IEC 60060-2

Edition 4.0 2025-04
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-8327-0387-8

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 7
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
3.1 Measuring systems 10
3.2 Components of a measuring system 11
3.3 Scale factors 12
3.4 Rated values 12
3.5 Terms related to dynamic behaviour 13
3.6 Terms related to uncertainty 17
3.7 Terms related to tests on measuring systems 20
4 Procedures for qualification and use of measuring systems 21
4.1 General principles 21
4.2 Schedule of performance tests 21
4.3 Schedule of performance checks 21
4.4 Requirements for the record of performance 22
4.4.1 Contents of the record of performance 22
4.4.2 Exceptions 22
4.5 Operating conditions 22
4.6 Uncertainty 23
5 Tests and test requirements for an approved measuring system and its components 23
5.1 General requirements 23
5.2 Calibration – Determination of the scale factor 24
5.2.1 Calibration of measuring systems by comparison with a reference measuring system (preferred method) 24
5.2.2 Determination of the scale factor of a measuring system from the scale factors of its components (alternative method) 29
5.3 Linearity test in addition to comparison over the limited voltage range 30
5.3.1 Application 30
5.3.2 Alternative methods in order of suitability 32
5.4 Dynamic behaviour 33
5.4.1 General 33
5.4.2 Determination of the amplitude-frequency response of AC measuring systems 33
5.4.3 Reference method for impulse voltage measuring systems 33
5.5 Short-term stability 34
5.6 Long-term stability 34
5.7 Ambient temperature effect 35
5.8 Proximity effect 35
5.9 Software effect 36
5.10 Uncertainty calculation of the scale factor 36
5.10.1 General 36
5.10.2 Uncertainty of the calibration 37
5.10.3 Uncertainty of measurement using an approved measuring system 37
5.11 Uncertainty calculation of time parameter measurement (impulse voltages only) 38
5.11.1 General 38

5.11.2 Uncertainty of the time parameter calibration 39
5.11.3 Uncertainty of time parameter measurement using an approved measuring system 40
5.12 Interference test (transmission system and instrument for impulse voltage measurements) 41
5.13 Withstand tests for converting device 42
6 Measurement of direct voltage 42
6.1 Requirements for an approved measuring system 42
6.1.1 General 42
6.1.2 Uncertainty contributions 43
6.1.3 Requirements for converting device 43
6.1.4 Dynamic behaviour for measuring voltage changes 43
6.2 Tests on an approved measuring system 43
6.3 Performance check 44
6.3.1 General 44
6.3.2 Comparison with an approved measuring system 44
6.3.3 Check of the scale factors of the components 45
6.4 Measurement of ripple amplitude 45
6.4.1 Requirements 45
6.4.2 Uncertainty contributions 45
6.4.3 Calibrations and tests on an approved ripple voltage measuring system 45
6.4.4 Measurement of the scale factor at the ripple frequency 45
6.4.5 Dynamic behaviour by amplitude-frequency response 46
6.4.6 Performance check for ripple measuring system 46
7 Measurement of alternating voltage 46
7.1 Requirements for an approved measuring system 46
7.1.1 General 46
7.1.2 Uncertainty contributions 46
7.1.3 Dynamic behaviour 46
7.2 Tests on an approved measuring system 50
7.3 Dynamic behaviour test 50
7.4 Performance check 50
7.4.1 General 50
7.4.2 Comparison with an approved measuring system 51
7.4.3 Check of the scale factors of the components 51
8 Measurement of lightning impulse voltage 52
8.1 Requirements for an approved measuring system 52
8.1.1 General 52
8.1.2 Uncertainty contributions 52
8.1.3 Requirements for measuring instrument 52
8.1.4 Dynamic behaviour 52
8.1.5 Connection to the test object 53
8.2 Tests on an approved measuring system 53
8.3 Performance test on measuring systems 54
8.3.1 Reference method (preferred) 54
8.3.2 Alternative method supplemented by a measurement of the step response in accordance with Annex C 54
8.4 Dynamic behaviour test 55
8.4.1 Comparison with a reference measuring system (preferred) 55

8.4.2 Alternative method based on step response parameters (Annex C) and convolution (Annex D) 55
8.5 Performance check 55
8.5.1 Comparison with an approved measuring system 55
8.5.2 Check of the scale factors of the components 55
8.5.3 Dynamic behaviour check by reference record at low voltage 56
8.5.4 Dynamic behaviour check by reference record of an impulse voltage 56
9 Measurement of switching impulse voltage 56
9.1 Requirements for an approved measuring system 56
9.1.1 General 56
9.1.2 Uncertainty contribution 56
9.1.3 Requirements for the measuring instrument 56
9.1.4 Dynamic behaviour 57
9.1.5 Connection to the test object 57
9.2 Tests on an approved measuring system 57
9.3 Performance test on measuring systems 57
9.3.1 Reference method (preferred) 57
9.3.2 Alternative methods supplemented by a step-response measurement 57
9.4 Dynamic behaviour test by comparison 58
9.5 Performance check 58
9.5.1 Scale factor check by comparison with an approved measuring system 58
9.5.2 Check of the scale factors of the components 58
9.5.3 Dynamic behaviour check by reference record 58
10 Measurement of combined voltages 59
10.1 Requirements for an approved measuring system 59
10.1.1 General 59
10.1.2 Uncertainty contributions 60
10.1.3 Requirements for measuring systems 60
10.1.4 Connection to the test object 62
10.1.5 Requirements for an approved measuring system 62
10.2 Performance checks and tests on measuring systems 62
11 Measurement of composite voltages 62
11.1 Requirements for an approved measuring system 62
11.1.1 General 62
11.1.2 Uncertainty contributions 63
11.1.3 Requirements for measuring systems 63
11.1.4 Connection to the test object 64
11.1.5 Combining requirements for an approved measuring system 64
11.2 Performance checks and tests on measuring systems 64
12 Reference measuring systems 65
12.1 Requirements for reference measuring systems 65
12.1.1 Direct voltage 65
12.1.2 Alternating voltage 65
12.1.3 Full and chopped lightning and switching impulse voltages 65
12.2 Calibration of a reference measuring system 65
12.2.1 General 65
12.2.2 Reference method: Comparative measurement 65
12.2.3 Alternative method for impulse voltages: Measurement of scale factor and evaluation of step response parameters 66

12.3 Interval between successive calibrations of reference measuring systems 66
12.4 Use of reference measuring systems 66
Annex A (informative) Uncertainty of measurement 67
A.1 General 67
A.2 Model function 67
A.3 Type A evaluation of standard uncertainty 68
A.4 Type B evaluation of standard uncertainty 69
A.5 Combined standard uncertainty 71
A.6 Expanded uncertainty 72
A.7 Effective degrees of freedom 72
A.8 Uncertainty budget 73
A.9 Statement of the measurement result 73
Annex B (informative) Examples for the calculation of measuring uncertainties in high-voltage measurements 75
B.1 Example 1: Calibration of scale factor of an AC measuring system (comparison method) 84
B.1.1 Description 84
B.1.2 Determination of scale factor and uncertainty contributions 84
B.1.3 Uncertainty budget and expression of result 88
B.2 Example 2: Calibration of scale factor of an impulse voltage measuring system (component method) 88
B.3 Example 3: Calibration of front time of lightning impulse voltages 90
Annex C (~~informative~~normative) Step-response measurements 94
C.1 General 94
C.2 Circuit for step- response measurements 94
C.3 ~~Requirements~~ Recommendations for the step response of a component 96
Annex D (~~informative~~normative) Convolution method for the determination of dynamic behaviour from step-response measurements 100
D.1 General 100
D.2 Convolution method 100
D.3 Procedure for performing the convolution calculation 101
D.4 Uncertainty contributions 102
D.5 Discussion of the calculated errors of impulse parameters 102
D.5.1 Error in the peak amplitude 102
D.5.2 Error in the front time 102
D.5.3 Error in the time to half-value 103
Bibliography 104

Figure 1 – Amplitude-frequency response with examples for limit frequencies (f_1; f_2) 13
Figure 2 – Parameters for the unit step response $g(t)$ 15
Figure 3 – Parameters for the step-response integral $T(t)$ 16
Figure 4 – Calibration by comparison over the full voltage range, h=5 26
Figure 5 – Uncertainty contributions ~~of the~~ for calibration ~~(example with minimum of 5 voltage levels)~~ over five voltage levels 27
Figure 6 – Combining calibration ~~by comparison over a limited voltage range, with an additional~~ and linearity test 29
Figure 7 – Linearity test ~~of the measuring system with a linear device~~ in the extended voltage range 31

Figure 8 – Short-circuiting arrangement for the interference test 42
Figure 9 – Normalized amplitude-frequency response of a measuring system intended for a single fundamental frequency 49
Figure 10 – Normalized amplitude-frequency response of measuring system intended for a range of fundamental frequencies 50
Figure 11 – Circuit for a combined voltage test 60
Figure 12 – Circuit for a composite voltage test 63
Figure A.1 – Normal probability distribution $p(x)$ 74
Figure A.2 – Rectangular probability distribution $p(x)$ 74
Figure B.1 – Comparison of measuring systems 84
Figure B.2 – Front time deviation of system X, related to the reference system N 92
Figure C.1 –Unit step response $g(t)$ showing an initial distortion 98
Figure C.2 – Suitable circuits for step response measurement 99

Table 1 – Tests required for an approved direct voltage measuring system 44
Table 2 – Tests required for estimation of uncertainty contributions in ripple measurement 46
Table 3 – Tests required for an approved alternating voltage measuring system 51
Table 4 – Tests required for an approved lightning impulse voltage measuring system 53
Table 5 – Tests required for a switching impulse voltage measuring system 59
Table 6 – Requirements for measuring systems for combined voltage tests 62
Table 7 – Requirements for measuring systems for composite tests 64
Table 8 – Recommended response parameter values for impulse voltage reference measuring systems 66
Table A.1 – Coverage factor k for effective degrees of freedom v_{eff} (p = 95~~,45~~ %) 73
Table A.2 – Schematic of an uncertainty budget 73
Table B.1 – Result of the comparison measurement at a single voltage level g 86
Table B.2 – Summary of results for h = 5 voltage levels (V_{Xmax} = 500 kV) 86
Table B.3 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F_{X} 88
Table B.4 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F 90
Table B.5 – Calibration result for front time T_1 and deviations 91
Table B.6 – Uncertainty budget of the front time deviation $\Delta T_{1\text{cal}}$ 93

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES –

Part 2: Measuring 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 60060-2:2010. 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 60060-2 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high current test techniques. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) The general layout and text has been updated and improved to make the standard easier to use.
b) This document has been revised to align it with the fourth edition of IEC 60060-1.
c) The treatment of measurement uncertainty estimation has been expanded.
d) This document is now applicable to measuring systems used in testing at all standard insulation levels specified in IEC 60071-1.
e) The measurement uncertainty requirement for the front time of the standard lighting impulse voltage has been changed from 10 % to 15 %, for testing at all standard insulation levels specified in IEC 60071-1.
f) The parameter "time-to-peak" of the switching impulse defined in the third edition of IEC 60060-1:2010 has been replaced by "front time" in the fourth edition of IEC 60060-1. Necessary changes have been made in this document to accommodate this change in IEC 60060-1.
g) Clause 10, Measurement of combined voltages and Clause 11, Measurement of composite voltages have been added.
h) Clause B.1 has been significantly revised to align more closely with the provisions of Clause 5, including using the same nomenclature.

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

Draft	Report on voting
42/443/FDIS	42/447/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 60060 series, published under the general title *High-voltage test techniques*, 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.

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES –

Part 2: Measuring systems

1 Scope

This part of IEC 60060 is applicable to complete measuring systems and to their components, used for the measurement of high voltages during laboratory and factory tests with direct voltage, alternating voltage and lightning and switching impulse voltages and combined and composite voltages as specified in IEC 60060-1. For measurements during on-site tests, see IEC 60060-3.

The limits on uncertainties of measurements stated in this document apply to test levels stated in IEC 60071-1~~:2006~~. The principles of this document apply also to higher levels but the uncertainty ~~may~~ can be greater.

This document:

- defines the terms used;
- describes methods to estimate the uncertainties of high-voltage measurements;
- states the requirements that apply to measuring systems ~~shall meet~~;
- describes the methods for approving a measuring system and checking its components;
- describes the procedures by which the user ~~shall show~~ demonstrates that a measuring system meets the requirements of this document, including the limits set for the uncertainty of measurement.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60052, *Voltage measurement by means of standard air gaps*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General ~~definitions~~ terminology and test requirements*

IEC 61083 (all parts), *Instruments and software used for measurements in high-voltage and high-current tests*

IEC 61083-1, *Instruments and software used for measurements in high-voltage ~~impulse~~ and high-current tests – Part 1: Requirements for instruments for impulse tests*

IEC 61083-2, ~~*Digital recorders for measurement in high-voltage impulse tests – Part 2: Evaluation of software used for the determination of the parameters of impulse waveforms*~~ *Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 2: Requirements for software for tests with impulse voltages and currents*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*

~~NOTE Further related standards, guides, etc. on subjects included in this International Standard are given in the bibliography.~~

IEC 60060-2

Edition 4.0 2025-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems

Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure



IEC 60060-2:2025-04(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 7
1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Terms and definitions 10
3.1 Measuring systems 10
3.2 Components of a measuring system 10
3.3 Scale factors 11
3.4 Rated values 12
3.5 Terms related to dynamic behaviour 13
3.6 Terms related to uncertainty 17
3.7 Terms related to tests on measuring systems 20
4 Procedures for qualification and use of measuring systems 21
4.1 General principles 21
4.2 Schedule of performance tests 21
4.3 Schedule of performance checks 21
4.4 Requirements for the record of performance 22
4.4.1 Contents of the record of performance 22
4.4.2 Exceptions 22
4.5 Operating conditions 22
4.6 Uncertainty 23
5 Tests and test requirements for an approved measuring system and its components 23
5.1 General requirements 23
5.2 Calibration – Determination of the scale factor 24
5.2.1 Calibration of measuring systems by comparison with a reference measuring system (preferred method) 24
5.2.2 Determination of the scale factor of a measuring system from the scale factors of its components (alternative method) 27
5.3 Linearity test in addition to comparison over the limited voltage range 28
5.3.1 Application 28
5.3.2 Alternative methods in order of suitability 29
5.4 Dynamic behaviour 30
5.4.1 General 30
5.4.2 Determination of the amplitude-frequency response of AC measuring systems 30
5.4.3 Reference method for impulse voltage measuring systems 31
5.5 Short-term stability 31
5.6 Long-term stability 32
5.7 Ambient temperature effect 32
5.8 Proximity effect 33
5.9 Software effect 33
5.10 Uncertainty calculation of the scale factor 34
5.10.1 General 34
5.10.2 Uncertainty of the calibration 34
5.10.3 Uncertainty of measurement using an approved measuring system 35
5.11 Uncertainty calculation of time parameter measurement (impulse voltages only) 36
5.11.1 General 36

5.11.2 Uncertainty of the time parameter calibration 36
5.11.3 Uncertainty of time parameter measurement using an approved measuring system 38
5.12 Interference test (transmission system and instrument for impulse voltage measurements) 38
5.13 Withstand tests for converting device 39
6 Measurement of direct voltage 39
6.1 Requirements for an approved measuring system 39
6.1.1 General 39
6.1.2 Uncertainty contributions 40
6.1.3 Requirements for converting device 40
6.1.4 Dynamic behaviour for measuring voltage changes 40
6.2 Tests on an approved measuring system 40
6.3 Performance check 41
6.3.1 General 41
6.3.2 Comparison with an approved measuring system 41
6.3.3 Check of the scale factors of the components 42
6.4 Measurement of ripple amplitude 42
6.4.1 Requirements 42
6.4.2 Uncertainty contributions 42
6.4.3 Calibrations and tests on an approved ripple voltage measuring system 42
6.4.4 Measurement of the scale factor at the ripple frequency 42
6.4.5 Dynamic behaviour by amplitude-frequency response 43
6.4.6 Performance check for ripple measuring system 43
7 Measurement of alternating voltage 43
7.1 Requirements for an approved measuring system 43
7.1.1 General 43
7.1.2 Uncertainty contributions 43
7.1.3 Dynamic behaviour 43
7.2 Tests on an approved measuring system 46
7.3 Dynamic behaviour test 46
7.4 Performance check 46
7.4.1 General 46
7.4.2 Comparison with an approved measuring system 47
7.4.3 Check of the scale factors of the components 47
8 Measurement of lightning impulse voltage 48
8.1 Requirements for an approved measuring system 48
8.1.1 General 48
8.1.2 Uncertainty contributions 48
8.1.3 Requirements for measuring instrument 48
8.1.4 Dynamic behaviour 48
8.1.5 Connection to the test object 49
8.2 Tests on an approved measuring system 49
8.3 Performance test on measuring systems 50
8.3.1 Reference method (preferred) 50
8.3.2 Alternative method supplemented by a measurement of the step response in accordance with Annex C 50
8.4 Dynamic behaviour test 51
8.4.1 Comparison with a reference measuring system (preferred) 51

8.4.2 Alternative method based on step response parameters (Annex C) and convolution (Annex D) 51
8.5 Performance check 51
8.5.1 Comparison with an approved measuring system 51
8.5.2 Check of the scale factors of the components 51
8.5.3 Dynamic behaviour check by reference record at low voltage 52
8.5.4 Dynamic behaviour check by reference record of an impulse voltage 52
9 Measurement of switching impulse voltage 52
9.1 Requirements for an approved measuring system 52
9.1.1 General 52
9.1.2 Uncertainty contribution 52
9.1.3 Requirements for the measuring instrument 52
9.1.4 Dynamic behaviour 53
9.1.5 Connection to the test object 53
9.2 Tests on an approved measuring system 53
9.3 Performance test on measuring systems 53
9.3.1 Reference method (preferred) 53
9.3.2 Alternative methods supplemented by a step-response measurement 53
9.4 Dynamic behaviour test by comparison 54
9.5 Performance check 54
9.5.1 Scale factor check by comparison with an approved measuring system 54
9.5.2 Check of the scale factors of the components 54
9.5.3 Dynamic behaviour check by reference record 54
10 Measurement of combined voltages 55
10.1 Requirements for an approved measuring system 55
10.1.1 General 55
10.1.2 Uncertainty contributions 56
10.1.3 Requirements for measuring systems 56
10.1.4 Connection to the test object 58
10.1.5 Requirements for an approved measuring system 58
10.2 Performance checks and tests on measuring systems 58
11 Measurement of composite voltages 58
11.1 Requirements for an approved measuring system 58
11.1.1 General 58
11.1.2 Uncertainty contributions 59
11.1.3 Requirements for measuring systems 59
11.1.4 Connection to the test object 60
11.1.5 Combining requirements for an approved measuring system 60
11.2 Performance checks and tests on measuring systems 60
12 Reference measuring systems 61
12.1 Requirements for reference measuring systems 61
12.1.1 Direct voltage 61
12.1.2 Alternating voltage 61
12.1.3 Full and chopped lightning and switching impulse voltages 61
12.2 Calibration of a reference measuring system 61
12.2.1 General 61
12.2.2 Reference method: Comparative measurement 61
12.2.3 Alternative method for impulse voltages: Measurement of scale factor and evaluation of step response parameters 61

12.3 Interval between successive calibrations of reference measuring systems 62
12.4 Use of reference measuring systems 62
Annex A (informative) Uncertainty of measurement 63
A.1 General 63
A.2 Model function 63
A.3 Type A evaluation of standard uncertainty 64
A.4 Type B evaluation of standard uncertainty 65
A.5 Combined standard uncertainty 66
A.6 Expanded uncertainty 67
A.7 Effective degrees of freedom 68
A.8 Uncertainty budget 68
A.9 Statement of the measurement result 69
Annex B (informative) Examples for the calculation of measuring uncertainties in high-voltage measurements 71
B.1 Example 1: Calibration of scale factor of an AC measuring system (comparison method) 71
B.1.1 Description 71
B.1.2 Determination of scale factor and uncertainty contributions 71
B.1.3 Uncertainty budget and expression of result 75
B.2 Example 2: Calibration of scale factor of an impulse voltage measuring system (component method) 75
B.3 Example 3: Calibration of front time of lightning impulse voltages 77
Annex C (normative) Step-response measurements 81
C.1 General 81
C.2 Circuit for step- response measurements 81
C.3 Recommendations for the step response of a component 81
Annex D (normative) Convolution method for the determination of dynamic behaviour from step-response measurements 84
D.1 General 84
D.2 Convolution method 84
D.3 Procedure for performing the convolution calculation 85
D.4 Uncertainty contributions 86
D.5 Discussion of the calculated errors of impulse parameters 86
D.5.1 Error in the peak amplitude 86
D.5.2 Error in the front time 86
D.5.3 Error in the time to half-value 87
Bibliography 88

Figure 1 – Amplitude-frequency response with examples for limit frequencies (f_1; f_2) 13
Figure 2 – Parameters for the unit step response $g(t)$ 15
Figure 3 – Parameters for the step-response integral $T(t)$ 16
Figure 4 – Calibration by comparison over the full voltage range, h=5 26
Figure 5 – Uncertainty contributions for calibration over five voltage levels 26
Figure 6 – Combining calibration and linearity test 27
Figure 7 – Linearity test in the extended voltage range 29
Figure 8 – Short-circuiting arrangement for the interference test 39
Figure 9 – Normalized amplitude-frequency response of a measuring system intended for a single fundamental frequency 45

Figure 10 – Normalized amplitude-frequency response of measuring system intended for a range of fundamental frequencies 46
Figure 11 – Circuit for a combined voltage test 56
Figure 12 – Circuit for a composite voltage test 59
Figure A.1 – Normal probability distribution $p(x)$ 69
Figure A.2 – Rectangular probability distribution $p(x)$ 70
Figure B.1 – Comparison of measuring systems 71
Figure B.2 – Front time deviation of system X, related to the reference system N 79
Figure C.1 –Unit step response $g(t)$ showing an initial distortion 82
Figure C.2 – Suitable circuits for step response measurement 83

Table 1 – Tests required for an approved direct voltage measuring system 41
Table 2 – Tests required for estimation of uncertainty contributions in ripple measurement 43
Table 3 – Tests required for an approved alternating voltage measuring system 47
Table 4 – Tests required for an approved lightning impulse voltage measuring system 49
Table 5 – Tests required for a switching impulse voltage measuring system 55
Table 6 – Requirements for measuring systems for combined voltage tests 58
Table 7 – Requirements for measuring systems for composite tests 60
Table 8 – Recommended response parameter values for impulse voltage reference measuring systems 62
Table A.1 – Coverage factor k for effective degrees of freedom v_{eff} (p = 95 %) 68
Table A.2 – Schematic of an uncertainty budget 69
Table B.1 – Result of the comparison measurement at a single voltage level g 73
Table B.2 – Summary of results for h = 5 voltage levels (V_{Xmax} = 500 kV) 73
Table B.3 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F_{X} 75
Table B.4 – Uncertainty budget of the assigned scale factor F 77
Table B.5 – Calibration result for front time T_1 and deviations 78
Table B.6 – Uncertainty budget of the front time deviation $\Delta T_{1\text{cal}}$ 80

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES –

Part 2: Measuring 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 60060-2 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high current test techniques. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

a) The general layout and text has been updated and improved to make the standard easier to use.
b) This document has been revised to align it with the fourth edition of IEC 60060-1.
c) The treatment of measurement uncertainty estimation has been expanded.

d) This document is now applicable to measuring systems used in testing at all standard insulation levels specified in IEC 60071-1.

e) The measurement uncertainty requirement for the front time of the standard lighting impulse voltage has been changed from 10 % to 15 %, for testing at all standard insulation levels specified in IEC 60071-1.

f) The parameter "time-to-peak" of the switching impulse defined in the third edition of IEC 60060-1:2010 has been replaced by "front time" in the fourth edition of IEC 60060-1. Necessary changes have been made in this document to accommodate this change in IEC 60060-1.

g) Clause 10, Measurement of combined voltages and Clause 11, Measurement of composite voltages have been added.

h) Clause B.1 has been significantly revised to align more closely with the provisions of Clause 5, including using the same nomenclature.

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

Draft	Report on voting
42/443/FDIS	42/447/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 60060 series, published under the general title *High-voltage test techniques*, 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.

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES –

Part 2: Measuring systems

1 Scope

This part of IEC 60060 is applicable to complete measuring systems and to their components, used for the measurement of high voltages during laboratory and factory tests with direct voltage, alternating voltage and lightning and switching impulse voltages and combined and composite voltages as specified in IEC 60060-1. For measurements during on-site tests, see IEC 60060-3.

The limits on uncertainties of measurements stated in this document apply to test levels stated in IEC 60071-1. The principles of this document apply also to higher levels but the uncertainty can be greater.

This document:

- defines the terms used;
- describes methods to estimate the uncertainties of high-voltage measurements;
- states the requirements that apply to measuring systems;
- describes the methods for approving a measuring system and checking its components;
- describes the procedures by which the user demonstrates that a measuring system meets the requirements of this document, including the limits set for the uncertainty of measurement.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60052, *Voltage measurement by means of standard air gaps*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General terminology and test requirements*

IEC 61083 (all parts), *Instruments and software used for measurements in high-voltage and high-current tests*

IEC 61083-1*, Instruments and software used for measurements in high-voltage and high-current tests – Part 1: Requirements for instruments for impulse tests*

IEC 61083-2*, Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 2: Requirements for software for tests with impulse voltages and currents*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 96
1 Domaine d'application 98
2 Références normatives 98
3 Termes et définitions 99
3.1 Systèmes de mesure 99
3.2 Constituants d'un système de mesure 99
3.3 Coefficients de conversion 100
3.4 Caractéristiques assignées 101
3.5 Termes relatifs au comportement dynamique 102
3.6 Termes relatifs à l'incertitude 106
3.7 Termes relatifs aux essais sur des systèmes de mesure 109
4 Procédures de qualification et d'utilisation des systèmes de mesure 110
4.1 Principes généraux 110
4.2 Calendrier des essais de détermination des caractéristiques 110
4.3 Calendrier des contrôles des caractéristiques 111
4.4 Exigences pour le recueil de caractéristiques 111
4.4.1 Contenu du recueil de caractéristiques 111
4.4.2 Exceptions 112
4.5 Conditions de fonctionnement 112
4.6 Incertitude 112
5 Essais et exigences d'essai pour un système de mesure approuvé et ses constituants 113
5.1 Exigences générales 113
5.2 Étalonnage – Détermination du coefficient de conversion 114
5.2.1 Étalonnage des systèmes de mesure par comparaison à un système de mesure de référence (méthode préférentielle) 114
5.2.2 Détermination du coefficient de conversion d'un système de mesure à partir des coefficients de conversion de ses constituants (méthode alternative) 118
5.3 Essai de linéarité en plus de la comparaison sur une plage limitée de tensions 118
5.3.1 Application 118
5.3.2 Autres méthodes dans l'ordre de pertinence 119
5.4 Comportement dynamique 120
5.4.1 Généralités 120
5.4.2 Détermination de la réponse amplitude-fréquence des systèmes de mesure en courant alternatif 121
5.4.3 Méthode de référence pour les systèmes de mesure des tensions de choc 121
5.5 Stabilité à court terme 121
5.6 Stabilité à long terme 122
5.7 Effet de la température ambiante 123
5.8 Effet de proximité 123
5.9 Effet de logiciel 124
5.10 Calcul d'incertitude du coefficient de conversion 124
5.10.1 Généralités 124
5.10.2 Incertitude de l'étalonnage 124
5.10.3 Incertitude de mesure en utilisant un système de mesure approuvé 125

5.11 Calcul d'incertitude de la mesure des paramètres de temps (tensions de choc uniquement) 126
5.11.1 Généralités 126
5.11.2 Incertitude de l'étalonnage des paramètres de temps 126
5.11.3 Incertitude de mesure des paramètres de temps en utilisant un système de mesure approuvé 128
5.12 Essai de perturbations (système de transmission et instrument de mesure des tensions de choc) 129
5.13 Essais de tenue du dispositif de conversion 130
6 Mesure de tension continue 130
6.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 130
6.1.1 Généralités 130
6.1.2 Contributions d'incertitude 130
6.1.3 Exigences relatives au dispositif de conversion 130
6.1.4 Comportement dynamique pour mesurer les variations de tension 131
6.2 Essais sur un système de mesure approuvé 131
6.3 Contrôle des caractéristiques 132
6.3.1 Généralités 132
6.3.2 Comparaison à un système de mesure approuvé 132
6.3.3 Contrôle des coefficients de conversion des constituants 132
6.4 Mesure de l'amplitude de l'ondulation 133
6.4.1 Exigences 133
6.4.2 Contributions d'incertitude 133
6.4.3 Étalonnages et essais sur un système de mesure approuvé de tension d'ondulation 133
6.4.4 Mesure du coefficient de conversion à la fréquence d'ondulation 133
6.4.5 Comportement dynamique par la réponse amplitude-fréquence 133
6.4.6 Contrôle des caractéristiques pour le système de mesure d'ondulation 134
7 Mesure de tension alternative 134
7.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 134
7.1.1 Généralités 134
7.1.2 Contributions d'incertitude 134
7.1.3 Comportement dynamique 134
7.2 Essais sur un système de mesure approuvé 137
7.3 Essai de comportement dynamique 137
7.4 Contrôle des caractéristiques 138
7.4.1 Généralités 138
7.4.2 Comparaison à un système de mesure approuvé 138
7.4.3 Contrôle des coefficients de conversion des constituants 138
8 Mesure de tension de choc de foudre 139
8.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 139
8.1.1 Généralités 139
8.1.2 Contributions d'incertitude 139
8.1.3 Exigences relatives à l'instrument de mesure 139
8.1.4 Comportement dynamique 140
8.1.5 Connexion à l'objet en essai 140
8.2 Essais sur un système de mesure approuvé 140
8.3 Essais de détermination des caractéristiques sur des systèmes de mesure 142
8.3.1 Méthode de référence (préférentielle) 142

8.3.2 Méthode alternative complétée par une mesure de la réponse indicielle conformément à l'Annexe C 142
8.4 Essai de comportement dynamique 143
8.4.1 Comparaison à un système de mesure de référence (méthode préférentielle) 143
8.4.2 Méthode alternative fondée sur les paramètres de réponse indicielle (Annexe C) et la convolution (Annexe D) 143
8.5 Contrôle des caractéristiques 143
8.5.1 Comparaison à un système de mesure approuvé 143
8.5.2 Contrôle des coefficients de conversion des constituants 143
8.5.3 Contrôle du comportement dynamique par enregistrement de référence à basse tension 144
8.5.4 Contrôle du comportement dynamique par enregistrement de référence d'une tension de choc 144
9 Mesure de tension de choc de manœuvre 144
9.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 144
9.1.1 Généralités 144
9.1.2 Contribution d'incertitude 144
9.1.3 Exigences relatives à l'instrument de mesure 145
9.1.4 Comportement dynamique 145
9.1.5 Connexion à l'objet en essai 145
9.2 Essais sur un système de mesure approuvé 145
9.3 Essais de détermination des caractéristiques sur des systèmes de mesure 145
9.3.1 Méthode de référence (préférentielle) 145
9.3.2 Méthodes alternatives complétées par une mesure de réponse indicielle 145
9.4 Essai du comportement dynamique par comparaison 146
9.5 Contrôle des caractéristiques 146
9.5.1 Contrôle du coefficient de conversion par comparaison à un système de mesure approuvé 146
9.5.2 Contrôle des coefficients de conversion des constituants 146
9.5.3 Contrôle du comportement dynamique par enregistrement de référence 146
10 Mesure de tensions combinées 148
10.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 148
10.1.1 Généralités 148
10.1.2 Contributions d'incertitude 149
10.1.3 Exigences relatives aux systèmes de mesure 149
10.1.4 Connexion à l'objet en essai 150
10.1.5 Exigences pour un système de mesure approuvé 150
10.2 Essais de détermination des caractéristiques et contrôles des caractéristiques sur des systèmes de mesure 151
11 Mesure de tensions composites 151
11.1 Exigences pour un système de mesure approuvé 151
11.1.1 Généralités 151
11.1.2 Contributions d'incertitude 152
11.1.3 Exigences relatives aux systèmes de mesure 152
11.1.4 Connexion à l'objet en essai 153
11.1.5 Combinaison d'exigences pour un système de mesure approuvé 153
11.2 Essais de détermination des caractéristiques et contrôles des caractéristiques sur des systèmes de mesure 154
12 Systèmes de mesure de référence 154

12.1 Exigences pour les systèmes de mesure de référence 154
12.1.1 Tension continue 154
12.1.2 Tension alternative 154
12.1.3 Tensions de chocs de foudre pleins et coupés et de chocs de manœuvre 154
12.2 Étalonnage d'un système de mesure de référence 155
12.2.1 Généralités 155
12.2.2 Méthode de référence: Mesure comparative 155
12.2.3 Méthode alternative pour les tensions de choc: Mesure du coefficient de conversion et évaluation des paramètres de réponse indicielle 155
12.3 Intervalle entre les étalonnages successifs des systèmes de mesure de référence 155
12.4 Utilisation des systèmes de mesure de référence 155
Annexe A (informative) Incertitude de mesure 156
A.1 Généralités 156
A.2 Fonction modèle 156
A.3 Évaluation de type A de l'incertitude type 157
A.4 Évaluation de type B de l'incertitude type 158
A.5 Incertitude type composée 160
A.6 Incertitude élargie 161
A.7 Degrés de liberté réels 161
A.8 Bilan d'incertitude 162
A.9 Expression du résultat de mesure 162
Annexe B (informative) Exemples de calculs d'incertitudes de mesure dans les mesures à haute tension 164
B.1 Exemple 1: Étalonnage du coefficient de conversion d'un système de mesure en courant alternatif (méthode de comparaison) 164
B.1.1 Description 164
B.1.2 Détermination du coefficient de conversion et des contributions d'incertitude 164
B.1.3 Bilan d'incertitude et expression du résultat 168
B.2 Exemple 2: Étalonnage du coefficient de conversion d'un système de mesure de tension de choc (méthode du constituant) 169
B.3 Exemple 3: Étalonnage du temps de montée des tensions de choc de foudre 171
Annexe C (normative) Mesures de réponse indicielle 174
C.1 Généralités 174
C.2 Circuit pour les mesures de réponse indicielle 174
C.3 Recommandations pour la réponse indicielle d'un constituant 175
Annexe D (normative) Méthode de convolution pour déterminer le comportement dynamique à partir des mesures de réponse indicielle 177
D.1 Généralités 177
D.2 Méthode de convolution 177
D.3 Procédure pour effectuer le calcul de convolution 178
D.4 Contributions d'incertitude 179
D.5 Explication des erreurs calculées des paramètres de choc 179
D.5.1 Erreur sur l'amplitude de crête 179
D.5.2 Erreur sur le temps de montée 180
D.5.3 Erreur sur la durée jusqu'à mi-valeur 180
Bibliographie 181

Figure 1 – Réponse amplitude-fréquence pour des exemples de fréquences limites (f_1; f_2) 102
Figure 2 – Paramètres de la réponse indicielle unitaire $g(t)$ 104
Figure 3 – Paramètres de l'intégrale de réponse indicielle $T(t)$ 105
Figure 4 – Étalonnage par comparaison sur toute la plage de tensions, h = 5 116
Figure 5 – Contributions d'incertitude de l'étalonnage sur cinq niveaux de tension 116
Figure 6 – Étalonnage par comparaison et essai de linéarité 117
Figure 7 – Essai de linéarité dans la plage de tensions étendue 119
Figure 8 – Configuration de court-circuit pour l'essai de perturbations 129
Figure 9 – Réponse amplitude-fréquence normalisée d'un système de mesure prévu pour une fréquence fondamentale unique 136
Figure 10 – Réponse amplitude-fréquence normalisée d'un système de mesure prévu pour une plage de fréquences fondamentales 137
Figure 11 – Circuit pour un essai sous des tensions combinées 148
Figure 12 – Circuit pour un essai sous des tensions composites 152
Figure A.1 – Distribution normale des probabilités $p(x)$ 163
Figure A.2 – Distribution rectangulaire des probabilités $p(x)$ 163
Figure B.1 – Comparaison de systèmes de mesure 164
Figure B.2 – Écart de temps de montée du système X, rapporté au système de référence N 172
Figure C.1 –Réponse indicielle unitaire $g(t)$ présentant une distorsion initiale 175
Figure C.2 – Circuits appropriés à la mesure de la réponse indicielle 176

Tableau 1 – Essais exigés pour un système de mesure approuvé de tension continue 131
Tableau 2 – Essais exigés pour l'estimation des contributions d'incertitude dans la mesure d'ondulation 134
Tableau 3 – Essais exigés pour un système approuvé de mesure de tension alternative 138
Tableau 4 – Essais exigés pour un système de mesure approuvé de tension de choc de foudre 141
Tableau 5 – Essais exigés pour un système de mesure de tension de choc de manœuvre 147
Tableau 6 – Exigences relatives aux systèmes de mesure pour les essais sous des tensions combinées 151
Tableau 7 – Exigences relatives aux systèmes de mesure pour les essais composites 154
Tableau 8 – Valeurs de paramètres de réponse recommandés pour les systèmes de mesure de référence de tension de choc 155
Tableau A.1 – Facteur d'élargissement k pour les degrés de liberté réels v_{eff} (p = 95 %) 162
Tableau A.2 – Schéma d'un bilan d'incertitude 162
Tableau B.1 – Résultat de la mesure de comparaison à un seul niveau de tension g 166
Tableau B.2 – Récapitulatif des résultats pour h = 5 niveaux de tension (V_{Xmax} = 500 kV) 166
Tableau B.3 – Bilan d'incertitude du coefficient de conversion attribué F_{X} 168
Tableau B.4 – Bilan d'incertitude du coefficient de conversion attribué F 170
Tableau B.5 – Résultat d'étalonnage pour le temps de montée T_1 et les écarts 172

Tableau B.6 – Bilan d'incertitude de l'écart de temps de montée ΔT_{1cal} 173

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION –

Partie 2: Systèmes de mesure

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 œuvre du présent document peut impliquer l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60060-2 a été établie par le comité d'études 42 de l'IEC: Techniques d'essais à haute tension et/ou à fort courant. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) La présentation générale et le texte ont été mis à jour et améliorés pour faciliter l'utilisation de la norme.

b) Le présent document a été révisé afin de s'aligner sur la quatrième édition de l'IEC 60060-1.

c) Le traitement de l'estimation de l'incertitude de mesure a été élargi.

d) Le présent document s'applique désormais aux systèmes de mesure utilisés pour les essais à tous les niveaux d'isolement normalisés spécifiés dans l'IEC 60071-1.

e) L'exigence relative à l'incertitude de mesure du temps de montée de la tension de choc de foudre normalisée a été modifiée de 10 % à 15 % pour les essais à tous les niveaux d'isolement normalisés spécifiés dans l'IEC 60071-1.

f) Le paramètre "durée jusqu'à la valeur de crête" du choc de manœuvre défini dans la troisième édition de l'IEC 60060-1:2010 a été remplacé par le "temps de montée" dans la quatrième édition de l'IEC 60060-1. Des modifications nécessaires ont été apportées dans le présent document pour tenir compte de cette modification de l'IEC 60060-1.

g) L'Article 10, Mesure de tensions combinées et l'Article 11, Mesure de tensions composites ont été ajoutés.

h) L'Article B.1 a été révisé de manière significative afin de mieux s'aligner sur les dispositions de l'Article 5, y compris en utilisant la même nomenclature.

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

Projet	Rapport de vote
42/443/FDIS	42/447/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.

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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 60060, publiées sous le titre général *Techniques des essais à haute tension*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION –

Partie 2: Systèmes de mesure

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60060 s'applique aux systèmes de mesure complets et à leurs constituants lorsqu'ils sont utilisés pour le mesurage de hautes tensions réalisé lors d'essais en laboratoire et en usine en tension continue, tension alternative, tensions de choc de foudre et tensions de choc de manœuvre, et tensions combinées et composites, comme cela est spécifié dans l'IEC 60060-1. Pour les mesurages réalisés lors d'essais sur site, voir l'IEC 60060-3.

Les limites d'incertitudes de mesure établies dans le présent document s'appliquent aux niveaux d'essais définis dans l'IEC 60071-1. Les principes fournis dans le présent document s'appliquent aussi à des niveaux plus élevés, mais l'incertitude peut alors être plus élevée.

Le présent document:

- définit les termes utilisés;
- décrit des méthodes pour estimer les incertitudes des mesures à haute tension;
- détermine les exigences qui s'appliquent aux systèmes de mesure;
- décrit les méthodes à utiliser pour qualifier un système de mesure et pour en contrôler les différents constituants;
- décrit les procédures par lesquelles l'utilisateur démontre qu'un système de mesure satisfait aux exigences du présent document, y compris les limites fixées pour l'incertitude de mesure.

2 Références normatives

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

IEC 60052, *Mesure de tension au moyen des éclateurs à sphères normalisés*

IEC 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Terminologie générale et exigences d'essai*

IEC 61083 (toutes les parties), *Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à tension et à courant élevés*

IEC 61083-1*, Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à tension et courant élevés – Partie 1: Exigences pour les appareils utilisés pour les essais de choc*

IEC 61083-2*, Appareils et logiciels utilisés pour les mesures pendant les essais à haute tension et haute intensité – Partie 2: Exigences pour le logiciel pour les essais avec des tensions et des courants de choc*

Guide 98-3:2008 de l'ISO/IEC, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM: 1995)*