

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Computation of waveform parameter uncertainties

Calcul des incertitudes des paramètres des formes d'onde

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-4345-9

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Waveform measurement.....	16
4.1 General.....	16
4.2 Waveform parameters.....	17
4.3 Waveform measurement process	17
4.3.1 General	17
4.3.2 General description of the measurement system.....	18
5 Waveform and waveform parameter corrections	19
5.1 General.....	19
5.2 Waveform parameter corrections	19
5.3 Waveform corrections and waveform reconstruction.....	20
5.3.1 General	20
5.3.2 Sample-by-sample correction	20
5.3.3 Entire waveform correction	20
6 Uncertainties	22
6.1 General.....	22
6.2 Propagation of uncertainties	22
6.2.1 General	22
6.2.2 Uncorrelated input quantities	23
6.2.3 Correlated input quantities.....	23
6.3 Pooled data and its standard deviation.....	23
6.4 Expanded uncertainty and coverage factor.....	25
6.4.1 General	25
6.4.2 Effective degrees of freedom	27
6.5 Entire waveform uncertainties	28
7 Waveform parameter uncertainties	29
7.1 General.....	29
7.2 Amplitude parameters	30
7.2.1 State levels.....	30
7.2.2 State boundaries	35
7.2.3 Waveform amplitude (state levels).....	36
7.2.4 Impulse amplitude (state levels)	37
7.2.5 Percent reference levels (state levels, waveform amplitude).....	37
7.2.6 Transition settling error (state levels, waveform amplitude).....	38
7.2.7 Overshoot aberration (state levels, waveform amplitude).....	38
7.2.8 Undershoot aberration (state levels, waveform amplitude).....	39
7.3 Temporal parameters.....	39
7.3.1 Initial instant.....	39
7.3.2 Waveform epoch.....	40
7.3.3 Reference level instants (percent reference levels, waveform epoch, initial instant).....	41
7.3.4 Impulse centre instant (impulse amplitude, reference level instants).....	42
7.3.5 Transition duration (reference level instants)	42

7.3.6	Transition settling duration (reference level instants)	43
7.3.7	Pulse duration (reference level instants)	43
7.3.8	Pulse separation (reference level instants)	43
7.3.9	Waveform delay (advance) (reference level instants)	44
8	Monte Carlo method for waveform parameter uncertainty estimates	44
8.1	General guidance and considerations	44
8.2	Example: state level.....	44
Annex A (informative) Demonstration example for the calculation of the uncertainty of state levels using the histogram mode according to 7.2.1.2.....		46
A.1	Waveform measurement	46
A.2	Splitting the bimodal histogram and determining the state levels.....	46
A.3	Uncertainty of state levels.....	47
Annex B (informative) Computation of Σ_L and Σ_Y for estimating the uncertainty of state levels using the shorth method according to 7.2.1.3		49
Bibliography.....		52
Figure 1 – Reference levels, reference level instants, waveform amplitude, and transition duration for a single positive-going transition.....		7
Figure 2 – Overshoot, undershoot, state levels, and state boundaries for a single positive-going transition		11
Figure 3 – Creation of measured, corrected, and reconstructed waveforms and the final estimate of the input signal.....		17
Figure 4 – Example of waveform bounds focusing on the trajectories that impact pulse parameter measurements		28
Figure 5 – Relationship between selected waveform parameters		30
Figure A.1 – Waveform obtained from the measurement of a step-like signal from which the state levels and uncertainties are calculated		46
Figure A.2 – Histograms of state s1 (a) and state s2 (b) of the step-like waveform plotted in Figure A.1		47
Figure B.1 – Diagram showing location of waveform elements, $y_{(\beta)}^{(\alpha)}$, in Y_1 and Y_2 , and the construction of Y from Y_1 and Y_2		49
Table 1 – Value of the coverage factor k_p that encompasses the fraction p of the t - distribution for different degrees of freedom (from ISO/IEC Guide 98-3).....		26
Table 2 – Different methods for determining state levels, as given in IEC 60469, and their uncertainty type and method of computation		31
Table 3 – Different methods for determining state boundaries and their uncertainty type and method of computation.....		36
Table 4 – Variables contributing to the uncertainty in overshoot.....		39
Table 5 – Variables contributing to the uncertainty in the reference level instant.....		42
Table A.1 – Uncertainty contributions and total uncertainty for $level(s_i)$ determined from histogram modes		48

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMPUTATION OF WAVEFORM PARAMETER UNCERTAINTIES

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 62754 has been prepared by IEC technical committee 85: Measuring equipment for electrical and electromagnetic quantities.

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

FDIS	Report on voting
85/585/FDIS	85/X588/RVD

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

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

The terms used throughout this document which have been defined in Clause 3 are in italic type.

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

COMPUTATION OF WAVEFORM PARAMETER UNCERTAINTIES

1 Scope

This document specifies methods for the computation of the temporal and amplitude parameters and their associated uncertainty for step-like and impulse-like waveforms. This document is applicable to any and all industries that generate, transmit, detect, receive, measure, and/or analyse these types of pulses.

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 60469:2013, *Transitions, pulses and related waveforms – Terms, definitions and algorithms*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	56
1 Domaine d'application	58
2 Références normatives	58
3 Termes et définitions	58
4 Mesure de forme d'onde	68
4.1 Généralités	68
4.2 Paramètres de forme d'onde	69
4.3 Procédé de mesure de forme d'onde	69
4.3.1 Généralités	69
4.3.2 Description générale du système de mesure	70
5 Forme d'onde et corrections de paramètre de forme d'onde	71
5.1 Généralités	71
5.2 Corrections des paramètres des formes d'onde	72
5.3 Corrections de forme d'onde et reconstitution de forme d'onde	72
5.3.1 Généralités	72
5.3.2 Correction échantillon par échantillon	72
5.3.3 Correction de l'ensemble de la forme d'onde	73
6 Incertitudes	74
6.1 Généralités	74
6.2 Propagation des incertitudes	75
6.2.1 Généralités	75
6.2.2 Grandeurs d'entrée non corrélées	75
6.2.3 Grandeurs d'entrée corrélées	75
6.3 Données totalisées et ses écarts-types	76
6.4 Incertitude élargie et facteur d'élargissement	78
6.4.1 Généralités	78
6.4.2 Degrés de liberté efficaces	80
6.5 Incertitudes de l'ensemble de la forme d'onde	80
7 Incertitudes des paramètres des formes d'onde	82
7.1 Généralités	82
7.2 Paramètres d'amplitude	83
7.2.1 Niveaux d'état	83
7.2.2 Limites d'état	88
7.2.3 Amplitude de forme d'onde (niveaux d'état)	89
7.2.4 Amplitude d'impulsion (niveaux d'état)	90
7.2.5 Niveaux de référence en pourcentage (niveaux d'état, amplitude de forme d'onde)	91
7.2.6 Erreur d'établissement de transition (niveaux d'état, amplitude de forme d'onde)	91
7.2.7 Aberration de dépassement (niveaux d'état, amplitude de forme d'onde)	91
7.2.8 Aberration de dépassement négatif (niveaux d'état, amplitude de forme d'onde)	92
7.3 Paramètres temporels	93
7.3.1 Instant initial	93
7.3.2 Epoque de forme d'onde	94
7.3.3 Instants de niveau de référence (niveaux de référence en pourcentage, époque de forme d'onde, instant initial)	94

7.3.4	Instant du centre de choc (amplitude d'impulsion, instants de niveau de référence).....	96
7.3.5	Durée de transition (instants de niveau de référence).....	96
7.3.6	Durée d'établissement de transition (instants de niveau de référence).....	96
7.3.7	Durée d'impulsion (instants de niveau de référence).....	97
7.3.8	Intervalle entre impulsions (instants de niveau de référence).....	97
7.3.9	Retard (avance) de forme d'onde (instants de niveau de référence).....	97
8	Méthode de Monte-Carlo pour les estimations de l'incertitude de paramètre des formes d'onde.....	98
8.1	Lignes directrices et considérations générales.....	98
8.2	Exemple: niveau d'état.....	98
Annexe A (informative) Exemple de calcul de l'incertitude des niveaux d'état à l'aide du mode d'histogramme conformément au 7.2.1.2.....		99
A.1	Mesure de forme d'onde.....	99
A.2	Division de l'histogramme bimodal et détermination des niveaux d'état.....	99
A.3	Incertaince des niveaux d'état.....	100
Annexe B (informative) Calcul de Σ_L et de Σ_Y pour estimer l'incertitude des niveaux d'état à l'aide de la méthode shorth conformément au 7.2.1.3.....		102
Bibliographie.....		105
Figure 1 – Niveaux de référence, instants de niveau de référence, amplitude de forme d'onde et durée de transition d'une seule transition positive.....		59
Figure 2 – Dépassement, dépassement négatif, niveaux d'état et limites d'état d'une seule transition positive.....		63
Figure 3 – Création de formes d'onde mesurées, corrigées et reconstituées et estimation finale du signal d'entrée.....		69
Figure 4 – Exemple de frontières de forme d'onde se concentrant sur les trajectoires ayant un impact sur les mesures de paramètre d'impulsion.....		81
Figure 5 – Relations entre les paramètres des formes d'onde choisis.....		83
Figure A.1 – Forme d'onde obtenue à la suite de la mesure d'un signal échelonné à partir duquel les niveaux d'état et les incertitudes sont calculés.....		99
Figure A.2 – Histogrammes de l'état s_1 (a) et de l'état s_2 (b) de la forme d'onde échelonnée tracée à la Figure A.1.....		100
Figure B.1 – Schéma présentant l'emplacement des éléments de forme d'onde, $y_{(\beta)}^{(\alpha)}$, dans Y_1 et Y_2 , et la construction de Y à partir de Y_1 et Y_2		102
Tableau 1 – Valeur du facteur d'élargissement k_p qui englobe la fraction p de la loi de t pour différents degrés de liberté (du Guide ISO/IEC 98-3).....		79
Tableau 2 – Différentes méthodes de détermination des niveaux d'état donnés dans l'IEC 60469, et de leur type d'incertitude et méthode de calcul.....		84
Tableau 3 – Différentes méthodes de détermination des limites d'état et de leur type d'incertitude et méthode de calcul.....		89
Tableau 4 – Variables contribuant à l'incertitude dans le dépassement.....		92
Tableau 5 – Variables contribuant à l'incertitude dans l'instant de niveau de référence.....		95
Tableau A.1 – Contributions à l'incertitude et incertitude totale pour $niveau(s_i)$ déterminées à partir des modes d'histogramme. $niveau(s_i)$		101

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CALCUL DES INCERTITUDES DES PARAMÈTRES DES FORMES D'ONDE

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62754 a été établie par le comité d'études 85 de l'IEC: Equipement de mesure des grandeurs électriques et électromagnétiques.

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

FDIS	Rapport de vote
85/585/FDIS	85/588/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Les termes utilisés dans le présent document et qui sont définis à l'Article 3 sont écrits en italique.

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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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.

CALCUL DES INCERTITUDES DES PARAMÈTRES DES FORMES D'ONDE

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les méthodes de calcul des paramètres temporels et d'amplitude des formes d'onde échelonnées et de type impulsion, ainsi que leurs incertitudes associées. Le présent document concerne tous les secteurs industriels qui génèrent, transmettent, détectent, reçoivent, mesurent et/ou analysent ces types d'impulsions.

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 60469:2013, *Transitions, impulsions et formes d'ondes associées – Termes, définitions et algorithmes*