IEC 62282-3-202

Edition 1.0 2025-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fuel cell technologies –
Part 3-202: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems for multiple units operation

Technologies des piles à combustible –
Partie 3-202: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible destinés à l'exploitation d'unités multiples

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.070

ISBN 978-2-8327-0298-7

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Symbols 12
5 Configuration of small stationary fuel cell power system 14
6 Reference conditions 15
7 Heating value base 15
8 Test preparation 15
8.1 General 15
8.2 Uncertainty analysis 16
8.3 Data acquisition plan 16
9 Test set-up 16
10 Instruments and measurement methods 18
10.1 General 18
10.2 Measurement instruments 18
10.3 Measurement points 19
10.4 Minimum required measurement systematic tolerance 20
11 Test conditions 21
11.1 Laboratory conditions 21
11.2 Installation and operating conditions of the system 21
11.3 Test fuel 21
12 Parameter list 21
12.1 Electrical characteristics for fuel cell power system 21
12.1.1 Power generation electrical efficiency (rated, partial load) 21
12.1.2 Start-up, shut-down energy 21
12.1.3 Ramp-up rate and ramp-down rate between rated and minimum load 21
12.1.4 Waiting time for restart (hot restart) 21
12.2 Thermal characteristics for fuel cell power system 21
12.2.1 Heat recovery efficiency 21
12.2.2 Full heat storage amount of hot water tank 21
12.2.3 Remaining hot storage amount of hot water tank 22
12.2.4 Heat insulating performance of hot water tank 22
12.2.5 Heat recovery temperature 22
12.2.6 Pressure drop characteristics from feed water inlet to hot water outlet 22
13 Test methods 22
13.1 Electrical characteristics for fuel cell power system 22
13.1.1 Power generation electrical efficiency (rated, partial load) 22
13.1.2 Start-up, shut-down energy 27
13.1.3 Ramp-up rate and ramp-down rate between rated and minimum load 30
13.1.4 Waiting time for restart (hot restart) 35
13.2 Thermal characteristics for fuel cell power system 35
13.2.1 Heat recovery test 35
13.2.2 Full heat storage amount of hot water tank 37

13.2.3 Remaining heat storage amount of hot water tank 38
13.2.4 Heat insulating performance of hot water tank 39
13.2.5 Heat recovery temperature 39
13.2.6 Pressure drop characteristics from feed water inlet to hot water outlet 40
14 Test reports 40
14.1 General 40
14.2 Title page 40
14.3 Table of contents 40
14.4 Summary report 41
Annex A (informative) Heating values for components of natural gases 42
Annex B (informative) Examples of nominal composition for natural gas and propane gas 44
Annex C (informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports 47
C.1 General 47
C.2 Detailed report 47
C.3 Full report 47
Annex D (informative) Pressure drop characteristics from feed water inlet to hot water outlet 48
Bibliography 49

Figure 1 – Configuration of a fuel cell power system that can be complemented with a supplementary heat generator or thermal storage system covered by this document 14
Figure 2 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies electricity and useful heat 17
Figure 3 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies only electricity 18
Figure 4 – Example of electric power chart during start-up time 27
Figure 5 – Example of liquid fuel supply systems 28
Figure 6 – Electric power chart during shutdown time 29
Figure 7 – Electric power output change pattern for ramp-up and ramp-down rate test 32
Figure 8 – Example for electric power change stabilization criteria 33
Figure 9 – Explanation of temperature sensor locations and V_j 38
Figure D.1 – Example for the pressure drop characteristics from feed water inlet to hot water outlet 48

Table 1 – Symbols and their meanings for electric and thermal performance 12
Table A.1 – Heating values for components of natural gases at various combustion reference conditions for ideal gas 42
Table B.1 – Examples of composition of natural gas (%) 45
Table B.2 – Examples of composition of propane gas (%) 46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 3-202: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems for multiple units operation

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 62282-3-202 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
105/1094/FDIS	105/1101/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.

INTRODUCTION

This part of IEC 62282 provides consistent and repeatable test methods for the electrical thermal and environmental performance of small stationary fuel cell power systems.

This document limits its scope to small stationary fuel cell power systems (electric power output below 10 kW) and provides test methods specifically designed for them in detail. It is based on IEC 62282-3-201.

For multiple units operation, each electric power output of the unit is limited to below 10 kW.

This document is intended for manufacturers of small stationary fuel cell power systems or those who evaluate the performance of their systems for certification purposes.

Users of this document can 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.

This document describes type tests and their test methods only. In this document, no routine tests are required or identified, and no performance targets are set.

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 3-202: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems for multiple units operation

1 Scope

This part of IEC 62282 provides performance test methods specialized for the thermal and electrical characteristics of an energy management system to effectively share the heat and power of networked small stationary fuel cell power systems. These test methods are applied for each small stationary fuel cell power system. This document covers small stationary fuel cell power systems which can be complemented with a supplementary heat generator or a thermal storage system, or both, such as:

– output: rated electric power output of less than 10 kW for each system;

– output mode: grid-connected or independent operation or stand-alone operation with alternating current (AC) output not exceeding 240 V or direct current (DC) output;

– operating pressure: maximum allowable working pressure of less than 0,1 MPa (G) for the fuel and oxidant passages;

– fuel: gaseous fuel (natural gas, liquefied petroleum gas, propane, butane, hydrogen) or liquid fuel (kerosene, methanol);

– oxidant: air.

This document does not apply to small stationary fuel cell power systems with electricity storage other than (small scale) back-up power for safety, monitoring and control.

NOTE Regarding data linkage for conducting the performance tests specified in this document with operating management systems (energy management system) of multiple fuel cell power systems (mFCPS), an appropriate IEC standard can be selected and implemented. The related standards are IEC 61850-7-420, IEC TR 61850-90-27, IEC 62394, IEC 62746-10-1, IEC 62746-10-3, etc. The data linkage and implementation for realizing the functions of the system that monitors mFCPS and peripherals differ depending on the vendor of the mFCPS control system, so the methods for data linkage and implementation are not specified in this document.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 54
INTRODUCTION 56
1 Domaine d'application 57
2 Références normatives 57
3 Termes et définitions 57
4 Symboles 62
5 Configuration de petits systèmes à pile à combustible stationnaires 64
6 Conditions de référence 65
7 Base du pouvoir calorifique 65
8 Préparation aux essais 66
8.1 Généralités 66
8.2 Analyse d'incertitude 66
8.3 Plan d'acquisition des données 66
9 Montage d'essai 66
10 Appareils et méthodes de mesure 68
10.1 Généralités 68
10.2 Appareils de mesure 68
10.3 Points de mesure 69
10.4 Tolérance de mesure systématique minimale exigée 70
11 Conditions d'essai 71
11.1 Conditions de laboratoire 71
11.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système 71
11.3 Combustible d'essai 71
12 Liste des paramètres 71
12.1 Caractéristiques électriques du système à pile à combustible 71
12.1.1 Rendement électrique en matière de production de puissance (charge assignée, charge partielle) 71
12.1.2 Démarrage, énergie d'arrêt 71
12.1.3 Vitesse d'accélération et vitesse de décélération entre la charge assignée et la charge minimale 71
12.1.4 Temps d'attente pour un redémarrage (à chaud) 71
12.2 Caractéristiques thermiques du système à pile à combustible 71
12.2.1 Rendement de l'énergie thermique récupérable 71
12.2.2 Quantité de stockage de chaleur maximale du réservoir d'eau chaude 72
12.2.3 Quantité de stockage de chaleur restante du réservoir d'eau chaude 72
12.2.4 Performance d'isolation thermique du réservoir d'eau chaude 72
12.2.5 Température d'énergie thermique récupérée 72
12.2.6 Caractéristiques de chute de pression de l'entrée d'eau d'alimentation à la sortie d'eau chaude 72
13 Méthodes d'essai 72
13.1 Caractéristiques électriques du système à pile à combustible 72
13.1.1 Rendement électrique en matière de production de puissance (charge assignée, charge partielle) 72
13.1.2 Démarrage, énergie d'arrêt 77
13.1.3 Vitesse d'accélération et vitesse de décélération entre la charge assignée et la charge minimale 82

13.1.4 Temps d'attente pour un redémarrage (à chaud) 86
13.2 Caractéristiques thermiques du système à pile à combustible 86
13.2.1 Essai d'énergie thermique récupérée 86
13.2.2 Quantité de stockage de chaleur maximale du réservoir d'eau chaude 88
13.2.3 Quantité de stockage de chaleur restante du réservoir d'eau chaude 90
13.2.4 Performance d'isolation thermique du réservoir d'eau chaude 90
13.2.5 Température d'énergie thermique récupérée 91
13.2.6 Caractéristiques de chute de pression de l'entrée d'eau d'alimentation à la sortie d'eau chaude 91
14 Rapports d'essai 91
14.1 Généralités 91
14.2 Page de titre 92
14.3 Sommaire 92
14.4 Rapport résumé 92
Annexe A (informative) Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels 93
Annexe B (informative) Exemples de composition nominale du gaz naturel et du gaz propane 95
Annexe C (informative) Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet 98
C.1 Généralités 98
C.2 Rapport détaillé 98
C.3 Rapport complet 98
Annexe D (informative) Caractéristiques de chute de pression de l'entrée d'eau d'alimentation à la sortie d'eau chaude 99
Bibliographie 100

Figure 1 – Configuration d'un système à pile à combustible qui peut être complété par un générateur de chaleur supplémentaire ou un système de stockage thermique couvert par le présent document 65
Figure 2 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit l'électricité et la chaleur utile 67
Figure 3 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit uniquement l'électricité 68
Figure 4 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage 78
Figure 5 – Exemple de systèmes d'alimentation en combustible liquide 79
Figure 6 – Graphique de la puissance électrique pendant le temps d'arrêt 81
Figure 7 – Modèle de variation de la puissance électrique de sortie pour l'essai de vitesse d'accélération et de décélération 83
Figure 8 – Exemple de critères de stabilisation de la variation de puissance électrique 84
Figure 9 – Explication des emplacements des capteurs de température V_j 89
Figure D.1 – Exemple de caractéristiques de chute de pression de l'entrée d'eau d'alimentation à la sortie d'eau chaude 99

Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques et thermiques 62
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques des composants des gaz naturels dans diverses conditions de référence de combustion pour un gaz parfait 93
Tableau B.1 – Exemples de composition du gaz naturel (%) 96
Tableau B.2 – Exemples de composition du gaz propane (%) 97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 3-202: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible destinés à l'exploitation d'unités multiples

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 https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 62282-3-202 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
105/1094/FDIS	105/1101/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, publiée 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.

INTRODUCTION

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

Le présent document limite son domaine d'application aux petits systèmes à piles à combustible stationnaires (de puissance électrique de sortie inférieure à 10 kW) et fournit des méthodes d'essai détaillées spécifiquement conçues pour ces systèmes. Il est basé sur l'IEC 62282-3-201.

En cas d'utilisation d'unités multiples, la puissance électrique de sortie de chaque unité est limitée à moins de 10 kW.

Le présent document est destiné aux fabricants de petits systèmes à piles à combustible stationnaires ou aux fabricants qui évaluent les performances de leurs systèmes à des fins de certification.

Dans ce but, les utilisateurs du présent document peuvent choisir d'exécuter des éléments d'essai parmi ceux décrits dans le présent document, qui ne prétend pas exclure d'autres méthodes.

Le présent document décrit uniquement les essais de type et leurs méthodes d'essai. Aucun essai individuel de série n'est exigé ou identifié et aucune cible de performance n'est définie dans le présent document.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 3-202: Systèmes à piles à combustible stationnaires – Méthodes d'essai des performances pour petits systèmes à piles à combustible destinés à l'exploitation d'unités multiples

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai des performances spécialisées pour les caractéristiques thermiques et électriques d'un système de gestion de l'énergie pour partager efficacement la chaleur et l'électricité des petits systèmes à piles à combustible stationnaires en réseau. Ces méthodes d'essai s'appliquent à chaque petit système à pile à combustible stationnaire. Le présent document couvre les petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui peuvent être complétés par un générateur de chaleur supplémentaire ou un système de stockage thermique, ou les deux, tel que:

– puissance de sortie: puissance électrique de sortie assignée inférieure à 10 kW pour chaque système;
– mode de sortie: fonctionnement connecté au réseau ou indépendamment du réseau ou fonctionnement autonome avec sortie en courant alternatif ne dépassant pas 240 V ou sortie en courant continu;
– pression de fonctionnement: pression de fonctionnement admissible maximale inférieure à 0,1 MPa (G) pour les passages du combustible et de l'agent oxydant;
– combustible: gazeux (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, propane, butane, hydrogène) ou liquide (kérosène, méthanol);
– agent oxydant: air.

Le présent document ne s'applique pas aux petits systèmes à piles à combustible stationnaires avec un stockage d'énergie électrique autre qu'une alimentation de secours (à petite échelle) à des fins de sécurité, de surveillance et de contrôle.

NOTE Pour ce qui concerne le couplage des données dans le but de réaliser les essais de performances spécifiés dans le présent document avec des systèmes de gestion en fonctionnement (système de gestion de l'énergie) de multiples systèmes à piles à combustible (mFCPS), une norme IEC appropriée peut être choisie et mise en œuvre. Les normes concernées sont l'IEC 61850-7-420, l'IEC TR 61850-90-27, l'IEC 62394, l'IEC 62746-10-1, l'IEC 62746-10-3, etc. Le couplage des données et la mise en œuvre pour réaliser les fonctions du système qui surveille les mFCPS et les périphériques diffèrent en fonction du vendeur du système de commande des mFCPS, si bien qu'aucune méthode n'est spécifiée dans le présent document pour le couplage des données et la mise en œuvre.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.