

INTERNATIONAL STANDARD

REDLINE VERSION

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

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	1
INTRODUCTION to Amendment 1	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~~

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

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*