



IEC 60060-2

Edition 3.0 2010-11

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**High-voltage test techniques –  
Part 2: Measuring systems**

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-88912-267-7

## CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions.....	8
3.1 Measuring systems .....	9
3.2 Components of a measuring system.....	9
3.3 Scale factors .....	10
3.4 Rated values .....	11
3.5 Definitions related to dynamic behaviour .....	11
3.6 Definitions related to uncertainty.....	13
3.7 Definitions related to tests on measuring systems .....	14
4 Procedures for qualification and use of measuring systems.....	15
4.1 General principles.....	15
4.2 Schedule of performance tests .....	16
4.3 Schedule of performance checks .....	16
4.4 Requirements for the record of performance .....	16
4.4.1 Contents of the record of performance .....	16
4.4.2 Exceptions .....	17
4.5 Operating conditions .....	17
4.6 Uncertainty.....	17
5 Tests and test requirements for an approved measuring system and its components.....	18
5.1 General requirements.....	18
5.2 Calibration – Determination of the scale factor .....	19
5.2.1 Calibration of measuring systems by comparison with a reference measuring system (preferred method).....	19
5.2.2 Determination of the scale factor of a measuring system from the scale factors of its components (alternative method).....	22
5.3 Linearity test.....	23
5.3.1 Application .....	23
5.3.2 Alternative methods in order of suitability .....	24
5.4 Dynamic behaviour.....	25
5.4.1 General.....	25
5.4.2 Determination of the amplitude/frequency response.....	25
5.4.3 Reference method for impulse voltage measuring systems .....	26
5.5 Short-term stability.....	26
5.6 Long-term stability.....	26
5.7 Ambient temperature effect .....	27
5.8 Proximity effect.....	27
5.9 Software effect .....	27
5.10 Uncertainty calculation of the scale factor.....	27
5.10.1 General.....	27
5.10.2 Uncertainty of the calibration.....	28
5.10.3 Uncertainty of measurement using an approved measuring system .....	29
5.11 Uncertainty calculation of time parameter measurement (impulse voltages only).....	30
5.11.1 General.....	30

5.11.2	Uncertainty of the time parameter calibration .....	30
5.11.3	Uncertainty of time parameter measurement using an approved measuring system .....	31
5.12	Interference test (transmission system and instrument for impulse voltage measurements) .....	32
5.13	Withstand tests of converting device .....	32
6	Measurement of direct voltage .....	33
6.1	Requirements for an approved measuring system .....	33
6.1.1	General .....	33
6.1.2	Uncertainty contributions .....	33
6.1.3	Requirement on converting device .....	33
6.1.4	Dynamic behaviour for measuring voltage changes .....	33
6.2	Tests on an approved measuring system .....	33
6.3	Performance check .....	34
6.3.1	General .....	34
6.3.2	Comparison with an approved measuring system .....	34
6.3.3	Check of the scale factors of the components .....	35
6.4	Measurement of ripple amplitude .....	35
6.4.1	Requirements .....	35
6.4.2	Uncertainty contributions .....	35
6.4.3	Calibrations and tests on an approved ripple voltage measuring system .....	35
6.4.4	Measurement of the scale factor at the ripple frequency .....	35
6.4.5	Dynamic behaviour by amplitude/frequency response .....	35
6.4.6	Performance check for ripple measuring system .....	36
7	Measurement of alternating voltage .....	36
7.1	Requirements for an approved measuring system .....	36
7.1.1	General .....	36
7.1.2	Uncertainty contributions .....	36
7.1.3	Dynamic behaviour .....	36
7.2	Tests on an approved measuring system .....	38
7.3	Dynamic behaviour test .....	38
7.4	Performance check .....	38
7.4.1	General .....	38
7.4.2	Comparison with an approved measuring system .....	38
7.4.3	Check of the scale factors of the components .....	39
8	Measurement of lightning impulse voltage .....	40
8.1	Requirements for an approved measuring system .....	40
8.1.1	General .....	40
8.1.2	Uncertainty contributions .....	40
8.1.3	Requirement on measuring instrument .....	40
8.1.4	Dynamic behaviour .....	40
8.1.5	Connection to the test object .....	40
8.2	Tests on an approved measuring system .....	41
8.3	Performance test on measuring systems .....	42
8.3.1	Reference method (preferred) .....	42
8.3.2	Alternative method supplemented by a measurement of the step response according to Annex C .....	42
8.4	Dynamic behaviour test .....	43

8.4.1	Comparison with a reference measuring system (preferred).....	43
8.4.2	Alternative method based on step response parameters (Annex C) .....	43
8.5	Performance check .....	43
8.5.1	Comparison with an approved measuring system .....	43
8.5.2	Check of the scale factors of the components .....	43
8.5.3	Dynamic behaviour check by reference record .....	43
9	Measurement of switching impulse voltage.....	43
9.1	Requirements for an approved measuring system.....	43
9.1.1	General.....	43
9.1.2	Uncertainty contribution .....	44
9.1.3	Requirements for the measuring instrument .....	44
9.1.4	Dynamic behaviour.....	44
9.1.5	Connection to the test object .....	44
9.2	Tests on an approved measuring system .....	44
9.3	Performance test on measuring systems .....	44
9.3.1	Reference method (preferred) .....	44
9.3.2	Alternative methods supplemented by a step response measurement.....	45
9.4	Dynamic behaviour test by comparison.....	45
9.5	Performance check .....	45
9.5.1	Scale factor check by comparison with an approved measuring system .....	45
9.5.2	Check of the scale factors of the components .....	45
9.5.3	Dynamic behaviour check by reference record .....	45
10	Reference measuring systems .....	47
10.1	Requirements for reference measuring systems .....	47
10.1.1	Direct voltage .....	47
10.1.2	Alternating voltage .....	47
10.1.3	Full and chopped lightning and switching impulse voltages.....	47
10.2	Calibration of a reference measuring system.....	47
10.2.1	General.....	47
10.2.2	Reference method: Comparative measurement .....	47
10.2.3	Alternative method for impulse voltages: Measurement of scale factor and evaluation of step response parameters .....	47
10.3	Interval between successive calibrations of reference measuring systems .....	47
10.4	Use of reference measuring systems.....	48
Annex A (informative)	Uncertainty of measurement .....	49
Annex B (informative)	Examples for the calculation of measuring uncertainties in high-voltage measurements .....	57
Annex C (informative)	Step response measurements .....	65
Annex D (informative)	Convolution method for the determination of dynamic behaviour from step response measurements.....	70
Bibliography	.....	73
Figure 1	– Amplitude-frequency response with examples for limit frequencies ( $f_1$ ; $f_2$ ).....	12
Figure 2	– Calibration by comparison over the full voltage range .....	20
Figure 3	– Uncertainty contributions of the calibration (example with minimum of 5 voltage levels).....	21
Figure 4	– Calibration by comparison over a limited voltage range, with an additional linearity test.....	22

Figure 5 – Linearity test of the measuring system with a linear device in the extended voltage range .....	24
Figure 6 – Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for single fundamental frequencies $f_{\text{nom}}$ (to be tested in the range $(1 \dots 7)f_{\text{nom}}$ ) .....	37
Figure 7 – Shaded area for acceptable normalised amplitude-frequency responses of measuring systems intended for a range of fundamental frequencies $f_{\text{nom1}}$ to $f_{\text{nom2}}$ (to be tested in the range $f_{\text{nom1}}$ to $7 f_{\text{nom2}}$ ) .....	38
Figure A.1 – Normal probability distribution $p(x)$ .....	55
Figure A.2 – Rectangular probability distribution $p(x)$ .....	56
Figure B.1 – Comparison between the system under test, X, and the reference system, N ...	64
Figure B.2 – Front time deviation $\Delta T_{1j}$ of system X, related to the reference system N, and their mean $\Delta T_{1m}$ in the range of $T_1 = 0,8 \mu\text{s} \dots 1,6 \mu\text{s}$ .....	64
Figure C.1 – Definitions of response parameters .....	68
Figure C.2 – A unit-step response $g(t)$ showing an initial distortion of initial distortion time $T_0$ .....	69
Figure C.3 – Suitable circuits for step response measurement .....	69
Table 1 – Tests required for an approved direct voltage measuring system .....	34
Table 2 – Required tests for uncertainty contributions in ripple measurement .....	36
Table 3 – Tests required for an approved alternating voltage measuring system .....	39
Table 4 – Tests required for an approved lightning impulse voltage measuring system .....	41
Table 5 – Tests required for a switching impulse voltage measuring system .....	46
Table 6 – Recommended response parameters for impulse voltage reference measuring systems .....	48
Table A.1 – Coverage factor $k$ for effective degrees of freedom $\nu_{\text{eff}}$ ( $p = 95,45 \%$ ) .....	54
Table A.2 – Schematic of an uncertainty budget .....	55
Table B.1 – Result of the comparison measurement at a single voltage level .....	58
Table B.2 – Summary of results for $h = 5$ voltage levels ( $V_{X\text{max}} = 500 \text{ kV}$ ) .....	59
Table B.3 – Uncertainty budget of the assigned scale factor $F_X$ .....	60
Table B.4 – Uncertainty budget of the assigned scale factor $F$ .....	61
Table B.5 – Calibration result for front time $T_1$ and deviations .....	63
Table B.6 – Uncertainty budget of the front time deviation $\Delta T_{1\text{cal}}$ .....	63

# 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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60060-2 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage test techniques.

This third edition of IEC 60060-2 cancels and replaces the second edition, published in 1994, and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows:

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

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
42/281/FDIS	42/287/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

A list of all parts of IEC 60060 series, under the general title *High-voltage test techniques*, can be found on the IEC website.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part-2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to this specific publication. At this date, the publication will be:

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

# 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 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 standard apply to test levels stated in IEC 60071-1:2006. The principles of this standard apply also to higher levels but the uncertainty may be greater.

This standard:

- defines the terms used;
- describes methods to estimate the uncertainties of high-voltage measurements;
- states the requirements which the 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 that a measuring system meets the requirements of this standard, including the limits set for the uncertainty of measurement.

### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard. 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 and test requirements*

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

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*

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

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



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	78
1 Domaine d'application .....	80
2 Références normatives.....	80
3 Termes et définitions .....	81
3.1 Systèmes de mesure .....	81
3.2 Constituants d'un système de mesure .....	81
3.3 Coefficients de conversion .....	82
3.4 Caractéristiques assignées .....	83
3.5 Définitions relatives au comportement dynamique .....	84
3.6 Définitions relatives à l'incertitude.....	85
3.7 Définitions relatives aux essais sur des systèmes de mesure.....	87
4 Procédures de qualification et d'utilisation des systèmes de mesure .....	88
4.1 Principes généraux .....	88
4.2 Calendrier des essais de détermination des caractéristiques .....	88
4.3 Calendrier des contrôles de caractéristiques.....	89
4.4 Exigences pour le recueil de caractéristiques.....	89
4.4.1 Contenu du recueil de caractéristiques.....	89
4.4.2 Exceptions .....	89
4.5 Conditions de fonctionnement .....	90
4.6 Incertitude.....	90
5 Essais et exigences d'essai pour un système de mesure approuvé et ses constituants .....	91
5.1 Exigences générales .....	91
5.2 Étalonnage – Détermination du coefficient de conversion.....	92
5.2.1 Étalonnage des systèmes de mesure par comparaison à un système de mesure de référence (méthode préférentielle).....	92
5.2.2 Détermination du coefficient de conversion d'un système de mesure à partir des coefficients de conversion de ses constituants (méthode alternative).....	95
5.3 Essais de linéarité.....	96
5.3.1 Application .....	96
5.3.2 Autres méthodes dans l'ordre de pertinence.....	97
5.4 Comportement dynamique .....	98
5.4.1 Généralités.....	98
5.4.2 Détermination de la réponse amplitude/fréquence .....	99
5.4.3 Méthode de référence pour les systèmes de mesure des tensions de chocs.....	99
5.5 Stabilité à court terme .....	99
5.6 Stabilité à long terme.....	99
5.7 Effet de la température ambiante .....	100
5.8 Effet de proximité.....	100
5.9 Effet de logiciel.....	101
5.10 Calcul d'incertitude du coefficient de conversion.....	101
5.10.1 Généralités.....	101
5.10.2 Incertitude de l'étalonnage .....	101
5.10.3 Incertitude de mesure en utilisant un système de mesure approuvé.....	102

5.11	Calcul d'incertitude de la mesure des paramètres de temps (tensions de chocs uniquement) .....	103
5.11.1	Généralités.....	103
5.11.2	Incertitude de l'étalonnage des paramètres de temps.....	103
5.11.3	Incertitude de mesure des paramètres de temps en utilisant un système de mesure approuvé.....	105
5.12	Essai de perturbations (système de transmission et instrument pour les mesures de tension de choc).....	106
5.13	Essais de tenue du dispositif de conversion.....	106
6	Mesure de tension continue.....	106
6.1	Exigences pour un système de mesure approuvé .....	106
6.1.1	Généralités.....	106
6.1.2	Contributions d'incertitude.....	106
6.1.3	Exigence relative au dispositif de conversion .....	107
6.1.4	Comportement dynamique pour mesurer les variations de tension.....	107
6.2	Essais sur un système de mesure approuvé .....	107
6.3	Contrôle des caractéristiques .....	108
6.3.1	Généralités.....	108
6.3.2	Comparaison avec un système de mesure approuvé.....	108
6.3.3	Contrôle des coefficients de conversion des constituants .....	108
6.4	Mesure de l'amplitude de l'ondulation.....	109
6.4.1	Exigences .....	109
6.4.2	Contributions d'incertitude.....	109
6.4.3	Étalonnages et essais sur un système de mesure de tension d'ondulation approuvé .....	109
6.4.4	Mesure du coefficient de conversion à la fréquence d'ondulation.....	109
6.4.5	Comportement dynamique par la réponse amplitude/fréquence.....	109
6.4.6	Contrôle des caractéristiques pour le système de mesure d'ondulation.....	110
7	Mesure de tension alternative .....	110
7.1	Exigences pour un système de mesure approuvé .....	110
7.1.1	Généralités.....	110
7.1.2	Contributions d'incertitude.....	110
7.1.3	Comportement dynamique .....	110
7.2	Essais sur un système de mesure approuvé .....	112
7.3	Essai de comportement dynamique.....	112
7.4	Contrôle des caractéristiques .....	112
7.4.1	Généralités.....	112
7.4.2	Comparaison avec un système de mesure approuvé.....	112
7.4.3	Contrôle des coefficients de conversion des constituants .....	113
8	Mesure de tension de choc de foudre .....	114
8.1	Exigences pour un système de mesure approuvé .....	114
8.1.1	Généralités.....	114
8.1.2	Contributions d'incertitude.....	114
8.1.3	Exigence relative à l'instrument de mesure .....	114
8.1.4	Comportement dynamique .....	114
8.1.5	Connexion à l'objet en essai.....	114
8.2	Essais sur un système de mesure approuvé .....	115
8.3	Essais de détermination des caractéristiques sur des systèmes de mesure.....	116
8.3.1	Méthode de référence (préférentielle).....	116

8.3.2	Autres méthodes complétées par une mesure de la réponse indicielle conformément à l'Annexe C.....	116
8.4	Essai de comportement dynamique.....	117
8.4.1	Comparaison avec un système de mesure de référence (méthode préférentielle).....	117
8.4.2	Autre méthode basée sur les paramètres de réponse indicielle (Annexe C).....	117
8.5	Contrôle des caractéristiques.....	117
8.5.1	Comparaison avec un système de mesure approuvé.....	117
8.5.2	Contrôle des coefficients de conversion des constituants.....	117
8.5.3	Contrôle du comportement dynamique par enregistrement de référence.....	118
9	Mesure de tension de choc de manœuvre.....	118
9.1	Exigences pour un système de mesure approuvé.....	118
9.1.1	Généralités.....	118
9.1.2	Contribution d'incertitude.....	118
9.1.3	Exigences relatives à l'instrument de mesure.....	118
9.1.4	Comportement dynamique.....	118
9.1.5	Connexion à l'objet en essai.....	118
9.2	Essais sur un système de mesure approuvé.....	118
9.3	Essais de détermination des caractéristiques sur des systèmes de mesure.....	119
9.3.1	Méthode de référence (préférentielle).....	119
9.3.2	Autre méthode complétée par une mesure de réponse indicielle.....	119
9.4	Essai du comportement dynamique par comparaison.....	119
9.5	Contrôle des caractéristiques.....	119
9.5.1	Contrôle du coefficient de conversion par comparaison avec un système de mesure approuvé.....	119
9.5.2	Contrôle des coefficients de conversion des constituants.....	120
9.5.3	Contrôle du comportement dynamique par enregistrement de référence.....	120
10	Systèmes de mesure de référence.....	121
10.1	Exigences pour les systèmes de mesure de référence.....	121
10.1.1	Tension continue.....	121
10.1.2	Tension alternative.....	121
10.1.3	Tensions de chocs de foudre pleins et coupés et de chocs de manœuvre.....	121
10.2	Étalonnage d'un système de mesure de référence.....	121
10.2.1	Généralités.....	121
10.2.2	Méthode de référence: Mesure comparative.....	121
10.2.3	Autre méthode pour les tensions de chocs: Mesure du coefficient de conversion et évaluation des paramètres de réponse indicielle.....	122
10.3	Intervalle entre les étalonnages successifs des systèmes de mesure de référence.....	122
10.4	Utilisation des systèmes de mesure de référence.....	122
	Annexe A (informative) Incertitude de mesure.....	123
	Annexe B (informative) Exemples de calcul d'incertitudes de mesure dans des mesures de haute tension.....	131
	Annexe C (informative) Mesures de réponse indicielle.....	140
	Annexe D (informative) Méthode de convolution pour déterminer le comportement dynamique à partir des mesures de réponse indicielle.....	145

Bibliographie.....	149
Figure 1 – Réponse amplitude-fréquence pour les fréquences limites ( $f_1$ ; $f_2$ ) .....	84
Figure 2 – Étalonnage par comparaison sur toute la gamme de tension .....	93
Figure 3 – Contributions d'incertitude de l'étalonnage (exemple avec un minimum de 5 niveaux de tension) .....	94
Figure 4 – Étalonnage par comparaison sur une gamme limitée de tension, avec un essai de linéarité supplémentaire .....	95
Figure 5 – Essai de linéarité du système de mesure avec un dispositif linéaire dans la gamme de tension étendue.....	97
Figure 6 – Zone ombrée de réponses amplitude-fréquence normalisées acceptables de systèmes de mesure prévus pour des fréquences fondamentales uniques $f_{nom}$ (à essayer dans la plage $(1 \dots 7) f_{nom}$ ) .....	111
Figure 7 – Zone ombrée de réponses amplitude-fréquence normalisées acceptables de systèmes de mesure prévus pour une plage de fréquences fondamentales $f_{nom1}$ à $f_{nom2}$ (à essayer dans la plage $f_{nom1}$ à $7 f_{nom2}$ ).....	112
Figure A.1 – Distribution normale des probabilités $p(x)$ .....	130
Figure A.2 – Distribution rectangulaire des probabilités $p(x)$ .....	130
Figure B.1 – Comparaison entre le système en essai, X, et le système de référence, N .....	138
Figure B.2 – Écarts de temps de montée $\Delta T_{1,j}$ du système X, rapportés au système de référence N, et leur moyenne $\Delta T_{1,m}$ dans la plage de $T_1 = 0,8 \mu s \dots 1,6 \mu s$ .....	139
Figure C.1 – Définition des paramètres de réponse.....	143
Figure C.2 – A Réponse indicielle unitaire $g(t)$ montrant une distorsion initiale du temps de distorsion initiale $T_0$ .....	144
Figure C.3 – Circuits appropriés à la mesure de la réponse indicielle.....	144
Tableau 1 – Essais requis pour un système de mesure de tension continue approuvé .....	107
Tableau 2 – Essais requis pour les contributions d'incertitude dans la mesure d'ondulation .....	110
Tableau 3 – Essais requis pour un système de mesure de tension alternative approuvé ....	113
Tableau 4 – Essais requis pour un système de mesure approuvé de tension de choc de foudre.....	115
Tableau 5 – Essais requis pour un système de mesure de tension de choc de manœuvre .....	120
Tableau 6 – Paramètres de réponse recommandés pour les systèmes de mesure de référence de tension de choc.....	122
Tableau A.1 – Facteur d'élargissement $k$ pour les degrés de liberté réels $\nu_{eff}$ ( $p = 95,45 \%$ ).....	128
Tableau A.2 – Schéma d'un bilan d'incertitude.....	129
Tableau B.1 – Résultat de la mesure de comparaison à un seul niveau de tension.....	132
Tableau B.2 – Résumé des résultats pour $h = 5$ niveaux de tension ( $V_{Xmax} = 500 \text{ kV}$ ).....	133
Tableau B.3 – Bilan d'incertitude du coefficient de conversion affecté $F_X$ .....	134
Tableau B.4 – Bilan d'incertitude du coefficient de conversion affecté $F$ .....	136
Tableau B.5 – Résultat d'étalonnage pour le temps de montée $T_1$ et les écarts.....	137
Tableau B.6 – Bilan d'incertitude de l'écart de temps de montée $\Delta T_{1cal}$ .....	138

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION –

### Partie 2: Systèmes de mesure

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60060-2 a été établie par le comité d'études 42 de la CEI: Techniques des essais à haute tension.

Cette troisième édition de la CEI 60060-2 annule et remplace la deuxième édition, parue en 1994. Elle constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, les modifications techniques majeures sont les suivantes:

- a) La disposition générale et le texte ont été mis à jour et améliorés pour rendre la norme plus facile à utiliser.
- b) La norme a été révisée afin de l'aligner sur la CEI 60060-1.
- c) Le traitement de l'estimation de l'incertitude de mesure a été élargi.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
42/281/FDIS	42/287/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60060, présentées sous le titre général *Techniques des essais à haute tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION –

### Partie 2: Systèmes de mesure

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60060 est applicable aux systèmes de mesure complets et à leurs constituants lorsqu'ils sont utilisés pour la mesure de hautes tensions réalisée lors d'essais en laboratoire et en usine en tension continue, tension alternative, tensions de chocs de foudre et de manœuvre tels qu'ils sont définis dans la CEI 60060-1. Pour les mesures réalisées lors d'essais in situ, voir la CEI 60060-3.

Les domaines d'incertitudes de mesure dont il est fait état dans la présente norme s'appliquent aux niveaux d'essais définis dans la CEI 60071-1:2006. Les principes développés dans la présente norme s'appliquent aussi à des niveaux de tension d'essais plus élevés, mais l'incertitude peut en être alors plus élevée.

La présente norme:

- définit les termes utilisés,
- décrit des méthodes pour estimer les incertitudes des mesures des hautes tensions,
- détermine les exigences auxquelles doivent satisfaire les systèmes de mesure,
- décrit les méthodes à utiliser pour qualifier un système de mesure et pour en contrôler les différents constituants,
- décrit la procédure par laquelle l'utilisateur doit montrer qu'un système de mesure satisfait aux exigences de la présente norme, y compris le domaine fixé pour l'incertitude de mesure.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application de la présente norme. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

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

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

CEI 61083-1, *Appareils et logiciels utilisés pour les mesures pendant les essais de chocs à haute tension – Partie 1: Prescriptions pour les appareils*

CEI 61083-2, *Enregistreurs numériques pour les mesures pendant les essais de chocs à haute tension – Partie 2: Évaluation du logiciel utilisé pour obtenir les paramètres des formes d'onde de chocs*

Guide ISO/CEI 98-3:2008, *Incertaince de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertaince de mesure (GUM)*

NOTE D'autres normes, guides, etc. connexes sur les sujets inclus dans la présente Norme internationale sont donnés dans la bibliographie.