IEC 62282-7-2

Edition 2.0 2025-03
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

Fuel cell technologies –
Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 27.070

ISBN 978-2-8327-0306-9

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 2
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and symbols 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Symbols 11
4 General safety conditions 12
5 Cell/stack assembly unit 13
6 Testing system 13
6.1 Subsystems in testing system 13
6.1.1 General 13
6.1.2 Anode gas control subsystem 14
6.1.3 Cathode gas control subsystem 14
6.1.4 Cell/stack assembly unit temperature control subsystem 14
6.1.5 Output power control subsystem 14
6.1.6 Measurement and data acquisition subsystem 15
6.1.7 Safety subsystem 15
6.1.8 Mechanical load control subsystem 15
6.1.9 Gas pressure control subsystem for anode and cathode 15
6.1.10 Test system control subsystem 15
6.2 Maximum variation in control items of testing system 15
7 Instruments and measurement methods 16
7.1 General 16
7.2 Instrument uncertainty 16
7.3 Anode gas 16
7.3.1 Anode gas flow rate 16
7.3.2 Anode gas composition 16
7.3.3 Anode gas temperature 17
7.3.4 Anode gas pressure 18
7.3.5 Anode exhaust gas flow rate 18
7.3.6 Anode exhaust gas component 18
7.3.7 Anode exhaust gas temperature 18
7.3.8 Anode exhaust gas pressure 18
7.4 Cathode gas 19
7.4.1 Cathode gas flow rate 19
7.4.2 Cathode gas component 19
7.4.3 Cathode gas temperature 19
7.4.4 Cathode gas pressure 19
7.4.5 Cathode exhaust gas flow rate 19
7.4.6 Cathode exhaust gas component 20
7.4.7 Cathode exhaust gas temperature 20
7.4.8 Cathode exhaust gas pressure 20
7.5 Output voltage 20
7.6 Output current 20
7.7 Cell/stack assembly unit temperature 20

7.8 Mechanical load 20
7.9 Total impedance 21
7.10 Ambient conditions 21
8 Test preparation 21
8.1 General 21
8.2 Standard test conditions and test range 21
8.3 Components and impurities of anode gas and cathode gas 22
8.4 Basis of the test procedure 22
8.5 Confirmation of aging conditions of unit 22
8.6 Confirmation of criteria of stable state 22
8.7 Data acquisition method 22
9 Test procedure 23
9.1 Set-up 23
9.2 Initial conditioning 23
9.3 Shutdown 23
10 Performance test 23
10.1 Rated power test 23
10.1.1 Objective 23
10.1.2 Test method 24
10.1.3 Presentation of results 24
10.2 Current-voltage characteristics test 24
10.2.1 Objective 24
10.2.2 Test method 24
10.2.3 Presentation of results 25
10.3 Effective fuel utilization dependency test 25
10.3.1 Objective 25
10.3.2 Test method 25
10.3.3 Presentation of results 26
10.4 Long term durability test 26
10.4.1 Objective 26
10.4.2 Test method 26
10.4.3 Presentation of results 27
10.5 Thermal cycling durability test 27
10.5.1 Objective 27
10.5.2 Test method 27
10.5.3 Presentation of results 28
10.6 Internal reforming performance test 28
10.6.1 Objective 28
10.6.2 Test method 28
10.6.3 Presentation of results 29
10.7 Resistance components identification test 29
10.7.1 Objective 29
10.7.2 Test method 29
10.7.3 Presentation of results 30
11 Test report 31
11.1 General 31
11.2 Report items 31
11.3 Test unit data description 32

11.4 Test conditions description 32
11.5 Test data description 32
11.6 Uncertainty evaluation 32
Annex A (informative) Example of cell assembly unit 33
Annex B (informative) Calculation of effective fuel utilization 34
B.1 General 34
B.2 Calculation method 34
B.3 Calculation examples 36
B.3.1 Calculation from anode gas composition and flow rate 36
B.3.2 Calculation from supplied H_2 and H_2O flow rate 36
Annex C (informative) Calculation of effective oxygen utilization 37
C.1 General 37
C.2 Calculation method 37
C.3 Calculation example 38
Annex D (informative) Maximum width of the voltage hysteresis in I-V characteristics test 39
Annex E (informative) Current-voltage characteristics test under constant effective fuel utilization 40
Annex F (informative) Test report (template) 41
F.1 Overview 41
F.2 General information 41
F.3 Test unit data description 41
F.4 Test conditions 42
F.5 Rated power test 42
F.6 Current-voltage characteristics test 42
F.7 Effective fuel utilization dependency test 43
F.8 Long-term durability test 44
F.9 Thermal cycling durability test 45
F.10 Internal reforming performance test 46
F.11 Resistance components identification test 46
Annex G (informative) Method for determining instrument expanded uncertainty 47
Bibliography 49

Figure 1 – Testing system 14
Figure 2 – Typical diagram of complex impedance plot for SOFC 31
Figure A.1 – Example of cell assembly unit 33
Figure D.1 – Voltage hysteresis at a given sweep rate in I-V characteristics test 39
Figure E.1 – Example of the record in current-voltage characteristics test under constant effective fuel utilization at increasing steps in current 40

Table 1 – Symbols 12
Table B.1 − n_j for representative fuels 35
Table B.2 − Anode gas composition, flow rate of each fuel component q_j, and $n_j q_j$ 36
Table C.1 − Cathode gas composition, q_{O2}, and I_{theory} 38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition IEC 62282-7-2:2021. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

IEC 62282-7-2 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2021. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) Table 1 has been revised to specify the units missing for some terms;
b) bibliographical entries (ISO/TR 15916, SOCTESQA test modules and ISO/IEC Guide 98-6:2021) have been added to provide further information.

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

Draft	Report on voting
105/1093/FDIS	105/1099/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 specifies test methods for a single cell and stack (denoted as "cell/stack" hereafter) that is required in power generation systems using~~ Solid oxide fuel cells (SOFCs) have a broad range of geometry and size. As such, in general, peripherals like current collectors and gas manifolds are unique to each cell or stack and are often incorporated into a cell or stack to form one integrated unit. In addition, they tend to have a significant effect on the power generation characteristics of the cell or stack. This document therefore introduces as its subject "cell/stack assembly units", which are defined as those units containing not only a cell or stack but also peripherals.

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

1 Scope

This part of IEC 62282 applies to SOFC cell/stack assembly units, testing systems, instruments and measuring methods, and specifies test methods to test the performance of SOFC cells and stacks.

This document is not applicable to small button cells that are designed for SOFC material testing and provide no practical means of fuel utilization measurement.

This document is used based on the recommendation of the entity that provides the cell performance specification or for acquiring data on a cell or stack in order to estimate the performance of a system based on it. Users of this document can selectively execute test items suitable for their purposes from those described in this document.

Users can substitute selected test methods of this document with equivalent test methods of IEC 62282-8-101 for solid oxide cell (SOC) operation for energy storage purposes, operated in reverse or reversible mode.

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 https://www.electropedia.org

IEC 60584-1, *Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances*

IEC 60584-3, *Thermocouples – Part 3: Extension and compensating cables – Tolerances and identification system*

IEC 61515, *Mineral insulated metal-sheathed thermocouple cables and thermocouples*

ISO 5168, *Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties*

~~ISO 6141, *Gas analysis – Contents of certificates for calibration gas mixtures*~~

~~ISO 6142-1, *Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures – Gravimetric method for Class I mixtures*~~

~~ISO 6143, *Gas analysis – Comparison methods for determining and checking the composition of calibration gas mixtures*~~

~~ISO 6145-7, *Gas analysis – Preparation of calibration gas mixtures using dynamic methods – Part 7: Thermal mass-flow controllers*~~

ISO 6974 (all parts), *Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography*

ISO 7066-2, *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices – Part 2: Non-linear calibration relationships*

ISO 8573-1, *Compressed air – Part 1: Contaminants and purity classes*

ISO 8756, *Air quality – Handling of temperature, pressure and humidity data*

ISO 12185, *Crude petroleum, petroleum products and related products – Determination of density – Laboratory density meter with an oscillating U-tube ~~method~~ sensor*

IEC 62282-7-2

Edition 2.0 2025-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fuel cell technologies –
Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

Technologies des piles à combustible –
Partie 7-2: Méthodes d'essai – Essais de performance de cellule élémentaire et de pile pour les piles à combustible à oxyde solide (SOFC)



IEC 62282-7-2:2025-03(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and symbols 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Symbols 11
4 General safety conditions 12
5 Cell/stack assembly unit 12
6 Testing system 12
6.1 Subsystems in testing system 12
6.1.1 General 12
6.1.2 Anode gas control subsystem 13
6.1.3 Cathode gas control subsystem 13
6.1.4 Cell/stack assembly unit temperature control subsystem 13
6.1.5 Output power control subsystem 13
6.1.6 Measurement and data acquisition subsystem 14
6.1.7 Safety subsystem 14
6.1.8 Mechanical load control subsystem 14
6.1.9 Gas pressure control subsystem for anode and cathode 14
6.1.10 Test system control subsystem 14
6.2 Maximum variation in control items of testing system 14
7 Instruments and measurement methods 15
7.1 General 15
7.2 Instrument uncertainty 15
7.3 Anode gas 15
7.3.1 Anode gas flow rate 15
7.3.2 Anode gas composition 15
7.3.3 Anode gas temperature 16
7.3.4 Anode gas pressure 17
7.3.5 Anode exhaust gas flow rate 17
7.3.6 Anode exhaust gas component 17
7.3.7 Anode exhaust gas temperature 17
7.3.8 Anode exhaust gas pressure 17
7.4 Cathode gas 18
7.4.1 Cathode gas flow rate 18
7.4.2 Cathode gas component 18
7.4.3 Cathode gas temperature 18
7.4.4 Cathode gas pressure 18
7.4.5 Cathode exhaust gas flow rate 18
7.4.6 Cathode exhaust gas component 19
7.4.7 Cathode exhaust gas temperature 19
7.4.8 Cathode exhaust gas pressure 19
7.5 Output voltage 19
7.6 Output current 19
7.7 Cell/stack assembly unit temperature 19

7.8 Mechanical load 19
7.9 Total impedance 20
7.10 Ambient conditions 20
8 Test preparation 20
8.1 General 20
8.2 Standard test conditions and test range 20
8.3 Components and impurities of anode gas and cathode gas 21
8.4 Basis of the test procedure 21
8.5 Confirmation of aging conditions of unit 21
8.6 Confirmation of criteria of stable state 21
8.7 Data acquisition method 21
9 Test procedure 22
9.1 Set-up 22
9.2 Initial conditioning 22
9.3 Shutdown 22
10 Performance test 22
10.1 Rated power test 22
10.1.1 Objective 22
10.1.2 Test method 23
10.1.3 Presentation of results 23
10.2 Current-voltage characteristics test 23
10.2.1 Objective 23
10.2.2 Test method 23
10.2.3 Presentation of results 24
10.3 Effective fuel utilization dependency test 24
10.3.1 Objective 24
10.3.2 Test method 24
10.3.3 Presentation of results 25
10.4 Long term durability test 25
10.4.1 Objective 25
10.4.2 Test method 25
10.4.3 Presentation of results 26
10.5 Thermal cycling durability test 26
10.5.1 Objective 26
10.5.2 Test method 26
10.5.3 Presentation of results 27
10.6 Internal reforming performance test 27
10.6.1 Objective 27
10.6.2 Test method 27
10.6.3 Presentation of results 28
10.7 Resistance components identification test 28
10.7.1 Objective 28
10.7.2 Test method 28
10.7.3 Presentation of results 29
11 Test report 30
11.1 General 30
11.2 Report items 30
11.3 Test unit data description 30

11.4 Test conditions description 30
11.5 Test data description 31
11.6 Uncertainty evaluation 31
Annex A (informative) Example of cell assembly unit 32
Annex B (informative) Calculation of effective fuel utilization 33
B.1 General 33
B.2 Calculation method 33
B.3 Calculation examples 35
B.3.1 Calculation from anode gas composition and flow rate 35
B.3.2 Calculation from supplied H_2 and H_2O flow rate 35
Annex C (informative) Calculation of effective oxygen utilization 36
C.1 General 36
C.2 Calculation method 36
C.3 Calculation example 37
Annex D (informative) Maximum width of the voltage hysteresis in I-V characteristics test 38
Annex E (informative) Current-voltage characteristics test under constant effective fuel utilization 39
Annex F (informative) Test report (template) 40
F.1 Overview 40
F.2 General information 40
F.3 Test unit data description 40
F.4 Test conditions 41
F.5 Rated power test 41
F.6 Current-voltage characteristics test 41
F.7 Effective fuel utilization dependency test 42
F.8 Long-term durability test 43
F.9 Thermal cycling durability test 44
F.10 Internal reforming performance test 45
F.11 Resistance components identification test 45
Annex G (informative) Method for determining instrument expanded uncertainty 46
Bibliography 47

Figure 1 – Testing system 13
Figure 2 – Typical diagram of complex impedance plot for SOFC 29
Figure A.1 – Example of cell assembly unit 32
Figure D.1 – Voltage hysteresis at a given sweep rate in I-V characteristics test 38
Figure E.1 – Example of the record in current-voltage characteristics test under constant effective fuel utilization at increasing steps in current 39

Table 1 – Symbols 11
Table B.1 − n_j for representative fuels 34
Table B.2 − Anode gas composition, flow rate of each fuel component q_j, and $n_j q_j$ 35
Table C.1 − Cathode gas composition, q_{O2}, and I_{theory} 37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

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 62282-7-2 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2021. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) Table 1 has been revised to specify the units missing for some terms;
b) bibliographical entries (ISO/TR 15916, SOCTESQA test modules and ISO/IEC Guide 98-6:2021) have been added to provide further information.

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

Draft	Report on voting
105/1093/FDIS	105/1099/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

Solid oxide fuel cells (SOFCs) have a broad range of geometry and size. As such, in general, peripherals like current collectors and gas manifolds are unique to each cell or stack and are often incorporated into a cell or stack to form one integrated unit. In addition, they tend to have a significant effect on the power generation characteristics of the cell or stack. This document therefore introduces as its subject "cell/stack assembly units", which are defined as those units containing not only a cell or stack but also peripherals.

FUEL CELL TECHNOLOGIES –

Part 7-2: Test methods – Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFCs)

1 Scope

This part of IEC 62282 applies to SOFC cell/stack assembly units, testing systems, instruments and measuring methods, and specifies test methods to test the performance of SOFC cells and stacks.

This document is not applicable to small button cells that are designed for SOFC material testing and provide no practical means of fuel utilization measurement.

This document is used based on the recommendation of the entity that provides the cell performance specification or for acquiring data on a cell or stack in order to estimate the performance of a system based on it. Users of this document can selectively execute test items suitable for their purposes from those described in this document.

Users can substitute selected test methods of this document with equivalent test methods of IEC 62282-8-101 for solid oxide cell (SOC) operation for energy storage purposes, operated in reverse or reversible mode.

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 https://www.electropedia.org

IEC 60584-1, *Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances*

IEC 60584-3, *Thermocouples – Part 3: Extension and compensating cables – Tolerances and identification system*

IEC 61515, *Mineral insulated metal-sheathed thermocouple cables and thermocouples*

ISO 5168, *Measurement of fluid flow – Procedures for the evaluation of uncertainties*

ISO 6974 (all parts), *Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography*

ISO 7066-2, *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices – Part 2: Non-linear calibration relationships*

ISO 8573-1, *Compressed air – Part 1: Contaminants and purity classes*

ISO 8756, *Air quality – Handling of temperature, pressure and humidity data*

ISO 12185, *Crude petroleum, petroleum products and related products – Determination of density – Laboratory density meter with an oscillating U-tube sensor*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 52
INTRODUCTION 54
1 Domaine d'application 55
2 Références normatives 55
3 Termes, définitions et symboles 56
3.1 Termes et définitions 56
3.2 Symboles 58
4 Conditions générales de sécurité 59
5 Entité d'assemblage de cellules/piles 59
6 Système d'essai 60
6.1 Sous-systèmes du système d'essai 60
6.1.1 Généralités 60
6.1.2 Sous-système de contrôle du gaz d'anode 61
6.1.3 Sous-système de contrôle du gaz de cathode 61
6.1.4 Sous-système de régulation de la température de l'entité d'assemblage de cellules/piles 61
6.1.5 Sous-système de régulation de la puissance de sortie 61
6.1.6 Sous-système de mesure et d'acquisition de données 61
6.1.7 Sous-système de sécurité 61
6.1.8 Sous-système de contrôle de la charge mécanique 62
6.1.9 Sous-système de contrôle de la pression des gaz d'anode et de cathode 62
6.1.10 Sous-système de commande du système d'essai 62
6.2 Variation maximale des éléments de commande du système d'essai 62
7 Appareils et méthodes de mesure 63
7.1 Généralités 63
7.2 Incertitude liée aux appareils 63
7.3 Gaz d'anode 63
7.3.1 Débit du gaz d'anode 63
7.3.2 Composition du gaz d'anode 63
7.3.3 Température du gaz d'anode 64
7.3.4 Pression du gaz d'anode 65
7.3.5 Débit du gaz d'anode d'échappement 65
7.3.6 Constituant du gaz d'anode d'échappement 65
7.3.7 Température du gaz d'anode d'échappement 65
7.3.8 Pression du gaz d'anode d'échappement 66
7.4 Gaz de cathode 66
7.4.1 Débit du gaz de cathode 66
7.4.2 Constituant du gaz de cathode 66
7.4.3 Température du gaz de cathode 66
7.4.4 Pression du gaz de cathode 66
7.4.5 Débit du gaz de cathode d'échappement 67
7.4.6 Constituant du gaz de cathode d'échappement 67
7.4.7 Température du gaz de cathode d'échappement 67
7.4.8 Pression du gaz de cathode d'échappement 67
7.5 Tension de sortie 67
7.6 Courant de sortie 67

7.7 Température de l'entité d'assemblage de cellules/piles 68
7.8 Charge mécanique 68
7.9 Impédance totale 68
7.10 Conditions ambiantes 68
8 Préparation aux essais 68
8.1 Généralités 68
8.2 Conditions d'essai normales et plage d'essai 68
8.3 Composants et impuretés des gaz d'anode et de cathode 69
8.4 Conditions fondamentales de la procédure d'essai 69
8.5 Confirmation des conditions de vieillissement de l'entité 69
8.6 Confirmation des critères d'état stable 69
8.7 Méthode d'acquisition de données 70
9 Procédure d'essai 70
9.1 Installation 70
9.2 Conditionnement initial 70
9.3 Arrêt 71
10 Essai de performance 71
10.1 Essai de puissance assignée 71
10.1.1 Objectif 71
10.1.2 Méthode d'essai 71
10.1.3 Présentation des résultats 71
10.2 Essai des caractéristiques courant-tension 71
10.2.1 Objectif 71
10.2.2 Méthode d'essai 71
10.2.3 Présentation des résultats 72
10.3 Essai de dépendance à l'utilisation de combustible efficace 72
10.3.1 Objectif 72
10.3.2 Méthode d'essai 72
10.3.3 Présentation des résultats 73
10.4 Essai de durabilité de longue durée 74
10.4.1 Objectif 74
10.4.2 Méthode d'essai 74
10.4.3 Présentation des résultats 75
10.5 Essai de durabilité à cycle thermique 75
10.5.1 Objectif 75
10.5.2 Méthode d'essai 75
10.5.3 Présentation des résultats 76
10.6 Essai d'aptitude à la fonction de reformage interne 76
10.6.1 Objectif 76
10.6.2 Méthode d'essai 76
10.6.3 Présentation des résultats 77
10.7 Essai d'identification des composantes de résistance 77
10.7.1 Objectif 77
10.7.2 Méthode d'essai 77
10.7.3 Présentation des résultats 78
11 Rapport d'essai 79
11.1 Généralités 79
11.2 Éléments contenus dans le rapport 80

11.3 Description des données relatives à l'entité d'essai 80
11.4 Description des conditions d'essai 80
11.5 Description des données d'essai 80
11.6 Évaluation de l'incertitude 81
Annexe A (informative) Exemple d'entité d'assemblage de cellules 82
Annexe B (informative) Calcul de l'utilisation de combustible efficace 83
B.1 Généralités 83
B.2 Méthode de calcul 83
B.3 Exemples de calculs 85
B.3.1 Calcul à partir de la composition et du débit du gaz d'anode 85
B.3.2 Calcul à partir du débit des gaz H_2 et H_2O fournis 85
Annexe C (informative) Calcul de l'utilisation d'oxygène efficace 86
C.1 Généralités 86
C.2 Méthode de calcul 86
C.3 Exemple de calcul 87
Annexe D (informative) Largeur maximale de l'hystérésis de tension dans l'essai de caractéristiques I-V 88
Annexe E (informative) Essai de caractéristiques courant-tension avec une utilisation de combustible efficace constante 89
Annexe F (informative) Rapport d'essai (modèle) 90
F.1 Vue d'ensemble 90
F.2 Informations d'ordre général 90
F.3 Description des données relatives à l'entité d'essai 90
F.4 Conditions d'essai 91
F.5 Essai de puissance assignée 91
F.6 Essai des caractéristiques courant-tension 91
F.7 Essai de dépendance à l'utilisation de combustible efficace 92
F.8 Essai de durabilité de longue durée 93
F.9 Essai de durabilité à cycle thermique 94
F.10 Essai d'aptitude à la fonction de reformage interne 95
F.11 Essai d'identification des composantes de résistance 95
Annexe G (informative) Méthode de détermination de l'incertitude élargie des appareils 96
Bibliographie 97

Figure 1 – Système d'essai 60
Figure 2 – Diagramme type de la courbe d'impédance complexe pour une pile à combustible à oxyde solide (SOFC) 79
Figure A.1 – Exemple d'entité d'assemblage de cellules 82
Figure D.1 – Hystérésis de tension à une fréquence de balayage donnée dans l'essai de caractéristiques I-V 88
Figure E.1 – Exemple d'enregistrement dans le cadre de l'essai de caractéristiques courant-tension avec une utilisation de combustible efficace constante et une augmentation du courant par pas 89

Tableau 1 – Symboles 58
Tableau B.1 – n_j pour les combustibles représentatifs 84

Tableau B.2 – Composition du gaz d’anode, débit de chaque constituant de combustible q_j, et $n_j q_j$ 85

Tableau C.1 – Composition du gaz de cathode, q_{O2} et I_{theory} 87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 7-2: Méthodes d'essai – Essais de performance de cellule élémentaire et de pile pour les piles à combustible à oxyde solide (SOFC)

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 62282-7-2 a été établie par le comité d'études 105 de l'IEC: Technologies des piles à combustible. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2021. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) le Tableau 1 a été révisé afin de spécifier les unités manquantes pour certaines caractéristiques;
b) des ressources ont été ajoutées dans la Bibliographie (l'ISO/TR 15916, les modules d'essai définis par le projet SOCTESQA et le Guide ISO/IEC 98-6:2021) afin de fournir de plus amples informations.

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

Projet	Rapport de vote
105/1093/FDIS	105/1099/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.

INTRODUCTION

Il existe une grande variété de formes et de tailles de piles à combustible à oxyde solide (SOFC). De ce fait, en général, les périphériques tels que les collecteurs de courant et les collecteurs de gaz sont uniques à chaque cellule ou à chaque pile et sont souvent incorporés à une cellule ou à une pile afin de constituer une entité intégrée. De plus, ils ont tendance à avoir un impact significatif sur les caractéristiques de production de puissance de la cellule ou de la pile. Le présent document présente par conséquent, comme sujet d'étude, des "entités d'assemblage de cellules/piles", définies comme des entités qui contiennent non seulement une cellule ou une pile, mais également des périphériques.

TECHNOLOGIES DES PILES À COMBUSTIBLE –

Partie 7-2: Méthodes d'essai – Essais de performance de cellule élémentaire et de pile pour les piles à combustible à oxyde solide (SOFC)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 s'applique aux entités d'assemblage de cellules/piles SOFC, aux systèmes d'essai, aux appareils et aux méthodes de mesure, et spécifie des méthodes d'essai afin de vérifier les performances des cellules et des piles SOFC.

Le présent document ne s'applique pas aux petites piles boutons qui sont conçues pour les essais de matériaux SOFC et ne prévoient aucun moyen pratique de mesure de l'utilisation de combustible.

Le présent document est utilisé en réponse à la recommandation de l'entité qui fournit la spécification des performances des cellules ou pour l'acquisition de données sur une cellule ou une pile, afin d'estimer les performances d'un système qui serait basé sur celle-ci. Parmi les éléments d'essai décrits dans le présent document, les utilisateurs du présent document peuvent choisir d'exécuter ceux qui sont pertinents pour les applications visées.

Les utilisateurs peuvent remplacer les méthodes d'essai choisies dans le présent document par les méthodes d'essai équivalentes de l'IEC 62282-8-101, concernant l'utilisation de piles à oxyde solide (SOC, Solid Oxide Cell) à des fins de stockage de l'énergie, en mode inversé ou réversible.

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 à l'adresse https://www.electropedia.org

IEC 60584-1, *Couples thermoélectriques – Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM*

IEC 60584-3, *Couples thermoélectriques – Partie 3: Câbles d'extension et de compensation – Tolérances et système d'identification*

IEC 61515, *Câbles et couples thermoélectriques à isolation minérale dits "chemisés"*

ISO 5168, *Mesure de débit des fluides – Procédures pour le calcul de l'incertitude*

ISO 6974 (toutes les parties), *Gaz naturel – Détermination de la composition et de l'incertitude associée par chromatographie en phase gazeuse*

ISO 7066-2, *Évaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit – Partie 2: Relations d'étalonnage non linéaires*

ISO 8573-1, *Air comprimé – Partie 1: Polluants et classes de pureté*

ISO 8756, *Qualité de l'air – Traitement des données de température, de pression et d'humidité*

ISO 12185, *Pétroles bruts, produits pétroliers et produits connexes – Détermination de la masse volumique – Appareil de masse volumique de laboratoire à capteur à tube en U oscillant*