atterrit verticalement, il convient que la puissance de sortie de crête du système à pile à combustible soit au moins égale à 3,0 fois sa puissance de sortie assignée.

6.6 Plage de tensions de sortie

Enregistrer la tension depuis le démarrage, jusqu'au fonctionnement à la puissance assignée pendant la durée de fonctionnement continu indiquée par le fabricant du système à pile à combustible, jusqu'au fonctionnement à la puissance de crête pendant la durée indiquée par le fabricant du système à pile à combustible et jusqu'à l'arrêt de l'ensemble du processus de fonctionnement. La plage de tensions de sortie étant comprise entre la tension de sortie en courant continu la plus élevée du système à pile à combustible et la plus basse.

NOTE La puissance de sortie assignée, la durée de fonctionnement continu, la puissance de sortie de crête, la durée de fonctionnement à la puissance de sortie de crête et la plage de tensions de sortie sont toutes liées, en particulier avec l'utilisation de piles à cathode ouverte refroidie par air.

6.7 Rendement électrique

Après le démarrage du système à pile à combustible, déconnecter le sous-système d'alimentation interne et faire fonctionner le système à pile à combustible à la puissance de sortie assignée, $P_{\text{assignée}}$, pendant 0,5 h; diviser l'énergie nette fournie au système à pile à combustible par l'énergie d'hydrogène absorbée par le système à pile à combustible (en utilisant le pouvoir calorifique inférieur, 242 kJ/mol) pendant 0,5 h pour calculer le rendement électrique du système à pile à combustible, comme représenté par l'Équation (1):

$$\eta_{\text{ne}} = [0,5 \times P_{\text{assignée}} / (242 \times Q_{\text{cons}} / 3\,600)] \times 100 \% \quad (1)$$

où

η_{ne} est le rendement électrique (%);

$P_{\text{assignée}}$ est la puissance de sortie assignée (kW);

Q_{cons} est la consommation d'hydrogène cumulée (mol).

6.8 Méthodes de démarrage et d'arrêt

Pour les méthodes de démarrage et d'arrêt manuelles, démarrer ou arrêter manuellement le système à pile à combustible, vérifier si le système à pile à combustible peut être démarré ou arrêté normalement.

Pour les méthodes de démarrage et d'arrêt commandées à distance, démarrer ou arrêter le système à pile à combustible à distance par des signaux électroniques émis par un dispositif électronique comme un dispositif de commande à distance ou un ordinateur, vérifier si le système à pile à combustible peut être démarré ou arrêté normalement.

Pour les méthodes de démarrage et d'arrêt autonomes, définir un moment de démarrage et d'arrêt du système à pile à combustible de manière autonome, vérifier si le système à pile à combustible démarre ou s'arrête normalement.

NOTE Un système à pile à combustible offre au moins l'une des trois méthodes de démarrage et d'arrêt suivantes: manuelle, à distance et autonome.

6.9 Temps d'arrêt

Envoyer un signal d'arrêt manuellement, à distance ou de manière autonome au système à pile à combustible qui fonctionne à la puissance de sortie assignée, mesurer la durée entre le moment où le signal est envoyé et le moment où le système à pile à combustible s'arrête complètement.

NOTE L'IEV 485-19-01 définit l'arrêt comme "la séquence de fonctionnement qui se produit au moment de la transition d'un système à pile à combustible, d'un mode opérationnel à un état passif, un état de régénération ou un état froid".

6.10 Niveau de bruit acoustique

Faire fonctionner le système à pile à combustible à la puissance de sortie assignée. Envisager que le système à pile à combustible soit un boîtier à six côtés comme représenté à la Figure 2, mesurer les niveaux de bruit à l'avant, à l'arrière, à gauche et à droite aux points A, B, C et D. L'équipement de mesure du bruit est maintenu à une distance de 1 m de chaque côté du système à pile à combustible dans les quatre directions de mesure, et se trouve à 1,2 m au-dessus de la surface inférieure.