IEC 62282-3-201

Edition 3.0 2025-09

INTERNATIONAL STANDARD

REDLINE VERSION

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

ICS 27.070

ISBN 978-2-8327-0749-4

IEC 62282-3-201:2025-09 RLV(en)

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 1
~~INTRODUCTION to Amendment 1 .....~~
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
4 Symbols 15
5 Configuration of small stationary fuel cell power system 21
6 Reference conditions 22
7 Heating value base 22
8 Test preparation 22
8.1 General 22
8.2 Uncertainty analysis 22
8.3 Data acquisition plan 23
9 Test set-up 23
10 Instruments and measurement methods 25
10.1 General 27
10.2 Measurement instruments 27
10.3 Measurement points 28
10.4 Minimum required measurement systematic uncertainty 30
11 Test conditions 30
11.1 Laboratory conditions 30
11.2 Installation and operating conditions of the system 31
11.3 Power source conditions 31
11.4 Test fuel 31
12 Operating process 31
13 Test plan 31
14 Type tests on electric and thermal performance 34
14.1 General 34
14.2 Fuel consumption test 34
14.2.1 Gaseous fuel consumption test 34
14.2.2 Liquid fuel consumption test 37
14.3 Electric power output test 39
14.3.1 General 39
14.3.2 Test method 39
14.3.3 Calculation of average net electric power output 39
14.4 Heat recovery test 40
14.4.1 General 40
14.4.2 Test method 40
14.4.3 Calculation of average recovered thermal power 40
14.5 Start-up test 42
14.5.1 General 42
14.5.2 Determination of nominal state of charge of the battery 42
14.5.3 Test method 42
14.5.4 Calculation of results 45

14.6 Ramp-up test 47
14.6.1 General 47
14.6.2 Test method 47
14.6.3 Calculation of results 48
14.7 Storage state test 49
14.7.1 General 49
14.7.2 Test method 49
14.7.3 Calculation of average electric power input in storage state 49
14.8 Electric power output change test 50
14.8.1 General 50
14.8.2 Test method 50
14.8.3 Calculation of electric power output change rate 52
14.9 Shutdown test 53
14.9.1 General 53
14.9.2 Test method 53
14.9.3 Calculation of results 54
14.10 Computation of efficiency 55
14.10.1 General 55
14.10.2 Electrical efficiency 55
14.10.3 Heat recovery efficiency 56
14.10.4 Overall energy efficiency 56
14.11 Rated operation cycle efficiency 56
14.11.1 General 56
14.11.2 Calculation of the operation cycle fuel energy input 57
14.11.3 Calculation of the operation cycle net electric energy output 58
14.11.4 Calculation of the operation cycle electrical efficiency 59
14.12 Electromagnetic compatibility (EMC) test 59
14.12.1 General requirement 59
14.12.2 Electrostatic discharge immunity test 60
14.12.3 Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test 60
14.12.4 Electrical fast transient/burst immunity test 60
14.12.5 Surge immunity test 60
14.12.6 Immunity test of conducted disturbances induced by radio-frequency fields 60
14.12.7 Power frequency magnetic field immunity test 60
14.12.8 Voltage dips and voltage interruptions 60
14.12.9 Radiated disturbance (emission) measurement test 60
14.12.10 Conducted disturbance (emission) measurement test 61
14.12.11 Power line harmonics emission measurement test 61
14.13 Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation 61
14.13.1 General 61
14.13.2 Test method 63
14.13.3 Calculation of estimated electrical efficiency 64
14.13.4 Calculation of estimated heat recovery efficiency 65
14.14 Electric demand-following test 66
14.14.1 General 66
14.14.2 Electric demand profile 66
14.14.3 Test method 67

14.14.4 Calculation of results 67
14.14.5 Calculation of efficiencies 69
15 Type tests on environmental performance 69
15.1 General 69
15.2 Noise test 69
15.2.1 General 69
15.2.2 Test conditions 69
15.2.3 Test method 70
15.2.4 Processing of data 71
15.3 Exhaust gas test 71
15.3.1 General 71
15.3.2 Components to be measured 71
15.3.3 Test method 72
15.3.4 Processing of data 74
15.4 Discharge water test 85
15.4.1 General 85
15.4.2 Test method 85
16 Test reports 86
16.1 General 86
16.2 Title page 86
16.3 Table of contents 86
16.4 Summary report 86
Annex A (normative) Heating values for components of natural gas 87
Annex B (informative) Examples of compositions for natural gas and propane gas 89
Annex C (informative) Example of a test operation schedule 91
Annex D (informative) Typical exhaust gas components 92
Annex E (informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports 93
E.1 General 93
E.2 Detailed report 93
E.3 Full report 93
Annex F (informative) Selected duration of rated power operation 94
Bibliography 95

Figure 1 – Symbol diagram 19
Figure 2 – General configuration of small stationary fuel cell power system 21
Figure 3 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies electricity and useful heat 25
Figure 4 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies only electricity 27
Figure 5 – Operating states of stationary fuel cell power system without battery 32
Figure 6 – Operating states of stationary fuel cell power system with battery 33
Figure 7 – Example of electric power chart during start-up time for system without battery 43
Figure 8 – Example of electric power chart during start-up time for system with battery 44
Figure 9 – Example of liquid fuel supply systems 46
Figure 10 – Example of electric power chart during ramp-up for system without battery 48
Figure 11 – Electric power output change pattern for system without battery 51

Figure 12 – Electric power output change pattern for system with battery 51
Figure 13 – ~~Example for electric power change stabilization criteria~~ Guideline to attain steady state 52
Figure 14 – Electric power chart during shutdown time 54
Figure 15 – Example of electrical efficiency during ten years of operation 62
Figure 16 – Example of the electric demand of a residential application 66
Figure 17 – Noise measurement points for small stationary fuel cell power systems 70
Figure 18 – Example of combustion exhaust gas collectors and collection locations 73

Table 1 – Symbols and their meanings for electric and thermal performance 15
Table 2 – Additional symbols and their meanings for environmental performance 19
Table 3 – Compensation of readings against the effect of background noise 70
Table A.1 – Heating values for components of natural gas at ~~various combustion~~ reference ~~conditions~~ temperature (288,15 K) on molar and mass basis for ideal gas 87
Table B.1 – Example of compositions for natural gas (%) 89
Table B.2 – Example of compositions for propane gas (%) 90
Table C.1 – Example of a test operation schedule 91
Table D.1 – Typical exhaust gas components to be expected for typical fuels 92
Table F.1 – Selected duration of rated power operation 94

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

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

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 62282-3-201:2017+AMD1:2022 CSV. 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 62282-3-201 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2017 and Amendment 1:2022. This edition constitutes a technical revision.

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

a) revision of Introduction;
b) revision of terms and definitions;
c) revision of Table 1;
d) revision of Figure 1, Figure 2, Figure 3 and Figure 4;
e) revision of measurement instruments (10.2);
f) revision of minimum required measurement systematic uncertainty (10.4);
g) revision of test conditions (Clause 11);
h) revision of operating process (Clause 12);
i) revision of fuel consumption test (14.2);
j) revision of heat recovery test (14.4);
k) revision of Figure 13 and Figure 14;
l) revision of calculation of results (14.14.4);
m) revision of Annex A and Annex B.

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

Draft	Report on voting
105/1114/FDIS	105/1128/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 (electrical power output below 10 kW, which is typical for residential, small commercial and off-grid applications) and provides test methods specifically designed for them in detail. It is based on the latest edition of IEC 62282-3-200, which generally describes performance test methods that are common to all types of fuel cells.

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

Users of this document ~~may~~ 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.

~~INTRODUCTION to Amendment 1~~

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

1 Scope

This part of IEC 62282 provides test methods for the electrical, thermal, and environmental performance of small stationary fuel cell power systems that meet the following criteria:

- output: rated electric power output of less than 10 kW;
- output mode: grid-connected/independent operation or stand-alone operation with single-phase AC output or 3-phase AC output not exceeding 1 000 V, or DC output not exceeding 1 500 V;

  NOTE The limit of 1 000 V for alternating current comes from the definition for "low voltage" given in IEC 60050-601:1985, 601-01-26.
- operating pressure: maximum allowable working pressure of ~~less than~~ 0,1 MPa (gauge) for the fuel and oxidant passages;
- fuel: gaseous fuel (natural gas, liquefied petroleum gas, propane, butane, hydrogen, etc.) or liquid fuel (kerosene, methanol, etc.);
- oxidant: air.

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

This document provides test methods to be carried out under laboratory conditions.

This document covers fuel cell power systems whose primary purpose is the production of electric power and whose secondary purpose ~~may~~ can be the utilization of heat. Accordingly, fuel cell power systems for which the use of heat is primary, and the use of electric power is secondary are outside the scope of this document.

All systems with integrated batteries are covered by this document. This includes systems where batteries are recharged internally or recharged from an external source.

This document does not cover additional auxiliary heat generators that produce thermal energy.

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.

CISPR 11, *Industrial, scientific, and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement*

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

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

IEC 61000-6-1:~~2005~~2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

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

IEC 62282-3-201

Edition 3.0 2025-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

ICS 27.070

ISBN 978-2-8327-0637-4

IEC 62282-3-201:2025-09(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
4 Symbols 15
5 Configuration of small stationary fuel cell power system 20
6 Reference conditions 20
7 Heating value base 20
8 Test preparation 21
8.1 General 21
8.2 Uncertainty analysis 21
8.3 Data acquisition plan 21
9 Test set-up 22
10 Instruments and measurement methods 24
10.1 General 24
10.2 Measurement instruments 24
10.3 Measurement points 25
10.4 Minimum required measurement systematic uncertainty 27
11 Test conditions 27
11.1 Laboratory conditions 27
11.2 Installation and operating conditions of the system 28
11.3 Power source conditions 28
11.4 Test fuel 28
12 Operating process 28
13 Test plan 30
14 Type tests on electric and thermal performance 31
14.1 General 31
14.2 Fuel consumption test 31
14.2.1 Gaseous fuel consumption test 31
14.2.2 Liquid fuel consumption test 34
14.3 Electric power output test 36
14.3.1 General 36
14.3.2 Test method 36
14.3.3 Calculation of average net electric power output 36
14.4 Heat recovery test 37
14.4.1 General 37
14.4.2 Test method 37
14.4.3 Calculation of average recovered thermal power 37
14.5 Start-up test 39
14.5.1 General 39
14.5.2 Determination of nominal state of charge of the battery 39
14.5.3 Test method 39
14.5.4 Calculation of results 42
14.6 Ramp-up test 44

14.6.1 General 44
14.6.2 Test method 44
14.6.3 Calculation of results 45
14.7 Storage state test 45
14.7.1 General 45
14.7.2 Test method 45
14.7.3 Calculation of average electric power input in storage state 46
14.8 Electric power output change test 46
14.8.1 General 46
14.8.2 Test method 46
14.8.3 Calculation of electric power output change rate 48
14.9 Shutdown test 49
14.9.1 General 49
14.9.2 Test method 49
14.9.3 Calculation of results 50
14.10 Computation of efficiency 51
14.10.1 General 51
14.10.2 Electrical efficiency 51
14.10.3 Heat recovery efficiency 52
14.10.4 Overall energy efficiency 52
14.11 Rated operation cycle efficiency 52
14.11.1 General 52
14.11.2 Calculation of the operation cycle fuel energy input 53
14.11.3 Calculation of the operation cycle net electric energy output 54
14.11.4 Calculation of the operation cycle electrical efficiency 55
14.12 Electromagnetic compatibility (EMC) test 55
14.12.1 General requirement 55
14.12.2 Electrostatic discharge immunity test 56
14.12.3 Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test 56
14.12.4 Electrical fast transient/burst immunity test 56
14.12.5 Surge immunity test 56
14.12.6 Immunity test of conducted disturbances induced by radio-frequency fields 56
14.12.7 Power frequency magnetic field immunity test 56
14.12.8 Voltage dips and voltage interruptions 56
14.12.9 Radiated disturbance (emission) measurement test 56
14.12.10 Conducted disturbance (emission) measurement test 56
14.12.11 Power line harmonics emission measurement test 57
14.13 Estimation of electric and heat recovery efficiency up to ten years of operation 57
14.13.1 General 57
14.13.2 Test method 59
14.13.3 Calculation of estimated electrical efficiency 60
14.13.4 Calculation of estimated heat recovery efficiency 61
14.14 Electric demand-following test 62
14.14.1 General 62
14.14.2 Electric demand profile 62
14.14.3 Test method 63
14.14.4 Calculation of results 63

14.14.5 Calculation of efficiencies 65
15 Type tests on environmental performance 65
15.1 General 65
15.2 Noise test 65
15.2.1 General 65
15.2.2 Test conditions 65
15.2.3 Test method 66
15.2.4 Processing of data 67
15.3 Exhaust gas test 67
15.3.1 General 67
15.3.2 Components to be measured 67
15.3.3 Test method 68
15.3.4 Processing of data 70
15.4 Discharge water test 81
15.4.1 General 81
15.4.2 Test method 81
16 Test reports 82
16.1 General 82
16.2 Title page 82
16.3 Table of contents 82
16.4 Summary report 82
Annex A (normative) Heating values for components of natural gas 83
Annex B (informative) Examples of compositions for natural gas and propane gas 85
Annex C (informative) Example of a test operation schedule 87
Annex D (informative) Typical exhaust gas components 88
Annex E (informative) Guidelines for the contents of detailed and full reports 89
E.1 General 89
E.2 Detailed report 89
E.3 Full report 89
Annex F (informative) Selected duration of rated power operation 90
Bibliography 91

Figure 1 – Symbol diagram 18
Figure 2 – General configuration of small stationary fuel cell power system 20
Figure 3 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies electricity and useful heat 23
Figure 4 – Test set-up for small stationary fuel cell power system fed with gaseous fuel which supplies only electricity 24
Figure 5 – Operating states of stationary fuel cell power system without battery 29
Figure 6 – Operating states of stationary fuel cell power system with battery 30
Figure 7 – Example of electric power chart during start-up time for system without battery 40
Figure 8 – Example of electric power chart during start-up time for system with battery 41
Figure 9 – Example of liquid fuel supply systems 42
Figure 10 – Example of electric power chart during ramp-up for system without battery 44
Figure 11 – Electric power output change pattern for system without battery 47
Figure 12 – Electric power output change pattern for system with battery 47

Figure 13 – Guideline to attain steady state 48
Figure 14 – Electric power chart during shutdown time 50
Figure 15 – Example of electrical efficiency during ten years of operation 58
Figure 16 – Example of the electric demand of a residential application 62
Figure 17 – Noise measurement points for small stationary fuel cell power systems 66
Figure 18 – Example of combustion exhaust gas collectors and collection locations 69

Table 1 – Symbols and their meanings for electric and thermal performance 15
Table 2 – Additional symbols and their meanings for environmental performance 18
Table 3 – Compensation of readings against the effect of background noise 66
Table A.1 – Heating values for components of natural gas at reference temperature (288,15 K) on molar and mass basis for ideal gas 83
Table B.1 – Example of compositions for natural gas (%) 85
Table B.2 – Example of compositions for propane gas (%) 86
Table C.1 – Example of a test operation schedule 87
Table D.1 – Typical exhaust gas components to be expected for typical fuels 88
Table F.1 – Selected duration of rated power operation 90

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

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

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 62282-3-201 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2017 and Amendment 1:2022. This edition constitutes a technical revision.

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

a) revision of Introduction;
b) revision of terms and definitions;
c) revision of Table 1;
d) revision of Figure 1, Figure 2, Figure 3 and Figure 4;
e) revision of measurement instruments (10.2);

f) revision of minimum required measurement systematic uncertainty (10.4);
g) revision of test conditions (Clause 11);
h) revision of operating process (Clause 12);
i) revision of fuel consumption test (14.2);
j) revision of heat recovery test (14.4);
k) revision of Figure 13 and Figure 14;
l) revision of calculation of results (14.14.4);
m) revision of Annex A and Annex B.

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

Draft	Report on voting
105/1114/FDIS	105/1128/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 (electrical power output below 10 kW, which is typical for residential, small commercial and off-grid applications) and provides test methods specifically designed for them in detail. It is based on the latest edition of IEC 62282-3-200, which generally describes performance test methods that are common to all types of fuel cells.

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, or both.

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.

1 Scope

This part of IEC 62282 provides test methods for the electrical, thermal, and environmental performance of small stationary fuel cell power systems that meet the following criteria:

- output: rated electric power output of less than 10 kW;
- output mode: grid-connected/independent operation or stand-alone operation with single-phase AC output or 3-phase AC output not exceeding 1 000 V, or DC output not exceeding 1 500 V;

  NOTE The limit of 1 000 V for alternating current comes from the definition for "low voltage" given in IEC 60050-601:1985, 601-01-26.
- operating pressure: maximum allowable working pressure of 0,1 MPa (gauge) for the fuel and oxidant passages;
- fuel: gaseous fuel (natural gas, liquefied petroleum gas, propane, butane, hydrogen, etc.) or liquid fuel (kerosene, methanol, etc.);
- oxidant: air.

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

This document provides test methods to be carried out under laboratory conditions.

This document covers fuel cell power systems whose primary purpose is the production of electric power and whose secondary purpose can be the utilization of heat. Accordingly, fuel cell power systems for which the use of heat is primary, and the use of electric power is secondary are outside the scope of this document.

All systems with integrated batteries are covered by this document. This includes systems where batteries are recharged internally or recharged from an external source.

This document does not cover additional auxiliary heat generators that produce thermal energy.

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.

CISPR 11, *Industrial, scientific, and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement*

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

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-11: Testing and measurement techniques - Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

IEC 61000-6-1:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-1: Generic standards - Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 5
INTRODUCTION 7
1 Domaine d'application 8
2 Références normatives 8
3 Termes et définitions 9
4 Symboles 15
5 Configuration de petits systèmes à pile à combustible stationnaires 21
6 Conditions de référence 22
7 Base du pouvoir calorifique 22
8 Préparation aux essais 23
8.1 Généralités 23
8.2 Analyse d'incertitude 23
8.3 Plan d'acquisition des données 23
9 Montage d'essai 24
10 Appareils de mesure et méthodes de mesure 26
10.1 Généralités 26
10.2 Appareils de mesure 26
10.3 Points de mesure 27
10.4 Incertitude de mesure systématique minimale exigée 29
11 Conditions d'essai 30
11.1 Conditions de laboratoire 30
11.2 Conditions d'installation et de fonctionnement du système 30
11.3 Conditions de la source de courant 30
11.4 Combustible d'essai 30
12 Processus de fonctionnement 30
13 Plan d'essai 32
14 Essais de type sur les performances électriques et thermiques 33
14.1 Généralités 33
14.2 Essai de consommation de combustible 33
14.2.1 Essai de consommation de combustible gazeux 33
14.2.2 Essai de consommation de combustible liquide 36
14.3 Essai de puissance électrique de sortie 38
14.3.1 Généralités 38
14.3.2 Méthode d'essai 38
14.3.3 Calcul de la puissance électrique nette moyenne de sortie 39
14.4 Essai d'énergie thermique récupérée 39
14.4.1 Généralités 39
14.4.2 Méthode d'essai 39
14.4.3 Calcul de la puissance thermique récupérée moyenne 40
14.5 Essai de démarrage 41
14.5.1 Généralités 41
14.5.2 Détermination de l'état de charge nominal de la batterie 41
14.5.3 Méthode d'essai 42
14.5.4 Calcul des résultats 44
14.6 Essai d'accélération 46

14.6.1 Généralités 46
14.6.2 Méthode d'essai 46
14.6.3 Calcul des résultats 47
14.7 Essai d'état de stockage 48
14.7.1 Généralités 48
14.7.2 Méthode d'essai 48
14.7.3 Calcul de la puissance électrique moyenne en entrée à l'état de stockage 48
14.8 Essai de variation de puissance électrique de sortie 48
14.8.1 Généralités 48
14.8.2 Méthode d'essai 49
14.8.3 Calcul du taux de variation de puissance électrique de sortie 51
14.9 Essai d'arrêt 52
14.9.1 Généralités 52
14.9.2 Méthode d'essai 52
14.9.3 Calcul des résultats 53
14.10 Calcul du rendement 54
14.10.1 Généralités 54
14.10.2 Rendement électrique 54
14.10.3 Rendement de l'énergie thermique récupérable 55
14.10.4 Rendement énergétique global 55
14.11 Rendement du cycle de fonctionnement assigné 55
14.11.1 Généralités 55
14.11.2 Calcul de l'énergie de combustible d'entrée du cycle de fonctionnement 56
14.11.3 Calcul de l'énergie électrique nette de sortie du cycle de fonctionnement 57
14.11.4 Calcul du rendement électrique du cycle de fonctionnement 58
14.12 Essai de compatibilité électromagnétique (CEM) 58
14.12.1 Exigences générales 58
14.12.2 Essai d'immunité aux décharges électrostatiques 59
14.12.3 Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques 59
14.12.4 Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves 59
14.12.5 Essai d'immunité aux ondes de choc 59
14.12.6 Essai d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques 59
14.12.7 Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau 59
14.12.8 Essais d'immunité aux creux de tension et coupures de tension 59
14.12.9 Essai de mesure des perturbations (émissions) rayonnées 59
14.12.10 Essai de mesure des perturbations (émissions) conduites 60
14.12.11 Essai de mesure des émissions d'harmoniques de la ligne électrique 60
14.13 Estimation du rendement électrique et du rendement de l'énergie thermique récupérable jusqu'à dix ans de fonctionnement 60
14.13.1 Généralités 60
14.13.2 Méthode d'essai 62
14.13.3 Calcul du rendement électrique estimé 63
14.13.4 Calcul du rendement estimé de l'énergie thermique récupérable 64
14.14 Essai de suivi de la demande d'électricité 65
14.14.1 Généralités 65
14.14.2 Profil de demande électrique 65

14.14.3 Méthode d'essai 66
14.14.4 Calcul des résultats 66
14.14.5 Calcul des rendements 68
15 Essais de type sur les performances environnementales 68
15.1 Généralités 68
15.2 Essai de bruit 68
15.2.1 Généralités 68
15.2.2 Conditions d'essai 68
15.2.3 Méthode d'essai 69
15.2.4 Traitement des données 70
15.3 Essai de gaz d'échappement 70
15.3.1 Généralités 70
15.3.2 Composants à mesurer 70
15.3.3 Méthode d'essai 71
15.3.4 Traitement des données 73
15.4 Essai d'eau d'écoulement 85
15.4.1 Généralités 85
15.4.2 Méthode d'essai 85
16 Rapports d'essai 86
16.1 Généralités 86
16.2 Page de titre 86
16.3 Sommaire 86
16.4 Rapport résumé 87
Annexe A (normative) Pouvoirs calorifiques des composants du gaz naturel 88
Annexe B (informative) Exemples de compositions du gaz naturel et du propane 90
Annexe C (informative) Exemple de programme d'essai de fonctionnement 92
Annexe D (informative) Composants de gaz d'échappement types 94
Annexe E (informative) Lignes directrices sur le contenu des rapports détaillé et complet 95
E.1 Généralités 95
E.2 Rapport détaillé 95
E.3 Rapport complet 95
Annexe F (informative) Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée 96
Bibliographie 97

Figure 1 – Schéma des symboles 19
Figure 2 – Configuration générale d'un petit système à pile à combustible stationnaire 22
Figure 3 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit l'électricité et la chaleur utile 25
Figure 4 – Montage d'essai pour petit système à pile à combustible stationnaire alimenté avec du combustible gazeux qui fournit uniquement l'électricité 26
Figure 5 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire sans batterie 31
Figure 6 – États de fonctionnement d'un système à pile à combustible stationnaire avec batterie 32
Figure 7 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système sans batterie 42

Figure 8 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps de démarrage d'un système avec batterie 43
Figure 9 – Exemple de systèmes d'alimentation en combustible liquide 44
Figure 10 – Exemple de graphique de la puissance électrique pendant le temps d'accélération d'un système sans batterie 47
Figure 11 – Schéma de variation de puissance électrique de sortie d'un système sans batterie 50
Figure 12 – Schéma de variation de puissance électrique de sortie d'un système avec batterie 50
Figure 13 – Ligne directrice pour atteindre l'état d'équilibre 51
Figure 14 – Graphique de la puissance électrique 53
Figure 15 – Exemple de rendement électrique pendant dix ans de fonctionnement 61
Figure 16 – Exemple de demande d'électricité pour une application résidentielle 65
Figure 17 – Points de mesure du bruit pour petits systèmes à piles à combustible stationnaires 69
Figure 18 – Exemple de collecteurs de gaz d'échappement de combustion et d'emplacements de collecte 72

Tableau 1 – Symboles et leurs significations pour les performances électriques et thermiques 16
Tableau 2 – Symboles supplémentaires et leurs significations pour les performances environnementales 19
Tableau 3 – Compensation des lectures par rapport à l'effet du bruit de fond 69
Tableau A.1 – Pouvoirs calorifiques des composants du gaz naturel à la température de référence (288,15 K), base molaire et base massique pour un gaz parfait 88
Tableau B.1 – Exemple de composition du gaz naturel (%) 90
Tableau B.2 – Exemple de composition du gaz propane (%) 91
Tableau C.1 – Exemple de programme d'essai de fonctionnement 92
Tableau D.1 – Composants de gaz d'échappement types prévus pour les combustibles types 94
Tableau F.1 – Durée choisie de fonctionnement à la puissance assignée 96

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

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 brevet 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 brevets.

L'IEC 62282-3-201 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 troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2017 et son Amendement 1:2022. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) révision de l'Introduction,
b) révision des termes et définitions,
c) révision du Tableau 1,
d) révision de la Figure 1, Figure 2, Figure 3 et Figure 4;
e) révision des appareils de mesure (10.2),
f) révision de l'incertitude de mesure systématique minimale exigée (10.4),
g) révision des conditions d'essai (Article 11),
h) révision du processus de fonctionnement (Article 12),
i) révision de l'essai de consommation de combustible (14.2),
j) révision de l'essai d'énergie thermique récupérée (14.4),
k) révision de la Figure 13 et de la Figure 14,
l) révision du calcul des résultats (14.14.4),
m) révision de l'Annexe A et de l'Annexe B.

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

Projet	Rapport de vote
105/1114/FDIS	105/1128/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*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous 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 domaine d'application du présent document est limité aux petits systèmes à piles à combustible stationnaires (de puissance électrique de sortie inférieure à 10 kW, ce qui est typique pour les applications résidentielles, les petites applications commerciales et les applications hors réseau). Il fournit des méthodes d'essai détaillées conçues spécifiquement pour eux. Le présent document repose sur la dernière édition de l'IEC 62282-3-200, qui donne une description globale des méthodes d'essai des performances communes à tous les types de piles à combustible.

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, ou aux deux.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62282 fournit des méthodes d'essai relatives aux performances électriques, thermiques et environnementales des petits systèmes à piles à combustible stationnaires qui satisfont aux critères suivants:

- puissance de sortie: la puissance électrique de sortie assignée est inférieure à 10 kW;
- mode de sortie: fonctionnement raccordé au réseau/indépendant ou fonctionnement autonome avec une sortie en courant alternatif monophasé ou une sortie en courant alternatif triphasé ne dépassant pas 1 000 V ou une sortie en courant continu ne dépassant pas 1 500 V;

  NOTE La limite de 1 000 V pour le courant alternatif provient de la définition de la "basse tension" donnée dans l'IEC 60050-601:1985, 601-01-26.
- pression de fonctionnement: pression de fonctionnement admissible maximale 0,1 MPa (G) pour les passages du combustible et de l'agent oxydant;
- combustible: combustible gazeux (gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, propane, butane, hydrogène, etc.) ou combustible liquide (kérosène, méthanol, etc.);
- agent oxydant: air.

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.

Le présent document fournit des méthodes d'essai à appliquer dans des conditions de laboratoire.

Le présent document traite des systèmes à piles à combustible dont le but principal est de produire du courant électrique et dont le but secondaire peut être d'utiliser de la chaleur. Par conséquent, les systèmes à piles à combustible dont le but principal est l'utilisation de la chaleur et dont le but secondaire est l'utilisation du courant électrique ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Tous les systèmes incluant des batteries intégrées sont couverts par le présent document. Celui-ci comprend les systèmes dans lesquels les batteries sont rechargées de manière interne ou rechargées à partir d'une source externe.

Le présent document ne couvre pas les générateurs de chaleur auxiliaires supplémentaires produisant de l'énergie thermique.

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).

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques, et médicaux - Caractéristiques de perturbations radioélectriques - Limites et méthodes de mesure*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 3-2: Limites - Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure - Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure - Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure - Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

IEC 61000-6-1:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-1: Normes génériques - Normes d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*