

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

HORIZONTAL PUBLICATION
PUBLICATION HORIZONTALE

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

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

HORIZONTAL PUBLICATION
PUBLICATION HORIZONTALE

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

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-8322-9261-7

**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
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
3.1 General definitions related to digital recorders	8
3.2 Definitions related to rated values	9
3.3 Definitions related to scale factor	9
3.4 Definitions related to dynamic performance	9
3.5 Definitions related to uncertainties	10
3.6 Definitions related to tests	11
4 Operating conditions	11
5 Calibration and test methods	12
5.1 Calibration of scale factor and time base	12
5.2 Impulse calibration	12
5.3 Step calibration	13
5.4 Test of constancy of scale factor within time interval	14
5.5 Calibration of time base	15
5.6 Test of impulse scale factor non-linearity	15
5.7 Internal noise level	15
5.8 Interference test	15
6 Requirements for impulse measurements	16
6.1 Requirements for digital recorders used in approved measuring systems	16
6.2 Individual requirements	16
6.2.1 General	16
6.2.2 Sampling rate	16
6.2.3 Rated resolution	16
6.2.4 Impulse scale factor	16
6.2.5 Errors of time parameters	17
6.2.6 Error of time base	17
6.2.7 Rise time	17
6.2.8 Interference voltage	17
6.2.9 Record length	17
6.2.10 Input impedance	17
6.2.11 Internal noise level	17
6.2.12 Assigned measurement range	18
6.3 Requirements for digital recorders used in reference measuring systems	18
6.3.1 General requirements	18
6.3.2 Sampling rate	18
6.3.3 Rated resolution	18
6.3.4 Error of time base	18
6.3.5 Rise time	18
6.3.6 Interference voltage	18
6.3.7 Record length	18
6.3.8 Internal noise level	19
6.3.9 Scale factor	19

6.4	Tests	19
6.4.1	General	19
6.4.2	Type tests.....	19
6.4.3	Routine tests	19
6.4.4	Performance tests	19
6.4.5	Performance checks	20
7	Requirements for peak voltmeters	20
8	Uncertainty contributions for complete measuring systems	20
9	Record of performance	20
Annex A (normative) Electromagnetic interference in high-voltage and high-current laboratories and test fields.....		22
A.1	General.....	22
A.2	Precautions.....	22
A.2.1	Electromagnetic shielding	22
A.2.2	Reduction of conducted interference from the supply line	22
A.2.3	Reduction of interference on the signal line	22
A.2.4	Signal transmission by optical means	22
A.3	Tests with transient induced electromagnetic fields.....	23
Bibliography.....		24
Figure 1 – Step calibration		14
Figure A.1 – Application of electric and magnetic fields.....		23
Table 1 – Operating conditions		12
Table 2 – Requirements for reference impulse generators		13
Table 3 – Tests required for approved digital recorders		19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENTS AND SOFTWARE USED FOR MEASUREMENTS IN HIGH-VOLTAGE AND HIGH-CURRENT TESTS –

Part 1: Requirements for instruments for impulse tests

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 61083-1 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high-current test techniques.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2001. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Requirements for static integral non-linearity and static differential non-linearity have been removed.
- b) Requirement for impulse scale factor non-linearity has been added.
- c) Uncertainty requirements for impulse calibrators have been revised.
- d) Requirements for peak voltmeter have been revised.

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

FDIS	Report on voting
42/386/FDIS	42/388/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.

A list of all the parts in the IEC 61083, under the general title *Instruments and software used for measurements in high-voltage and high-current tests*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above.

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.

INTRODUCTION

The electric power industry requires standardized tools to provide confidence in high-voltage and high-current testing results, and to prove equivalence between tests performed in different test facilities.

Analogue capture of test data has today been largely replaced by digital capture with recording instruments based on sampling technology. This part of IEC 61083 specifies requirements for the performance of digital recorders used for high-voltage and high-current impulse tests.

Since the last revision of this standard, significant improvements have been made in many aspects of digitising instruments used for high-voltage and high-current tests. In particular, digitising resolutions have improved several folds since the last revision, with 12-bit to 14-bit being typical resolutions for impulse measurement digitisers. Furthermore, the improvement of A/D converters has led to a situation where other aspects of the instruments, such as linearity of front-end amplifiers and performance of immunity to interference, have replaced performance of A/D converters as the main concern of measurement accuracy and instrument reliability.

The requirements in this edition of the standard have been revised to reflect these technological changes. For example, the number of type tests aimed for evaluating the performance of A/D converters has been reduced, and new requirements for the linearity of complete system (A/D converter and analogue components) have been added.

During preparation of the second edition of this standard in 2001, the need to keep analogue oscilloscopes and peak voltmeters was thoroughly discussed. Requirements for analogue oscilloscopes have now been removed, and only essential requirements for peak voltmeters have been kept.

INSTRUMENTS AND SOFTWARE USED FOR MEASUREMENTS IN HIGH-VOLTAGE AND HIGH-CURRENT TESTS –

Part 1: Requirements for instruments for impulse tests

1 Scope

This part of IEC 61083 is applicable to digital recorders, including digital oscilloscopes, used for measurements during tests with high impulse voltages and high impulse currents. It specifies the measuring characteristics and calibrations required to meet the measuring uncertainties and procedures specified in IEC 60060-2 and IEC 62475.

This document

- defines the terms specifically related to digital recorders;
- specifies the necessary requirements for such instruments to ensure their compliance with the requirements for high-voltage and high-current impulse tests;
- establishes the tests and procedures necessary to demonstrate their compliance;
- covers digital recorders that permit access to raw data from permanent or temporary storage;
- covers peak meters used for measuring the extreme value of lightning impulses, the peak value of switching or current impulses.

It has the status of a horizontal standard in accordance with IEC Guide 108.

This horizontal standard is primarily intended for use by technical committees in the preparation of standards in accordance with the principles laid down in IEC Guide 108. One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of horizontal standards in the preparation of its publications. The contents of this horizontal standard will not apply unless specifically referred to or included in the relevant publications.

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

IE 60060-2:2010, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 62475, *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 General definitions related to digital recorders

3.1.1

digital recorder digitiser

recording instrument in which the recording is made in digital form on a magnetic or optical medium, or on a solid-state memory medium

Note 1 to entry: The waveform of the digital record is usually displayed on a screen, plotted or printed. This process may change the appearance of the waveform due to the processing involved.

[SOURCE: IEC 60050-313:2001, 313-02-16, modified – "digitiser" and a note to entry have been added]

3.1.2

approved digital recorder

digital recorder that is shown to comply with the requirements set out in this document

3.1.3

assigned measurement range

range of input voltage for which the instrument can be used within the uncertainty limits given in this document

3.1.4

output of a digital recorder

numerical value recorded by a digital recorder at a specific instant

3.1.5

full-scale deflection

minimum input voltage, which produces the nominal maximum output of the instrument in the specified range

3.1.6

offset

output of an instrument for zero input

3.1.7

raw data

original record of sampled and quantized information obtained when a digital recorder converts an analogue signal into a digital form, with the correction of the output for offset and multiplying the record by a constant factor being permitted

3.1.8

processed data

data obtained by any processing (other than correction for offset and/or multiplying by a constant scale factor) of the raw data

Note 1 to entry: Digital recorders which do not allow access to the raw data are not covered by this document.

3.2 Definitions related to rated values

3.2.1

rated resolution

r

reciprocal of two to the power of the rated number of bits N of the A/D converter, namely $r = 2^{-N}$

3.2.2

sampling rate

number of samples taken per unit of time

Note 1 to entry: The sampling time interval is the reciprocal of the sampling rate.

3.2.3

record length

duration of the record expressed either in a time unit or as the total number of samples

3.2.4

warm-up time

time interval from when the instrument is first switched on to when the instrument meets operational requirements

3.3 Definitions related to scale factor

3.3.1

scale factor

factor by which the output corrected for offset is multiplied in order to determine the measured value of the input quantity

Note 1 to entry: The scale factor includes the ratio of any built-in or external attenuator and is determined by calibration.

3.3.2

static scale factor

scale factor for a direct voltage or a direct current input

3.3.3

impulse scale factor

scale factor for an input representing the shape of the relevant impulse

3.3.4

assigned impulse scale factor

impulse scale factor of a digitiser determined at the most recent calibration

3.3.5

base line

value of the output of the recorder during the initial flat part of the record of the impulse, with the value determined from the mean of at least 20 samples in the initial flat part

3.4 Definitions related to dynamic performance

3.4.1

nominal epoch

τ_N

range of values between the minimum (t_{\min}) and the maximum (t_{\max}) of the relevant time parameter of impulse voltage or impulse current for which the digitiser is to be approved, with the relevant time parameter being:

- the front time T_1 for full and tail-chopped lightning voltage impulse and exponential current impulse
- the time to chopping T_c for front-chopped lightning voltage impulse
- the time to-peak T_p for switching voltage impulses
- pulse rise time $0,5 \cdot (T_t - T_d)$ for rectangular current impulse

Note 1 to entry: Nominal epoch is applicable to the front part of an impulse only.

Note 2 to entry: A digitiser usually has one, two or more nominal epochs for different waveforms. For example, a particular digitiser is approved for:

- full and tail-chopped lightning impulses with an assigned impulse scale factor F_1 over a nominal epoch τ_{N1} from $T_1 = 0,84 \mu\text{s}$ (t_{\min}) to $T_1 = 1,56 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- full lightning impulses with an assigned impulse scale factor F_1 over a nominal epoch τ_{N1} from $T_1 = 2,0 \mu\text{s}$ (t_{\min}) to $T_1 = 5,0 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- front-chopped lightning impulses with an assigned impulse scale factor F_2 over a nominal epoch τ_{N2} from $T_c = 0,5 \mu\text{s}$ (t_{\min}) to $T_c = 0,9 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- and/or standard switching impulses with an assigned impulse scale factor F_3 over a nominal epoch τ_{N3} from $T_p = 150 \mu\text{s}$ (t_{\min}) to $T_p = 500 \mu\text{s}$ (t_{\max}).

3.4.2

step calibration epoch

time interval in which the impulse scale factor is determined with the step calibration method, with its lower limit being 0,5 times of the lower limit of the nominal epoch ($0,5t_{\min}$) and its upper limit being 2 times the upper limit of the nominal epoch ($2t_{\max}$), both of which are evaluated from the start of the recorded voltage step

3.4.3

rise time

time interval within which the response to an applied step passes from 10 % to 90 % of its steady-state amplitude

3.4.4

time base

unit of the digitiser horizontal scale against which a time interval is measured

3.5 Definitions related to uncertainties

3.5.1

error

measured quantity value minus a reference quantity value (VIM 2.16)

3.5.2

uncertainty (of measurement)

parameter, associated with the result of a measurement, that characterises the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

Note 1 to entry: Uncertainty is positive and given without sign.

Note 2 to entry: Uncertainty of measurement should not be confused with the tolerance of the test value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02, modified – notes 1 and 2 to entry have been changed and note 3 to entry deleted]

3.5.3

standard uncertainty

uncertainty of the result of a measurement expressed as a standard deviation

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.1]

3.5.4

type A evaluation

method of evaluation of uncertainty by statistical analysis of a series of observations

3.5.5

type B evaluation

method of evaluation of uncertainty by means other than statistical analysis of a series of observations

3.6 Definitions related to tests

3.6.1

calibration

set of operations that establishes, by reference to standards, the relationship which exists, under specified conditions, between an indication and a result of a measurement

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-09, modified – the notes to entry have been deleted]

3.6.2

type test

conformity test made on one or more items representative of the production

Note 1 to entry: For a measuring system, this is understood as a test performed on a component or on a complete measuring system of the same design to characterize it under operating conditions.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16, modified – the note 1 to entry has been added]

3.6.3

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

Note 1 to entry: This is understood as a test performed on each component or on each complete measuring system to characterize it under operating conditions

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17, modified – the note 1 to entry has been added]

3.6.4

performance test

test performed on a complete measuring system to characterize it under operating conditions

3.6.5

performance check

a simple procedure to ensure that the most recent performance test is still valid

3.6.6

record of performance

detailed record, established and maintained by the user, describing the measuring system and containing evidence that the requirements given in this document have been met, which includes the results of the initial performance test and the schedule and results of each subsequent performance test and performance check

4 Operating conditions

The limits of operating conditions given in Table 1 are those under which the digitiser shall operate and meet the uncertainty requirements specified for this instrument.

Table 1 – Operating conditions

Condition	Range
Environment	
Ambient temperature	5 °C to 40 °C
Ambient relative humidity (non-condensing)	10 % to 90 %
Mains power supply	
Supply voltage	Rated voltage ± 10 % (RMS) Rated voltage ± 12 % (AC peak)
Supply frequency	Rated frequency ± 5 %

Any exceptions to the values given in Table 1 shall be explicitly and clearly stated in the record of performance with an indication that they are exceptions.

NOTE The general requirements for testing electromagnetic compatibility of electrical equipment for measurement, control and laboratory use are described in IEC 61326-1.

5 Calibration and test methods

5.1 Calibration of scale factor and time base

The scale factor and time base shall be determined by either

- impulse calibration (5.2) with two waveforms covering the nominal epoch, or
- step calibration (5.3) with test of scale factor constancy (5.4) and calibration of time base (5.5), or
- an impulse calibration (5.2) with one impulse waveform within the nominal epoch with the constancy of scale factor test (5.4).

5.2 Impulse calibration

Impulse calibration is the reference method to establish the impulse scale factor of approved digital recorders. It is also the reference method to determine the errors of the impulse time parameters caused by the digital recorders. Requirements on reference calibration impulses for calibrating approved digital recorders are given in Table 2. The wave shapes shall be chosen from Table 2 according to the type and polarity of the high-voltage or high-current impulses that the digitiser is approved to measure. The uncertainties of the peak value and time parameters of the applied calibration impulses shall be within the limits given in Table 2, and the actual values shall be entered in the record of performance.

The number of calibration impulses to be applied shall be sufficient for obtaining sufficiently low type A uncertainties for all relevant parameters.

The impulse scale factor is the ratio of the peak value of the input calibration impulse and the peak value of its corresponding impulse recorded by the digitiser. The assigned impulse scale factor is the mean of impulse scale factors determined from a set of individual calibration impulses.

The error of a time parameter is the mean of the time parameter errors determined from individual calibration impulses.

This impulse calibration shall be made in each range of each channel that the digitiser is approved for use in impulse tests.

A digital recorder can be calibrated for exponential current impulses (IEC 62475) and the standard chopped (tail chopped) impulses using the full lightning impulse of a reference impulse generator.

Table 2 – Requirements for reference impulse generators

Impulse type	Parameter being measured	Value	Expanded uncertainty %	Short-term stability %
Full and standard chopped (tail chopped) lightning voltage impulse	Time-to-half value	55 μ s to 65 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Front time	0,8 μ s to 1,0 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
		or 0,8 μ s to 1,0 μ s and 1,5 μ s to 1,7 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
Peak voltage	Within assigned measurement range	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$	
Front chopped lightning voltage impulse	Time-to-chopping	0,45 μ s to 0,55 μ s	≤ 2	≤ 1
	Peak voltage	Within assigned measurement range	≤ 2	$\leq 0,2$
Standard switching impulse	Time-to-peak	200 μ s to 300 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Time-to-half value	1 000 μ s to 4 000 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Peak voltage	Within assigned measurement range	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Rectangular impulse current	Duration	0,5 ms to 3,5 ms	≤ 2	$\leq 0,5$
	Peak value	Within assigned measurement range	≤ 2	≤ 1

The short-term stability is the standard deviation of a sequence of at least 10 output impulses.

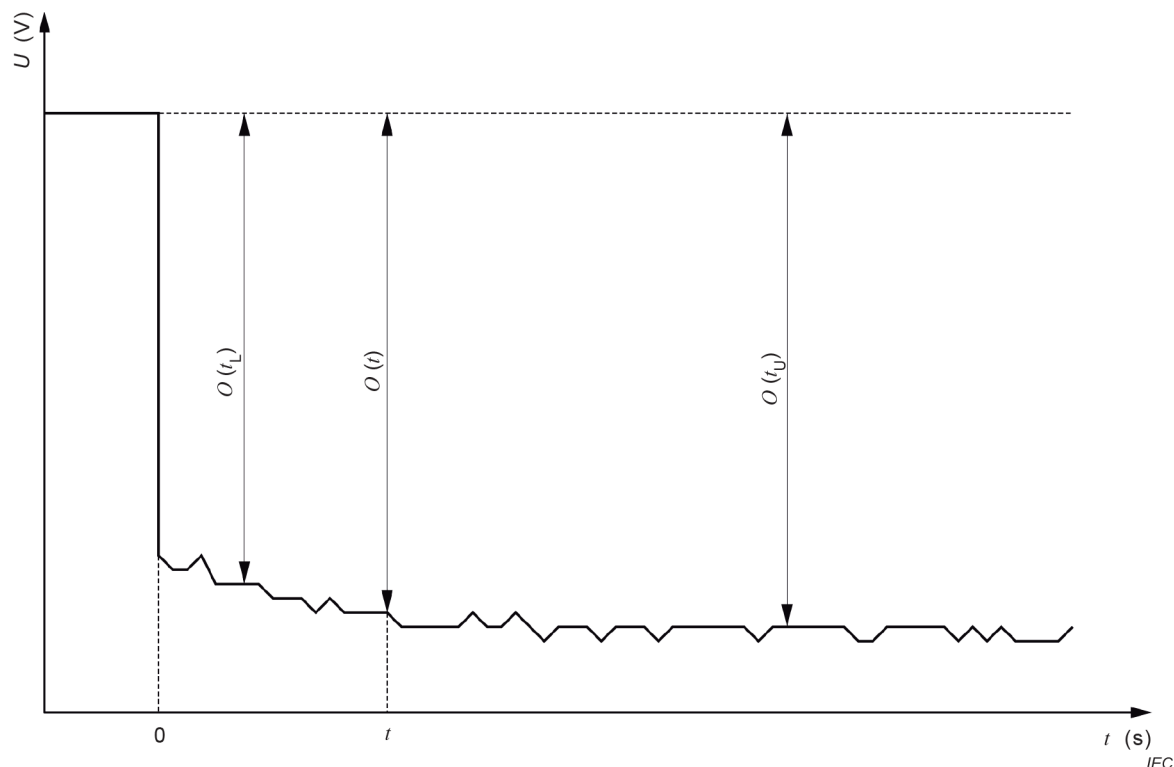
NOTE A digital recorder can be calibrated for exponential current impulses (IEC 62475) using either a lightning impulse generator or a switching impulse generator that best matches the waveform of the current impulse.

5.3 Step calibration

The step calibration is the alternative method for establishing the impulse scale factor of an approved digital recorder. To qualify an approved digitiser for measuring impulse time parameters, the scale factor constancy test specified in 5.4 and the calibration of time base as specified in 5.5 shall also be performed if the impulse calibration as specified in 5.2 is not performed.

A direct voltage V_{CAL} , with an uncertainty less than 0,1 % and within the assigned measurement range of the instrument, is applied to the input and then short-circuited to ground by an appropriate switching device, preferably based on a mercury-wetted relay. The resultant transition to zero level is recorded as the output $O(t)$ (an example is shown in Figure 1) and evaluated within the time interval of the step calibration epoch. A number of records (e.g. 10) of the response shall be averaged to reduce the random noise. The deviation of the sample values $O(t)$ in the time interval of the step calibration epoch from their mean O_{sm} shall be within the uncertainty limits specified for the assigned impulse scale factor. The value of O_{sm} shall be evaluated as the mean of all $O(t)$ values within the step calibration epoch (IEC 60060-2:2010). The impulse scale factor is the quotient of the input voltage V_{CAL} and O_{sm} . The rise time of the step shall be less than 10 % of the lower limit of the step calibration epoch.

This voltage calibration shall be made in each range of each channel that the digitiser approved for use in impulse tests. This test shall be performed using both voltage polarities. If the scale factors determined with the two polarities agree to within $\pm 0,5 \%$, then the impulse scale factor determined by this method is valid. Otherwise, impulse calibration according to 5.2 of appropriate polarity shall be used.



t_L and t_U are either the lower and upper limits of the step calibration epoch or the time interval of scale factor constancy test (see 5.4).

Figure 1 – Step calibration

5.4 Test of constancy of scale factor within time interval

A direct voltage within the measurement range of the digital recorder is applied to the input and then short-circuited to ground by an appropriate switching device, preferably based on a mercury-wetted relay. The resultant transition to zero level of the step response (see Figure 1) is recorded and evaluated within the following time intervals:

- 0,5 t_{min} to T_{2max} for full lightning impulses and exponential current impulses;
- 0,5 t_{min} to t_{max} for front-chopped impulses;
- 0,5 T_p to T_{2max} for switching impulses, and 10/350 μs current impulses;
- 0,5 $(T_t - T_d)$ to T_t for rectangular current impulses;

where T_{2max} is the maximum time to half-value the digitiser is approved to measure for each of the corresponding impulse type.

Within these time intervals, the output magnitude $O(t)$ of the recorded step response shall be constant within the limits specified in this document.

It is permitted that several records of the response are averaged to reduce the random noise.

This scale factor constancy measurement shall be made in each range used for tests.

NOTE T_1 , T_2 and T_c are defined in IEC 60060-1. t_{\min} and t_{\max} are as defined in 3.4.1. $T_{2\max}$ is the maximum value of T_2 that is to be measured by the approved digitiser.

5.5 Calibration of time base

Calibration of time base shall be performed if the errors of impulse time parameters are not determined by performing the impulse calibration as specified in 5.2.

Calibration of a time base shall be performed by comparison with a reference rectangular signal of known frequency. The period of the signal shall be T_2 of the impulse to be measured. The calibration shall be performed over the time interval of one full period.

5.6 Test of impulse scale factor non-linearity

The test is to assess the non-linearity of the scale factor obtained in accordance with 5.2 or 5.3, over the range settings within the assigned measurement range(s) of the digital recorder. Apart from being one of the qualifying tests of an approved digitiser, the test is for estimating contribution of non-linearity to the measurement uncertainty of the impulse peak voltage.

Ratios of the output of the digitiser and the input voltage of the digitiser shall be obtained with both voltage polarities. The input voltage shall cover the complete assigned measurement range. The non-linearity of the impulse scale factor is calculated as the maximum deviation of ratio values R_g , obtained at b different range settings of one channel of the digitiser, from the mean ratio, R_m . The maximum deviation shall be taken as a type B estimate of the standard uncertainty related to non-linearity of the scale factor:

$$u_{B1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \max_{g=1}^b \left| \frac{R_g}{R_m} - 1 \right|$$

where

$R_1 \dots R_b$ are ratios, scale factors or errors determined in the assigned measurement range, determined against a linear voltage source (or digitiser of a different model);

R_m is the mean of the values $R_1 \dots R_b$;

b is the number of range settings at which the ratios $R_1 \dots R_b$ are obtained, where one voltage level is tested in each range setting;

u_{B1} is the type B standard uncertainty due to non-linearity of the impulse scale factor.

NOTE If sufficiently low non-linearity is not obtained by using a particular voltage source, using a different voltage source can yield a lower value of impulse scale factor non-linearity.

5.7 Internal noise level

A direct voltage within the range of the digital recorder shall be applied. A sufficient number of samples at one voltage shall be taken at a specified sampling rate to acquire at least 1 000 samples. The standard deviation of these samples is taken as the internal noise level.

5.8 Interference test

Interference tests shall be performed according to Annex A of this document.

6 Requirements for impulse measurements

6.1 Requirements for digital recorders used in approved measuring systems

The expanded uncertainty of a digital recorder used in an approved measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a level of confidence of not less than 95 %)

- 2 % in the voltage (current) measurement of full and standard-chopped (tail chopped) lightning voltage impulses, switching voltage impulses, exponential current impulses and rectangular current impulses;
- 3 % in the voltage measurement of front-chopped lightning impulses;
- 4 % in the measurement of the time parameters (front time, time to chopping, etc.) of the impulse.

Digitiser can be qualified for measurement of one, or more, or all types of impulses.

These uncertainties shall be estimated according to ISO/IEC Guide 98-3:2008.

NOTE The estimated uncertainty of the digitiser is used as a component of uncertainty of the complete measurement system according to IEC 60060-2 or IEC 62475.

The digital recorder shall allow storage of the raw data.

6.2 Individual requirements

6.2.1 General

In order to stay within the limits given in 6.1, the limits for individual contributions given in 6.2 should usually be met. In some cases, it is permissible that one or more of these limits be exceeded provided that it is demonstrated by estimation in accordance with ISO/IEC Guide 98-3:2008 that overall uncertainty specified in 6.1 is not exceeded.

6.2.2 Sampling rate

The sampling rate shall be not less than $30/T_x$ where T_x is the time interval to be measured.

NOTE $T_x = 0,6 T_1$ is the time interval between T_{30} and T_{90} of the lightning impulse to be measured. For a 1,2/50 lightning impulse, the permitted lower limit of front time T_1 is 0,84 μs . Therefore, a sampling rate of at least $60 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ is normally used for full and tail chopped lightning impulses. Similarly, a sampling rate of at least $100 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ is normally used for front chopped impulse and a sampling rate of at least $1,5 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ is normally used for the standard switching impulse.

6.2.3 Rated resolution

A rated resolution of 8-bit (0,4 % of the full-scale deflection) or better is required for tests where the impulse parameters are to be evaluated.

NOTE For tests which involve spectrum analysis or waveform transformation other than impulse parameter evaluation, a rated resolution of 9-bit (0,2 % of the full-scale deflection) or better is normally used.

6.2.4 Impulse scale factor

The impulse scale factor determined by one of the methods as specified in 5.1 shall be constant within ± 1 % over the nominal epoch. The impulse scale factor, determined by either 5.2 or 5.3, shall be determined with an expanded uncertainty of not more than 1 %. If the impulse scale factor is only determined by the step calibration method specified in 5.3, the step response level shall be constant within ± 1 % over the time intervals specified in 5.4.

The non-linearity of the impulse scale factor determined in 5.4 as the measure of an uncertainty component u_{B1} , either by the impulse voltage method or the step voltage method, shall not exceed 0,5 %.

6.2.5 Errors of time parameters

The errors of time parameters determined by the impulse calibration described in 5.2 shall be less than:

- 3 % for the front time T_1 of all relevant types of impulses,
- 2 % for the time to half-value T_2 of all relevant types of impulses,
- 3 % for the time to chopping T_c of the standard chopped (tail chopped) lightning voltage impulse,
- 5 % for the time to chopping T_c of the front chopped lightning voltage impulse,
- 3 % for the peak time T_p of switching voltage impulse,
- 3 % for T_d and T_t for the rectangular current impulse.

If the impulse calibration as specified in 5.2 is not performed, the digitiser is approved for measuring time parameters if the digitiser meets the requirement of constancy of impulse scale factor specified in 6.2.4 and the requirement for error of time base specified in 6.2.6.

6.2.6 Error of time base

The maximum value of the time base errors as measured in 5.5 shall be less than 0,1 %. The maximum relative standard deviation of measured mean period values shall be less than 10 %.

6.2.7 Rise time

The rise time shall not be more than 3 % of T_x where T_x is the time interval to be measured.

6.2.8 Interference voltage

The maximum amplitude of any deflection from the base magnitude in the interference test specified in Annex A shall be less than 1 % of the full-scale deflection in the ranges used for impulse tests.

NOTE An interference performance test is specified in IEC 60060-2 for the complete impulse measuring system.

6.2.9 Record length

The record length shall be sufficiently long to allow the required parameter (for example, T_2 or T_p) to be evaluated or a specific phenomenon to be observed.

6.2.10 Input impedance

The input resistance and capacitance of the digitiser shall be stated with their uncertainties.

6.2.11 Internal noise level

The internal noise level (RMS) shall be less than 0,4 % of the full-scale deflection for measurements of the waveform parameters and less than 0,1 % for other applications.

NOTE The noise level influences evaluation of LI extreme value or SI peak value, as well as evaluation of time parameters.

6.2.12 Assigned measurement range

The lower limit and upper limit of the assigned measurement range shall be established by proving that the performance of the digitiser meets the requirements of 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5, and 6.2.6 when used within the range of the limits.

6.3 Requirements for digital recorders used in reference measuring systems

6.3.1 General requirements

These instruments are used in reference measuring systems specified in IEC 60060-2 for the calibration of approved measuring systems by comparison measurements. The peak and time parameters are in general determined as the mean of at least 10 measurements. The overall uncertainty of a digital recorder used in a reference measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a confidence level of not less than 95 %)

- 0,7 % in the peak voltage (current) measurement of full and standard-chopped (tail chopped) lightning impulses, switching impulses and rectangular impulses;
- 2 % in the peak voltage measurement of front-chopped lightning impulses;
- 2 % for the front time T_1 of all relevant types of impulses;
- 1,5 % for the time to half-value T_2 of all relevant types of impulses;
- 2 % for the time to chopping T_c of the standard chopped (tail chopped) lightning voltage impulse;
- 4 % for the time to chopping T_c of the front chopped lightning voltage impulse;
- 2 % for the peak time T_p of switching voltage impulse;
- 2 % for T_d and T_t for the rectangular current impulse.

6.3.2 Sampling rate

The sampling rate shall be not less than $60/T_x$ where T_x is the time interval to be measured.

6.3.3 Rated resolution

A rated resolution of 9-bit (with peak amplitude at least 20 % of the full-scale deflection) or better is required for tests where the impulse parameters are to be evaluated.

6.3.4 Error of time base

The maximum value of the time base errors as measured in 5.5 shall be less than 0,1 %. The maximum relative standard deviation of measured mean period values shall be less than 10 %.

6.3.5 Rise time

The rise time shall not be more than 2 % of T_x where T_x is the time interval to be measured.

6.3.6 Interference voltage

The maximum amplitude of any deflection from the base magnitude in the interference test specified in Annex A shall be less than 0,5 % of the full-scale deflection in the ranges used for impulse tests.

6.3.7 Record length

The record length shall be sufficiently long to allow the required parameter (for example, T_2 or T_p) to be evaluated or a specific phenomenon to be observed.

6.3.8 Internal noise level

The internal noise level (RMS) shall be less than 0,4 % of the full-scale deflection for measurements of the waveform parameters and less than 0,1 % for other applications.

6.3.9 Scale factor

- The impulse scale factor of the transient recorder shall be determined with an expanded uncertainty of not more than 0,5 %.
- The impulse scale factor shall be constant within $\pm 0,5$ % over the time intervals given in 5.4.

6.4 Tests

6.4.1 General

To meet the requirements of this document, the digital recorder shall undergo tests specified in Table 3.

All calibration equipment shall be traceable, either directly or indirectly, to international or national standards. The calibration procedures shall be recorded.

Table 3 – Tests required for approved digital recorders

Type of test	Pass/fail	Reference to test method	Reference to test requirement		Test classification			
			Complete recorder at one input range	Complete recorder at each input range	Type test	Routine test	Performance test	Performance check
Impulse scale factor and time base		5.1		6.2.4		X	X	X
Scale factor non-linearity		5.6		6.2.4		X	X	X
Rise time	X	3.4.3		6.2.7	X			
Internal noise level	X	5.7	6.2.11		X			
Interference test	X	5.8, Annex A	6.2.8		X			

6.4.2 Type tests

Type tests shall be performed for one digital recorder of a model. These type tests are to be performed by the manufacturer of the digital recorder. If type test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

6.4.3 Routine tests

Routine tests shall be performed for each digital recorder. These routine tests are to be performed by the manufacturer of the digital recorder. If routine test results are not available from the manufacturer, tests to verify the equipment shall be arranged by the user.

Routine tests shall also be carried out after a repair of the digital recorder.

6.4.4 Performance tests

Performance tests (calibration) shall be performed on each new digital recorder. The interval between performance tests shall be based on evaluation of past stability of instrument. It is recommended that the performance test should be repeated annually, but the maximum interval shall be not more than five years.

A performance test shall be made after major repairs to the instrument.

A performance test on the instrument is also required if performance checks on the instrument indicate that the impulse scale factor has changed by more than 1 %.

6.4.5 Performance checks

Performance checks on the instrument are required only if performance checks on the complete measuring system indicate that the assigned impulse scale factor has changed significantly.

Performance checks shall be made for each setting of the instrument that is to be used in the impulse tests. This check shall include the possible external attenuator, if it was not calibrated with divider or shunt.

7 Requirements for peak voltmeters

The overall expanded uncertainty of a peak meter used in an approved measuring system according to IEC 60060-2 shall be not more than (at a level of confidence of not less than 95 %, see Annex A and Annex B of IEC 60060-2:2010)

- 2 % in the extreme value measurement of full and standard-chopped (tail chopped) lightning voltage impulses;
- 2 % in the peak value of switching voltage impulses, exponential current impulses and rectangular current impulse.

NOTE Peak voltmeters measures the extreme value (U_e), and they do not meet the requirements for measuring the test voltage (U_t) of standard lightning impulses, the peak voltage of front chopped lightning impulses or time parameters.

8 Uncertainty contributions for complete measuring systems

The uncertainty values determined in the tests specified in this document serve two purposes. The primary purpose is to set the measurement uncertainty limits for the approved digital recorder. The second purpose is to enable the estimation of measurement uncertainties of a complete measuring system as specified in other related international standards, such as IEC 60060-2 and IEC 62475, with the uncertainty values of the digital recorder as necessary contribution components.

Inclusion of uncertainties of an approved impulse digitiser as components in the combined uncertainties of a complete measuring system shall follow the procedure as specified in the relevant standard for the complete measuring system such as IEC 60060-2 and IEC 62475.

9 Record of performance

The record of performance shall include the following information (if applicable).

- a) nominal characteristics
 - 1) identification (serial number, type, etc.),
 - 2) rated resolution,
 - 3) range of sampling rates,
 - 4) maximum record length,
 - 5) triggering capabilities,
 - 6) values of the maximum and minimum input voltages,
 - 7) input impedance,
 - 8) types of waveforms,
 - 9) warm-up time,

- 10) range of operating conditions,
- b) results of type tests,
- c) results of routine tests,
- d) performance tests
 - 1) date and time of each performance test,
 - 2) results of each performance test,
- e) performance checks
 - 1) date and time of each performance check,
 - 2) result – pass/fail (if fail, record of action taken).

NOTE Record of performance for the measuring instrument can be a part of the record of performance for the measuring system.

Annex A (normative)

Electromagnetic interference in high-voltage and high-current laboratories and test fields

A.1 General

The shielding of general-purpose instruments may not be adequate for use in high-voltage or high-current laboratories and test fields. Interference may be induced by the transient electromagnetic field or conducted by either the signal or the supply lines.

Interference may attain high levels, especially in the case of signals such as flashovers or breakdowns. While such events are normally not a concern of the actual measurement, it shall be ensured that the instruments can handle such stress.

The following requirements for instruments and precautions will reduce such interference.

A.2 Precautions

A.2.1 Electromagnetic shielding

Interference due to electromagnetic fields penetrating directly into the instrument may be reduced by placing the instrument in a Faraday cage having sufficient attenuation in the frequency range of interest. Such a Faraday cage consists of a metal enclosure, which ensures conductivity across permanent and mobile joints. This metal enclosure may be a shielded control room or an instrument enclosure. The instrument enclosure may consist of two parts: one with high shielding efficiency (completely enclosing the instrument) which is required for real time recording or displaying of the signal, and the other to allow access to the computer, plotter, and printer which operate after the record.

A.2.2 Reduction of conducted interference from the supply line

Conducted interference on the mains supply can be reduced by inserting a filter (effective in the range from some tens of kilohertz to some tens of megahertz). An isolating transformer with low inter-winding capacitance should be interfaced between the instrument and the mains supply.

A.2.3 Reduction of interference on the signal line

Interference due to current flowing in the shield of the measuring cable may be reduced by an adequate earthing at the voltage divider side, by using tri-axial cable with the outer shield grounded at both input and instrument ends, and/or by cable running through a metallic conduit connected at both ends to the local grounds. Inner and outer shields should be bonded at the input end. Avoiding loops between the measuring cable and the earth returns can also reduce interference.

Interference due to potential differences, induced or applied between the terminals of the measuring cable, may be reduced by using an input voltage or input current as high as possible, namely by operating the instrument on its maximum range, or by inserting an external attenuator between the receiving end of the cable and the instrument.

A.2.4 Signal transmission by optical means

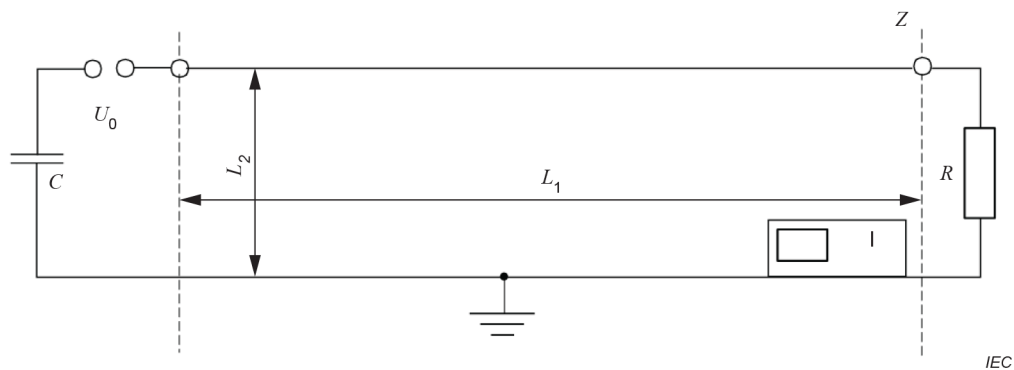
Signal transmission by optical means (either analogue or digital) may be used to reduce interference provided the characteristics of any such link are adequate to meet the requirements of IEC 60060-2.

A.3 Tests with transient induced electromagnetic fields

The instrument without measuring cable, including any additional shielding added to it, shall be subjected to rapidly changing electric and magnetic fields representative of those produced by high-voltage or high-current test circuits. Tests in these types of laboratories have indicated fields up to 100 kV/m and 1 000 A/m.

These fields may be obtained by the discharge of a capacitor via a sphere gap as shown in Figure A.1.

For tests with electric field, the line connected to the capacitor shall be terminated by its surge impedance ($R = Z$). For tests with magnetic fields, the line connected to the capacitor shall be short-circuited ($R = 0$). The corresponding transient characteristics are determined by the parameters of that test circuit and are, for the voltage, a step with a rise-time in the order of 50 ns and, for the current, a damped oscillation with a frequency in the order of 0,5 MHz.



Components

I instrument placed at the end of the line

Z characteristic impedance: $C = 20$ nF; $L_1 = 5$ m; $L_2 = 1$ m

For the electric field test, $U_0 = 40$ kV ($R = Z$)

For the magnetic field test, $U_0 = 100$ kV ($R = 0$)

Figure A.1 – Application of electric and magnetic fields

NOTE An oil or compressed gas immersed sphere gap can be used to check the instrument employed for impulse tests. The corresponding voltage and current transients will show a shorter rise time (of a few nanoseconds) and a higher frequency initial oscillation (a few tens of megahertz), respectively.

The tests are not applicable if the instrument is operated in a well-shielded area (for example, in a shielded control room).

Bibliography

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-311:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 311: Electrical and electronic measurements – General terms relating to electrical measurements* (available at www.electropedia.org)

IEC 60050-313:2013, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 313: Electrical and electronic measurements – Types of electrical measuring instruments* (available at www.electropedia.org)

IEC 61326-1, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 1: General requirements*

IEC Guide 108, *Guidelines for ensuring the coherence of IEC publications – Horizontal functions, horizontal publications and their application*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	32
3.1 Définitions générales relatives aux enregistreurs numériques	32
3.2 Définitions relatives aux valeurs assignées	33
3.3 Définitions relatives au coefficient de conversion	33
3.4 Définitions relatives à la performance dynamique	34
3.5 Définitions relatives aux incertitudes	34
3.6 Définitions relatives aux essais	35
4 Conditions de fonctionnement	36
5 Étalonnage et méthodes d'essai	36
5.1 Étalonnage du coefficient de conversion et de la base de temps	36
5.2 Étalonnage par choc	36
5.3 Étalonnage par échelon	38
5.4 Essai de constance du coefficient de conversion dans l'intervalle de temps	39
5.5 Étalonnage de la base de temps	40
5.6 Essai de non-linéarité de coefficient de conversion dynamique	40
5.7 Niveau de bruit interne	40
5.8 Essai de perturbation	41
6 Exigences pour les mesurages de choc	41
6.1 Exigences pour les enregistreurs numériques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés	41
6.2 Exigences individuelles	41
6.2.1 Généralités	41
6.2.2 Fréquence d'échantillonnage	41
6.2.3 Résolution assignée	41
6.2.4 Coefficient de conversion dynamique	42
6.2.5 Erreurs des paramètres temporels	42
6.2.6 Erreur de la base de temps	42
6.2.7 Temps de montée	42
6.2.8 Tension perturbatrice	42
6.2.9 Longueur d'enregistrement	42
6.2.10 Impédance d'entrée	43
6.2.11 Niveau de bruit interne	43
6.2.12 Étendue de mesure affectée	43
6.3 Exigences pour les enregistreurs numériques utilisés dans les systèmes de mesure de référence	43
6.3.1 Exigences générales	43
6.3.2 Fréquence d'échantillonnage	43
6.3.3 Résolution assignée	43
6.3.4 Erreur de la base de temps	44
6.3.5 Temps de montée	44
6.3.6 Tension perturbatrice	44
6.3.7 Longueur d'enregistrement	44

6.3.8	Niveau de bruit interne	44
6.3.9	Coefficient de conversion	44
6.4	Essais.....	44
6.4.1	Généralités	44
6.4.2	Essais de type	45
6.4.3	Essais individuels de série.....	45
6.4.4	Essais de détermination des caractéristiques	45
6.4.5	Contrôles des caractéristiques.....	45
7	Exigences pour les voltmètres de crête	46
8	Incidences d'incertitude pour les systèmes de mesure complets.....	46
9	Recueil de caractéristiques.....	46
Annexe A (normative) Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à tension et courant élevés		
A.1	Généralités	48
A.2	Précautions.....	48
A.2.1	Blindage électromagnétique.....	48
A.2.2	Réduction des perturbations conduites par l'alimentation.....	48
A.2.3	Réduction des perturbations sur la ligne de signal	48
A.2.4	Transmission optique du signal.....	49
A.3	Essais avec des champs électromagnétiques transitoires induits	49
Bibliographie.....		
Figure 1 – Étalonnage par échelon		39
Figure A.1 – Application des champs électrique et magnétique		49
Tableau 1 – Conditions de fonctionnement		36
Tableau 2 – Exigences pour les générateurs de choc de référence		38
Tableau 3 – Essais exigés pour les enregistreurs numériques approuvés		45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

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'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 61083-1 a été établie par le comité d'études 42 de l'IEC: Techniques d'essais à haute tension et/ou à fort courant.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Les exigences relatives à la non-linéarité intégrale statique et la non-linéarité différentielle statique ont été supprimées.
- b) Une exigence relative à la non-linéarité de coefficient de conversion dynamique a été ajoutée.

- c) Les exigences d'incertitude relatives aux étalonneurs de choc ont été révisées.
- d) Les exigences relatives au voltmètre de crête ont été révisées.

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

FDIS	Rapport de vote
42/386/FDIS	42/388/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 internationale.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61083, sous le titre général *Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à tension et à courant élevés*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus.

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. À cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

L'industrie de production d'énergie électrique exige des outils normalisés permettant d'assurer la fiabilité des résultats des essais à tension et courant élevés, et exige de démontrer l'équivalence entre les essais effectués avec différents dispositifs d'essai.

Les captures analogiques des données d'essai ont été en grande partie remplacées par les captures numériques à l'aide d'appareils enregistreurs fondés sur la technologie d'échantillonnage. La présente partie de l'IEC 61083 spécifie les exigences concernant la performance des enregistreurs numériques utilisés lors des essais de chocs à tension et courant élevés.

Depuis la précédente révision de la présente norme, des modifications significatives ont été apportées concernant plusieurs aspects de la numérisation des appareils utilisés pour les essais à tension et courant élevés. En particulier, la numérisation des résolutions s'est grandement améliorée depuis la dernière révision, les résolutions caractéristiques des numériseurs de mesure de chocs étant de 12 bits à 14 bits. De plus, l'amélioration des convertisseurs A/N a permis de recentrer l'intérêt de leurs performances selon d'autres aspects comme la linéarité des amplificateurs frontaux et l'immunité aux perturbations, en matière d'exactitude de mesure et de fiabilité de l'appareil.

Les exigences de la présente édition de la norme ont été révisées afin de refléter ces modifications technologiques. Par exemple, le nombre d'essais de type permettant d'évaluer les performances des convertisseurs A/N a été réduit, et de nouvelles exigences concernant la linéarité du système complet (convertisseur A/N et composants analogiques) ont été ajoutées.

Lors de la préparation de la deuxième édition de la présente norme en 2001, la nécessité de conserver des oscilloscopes analogiques et des voltmètres de crête a fait l'objet de débats soutenus. Les exigences concernant les oscilloscopes analogiques ont depuis été retirées, et seules les exigences essentielles concernant les voltmètres de crête ont été conservées.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61083 est applicable aux enregistreurs numériques, y compris aux oscilloscopes numériques, utilisés pour les mesurages pendant les essais de choc mettant en œuvre des tensions ou des courants de choc élevés. Elle spécifie les caractéristiques de mesure et les étalonnages exigés pour satisfaire aux incertitudes et procédures de mesure spécifiées dans l'IEC 60060-2 et dans l'IEC 62475.

Ce document

- spécifie les termes particuliers spécifiques aux enregistreurs numériques;
- donne les exigences nécessaires pour ces appareils afin d'assurer leur conformité aux exigences relatives aux essais de choc mettant en œuvre des tensions ou des courants de choc élevés;
- donne les essais et procédures nécessaires pour satisfaire à ces exigences;
- couvre les enregistreurs numériques permettant l'accès aux données brutes stockées de stockages permanents ou temporaires;
- couvre les voltmètres de crête utilisés pour mesurer les valeurs extrêmes des chocs de foudre, la valeur crête des chocs de manœuvre ou de courant.

Il a le statut d'une norme horizontale conformément au Guide IEC 108.

La présente norme horizontale est essentiellement destinée à être utilisée par les comités d'études dans le cadre de l'élaboration de normes conformément aux principes établis dans le Guide IEC 108. L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les normes horizontales dans le cadre de l'élaboration de ses publications. Le contenu de cette norme horizontale s'applique seulement s'il est spécifiquement cité en référence ou inclus dans les publications correspondantes.

2 Références normatives

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

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

IEC 60060-2:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 62475, *Techniques des essais à haute intensité – Définitions et exigences relatives aux courants d'essai et systèmes de mesure*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Définitions générales relatives aux enregistreurs numériques

3.1.1

enregistreur numérique numériseur

appareil enregistreur dans lequel l'enregistrement est fait sous forme numérique sur un moyen magnétique, ou optique, ou dans une mémoire statique

Note 1 à l'article: La forme d'onde de l'enregistrement numérique est habituellement affichée sur un écran, marquée ou imprimée. Ce procédé peut modifier la forme d'onde en raison de la technologie impliquée.

[SOURCE: IEC 60050-313:2001, 313-02-16, modifiée – "numériseur" et une note à l'article ont été ajoutés]

3.1.2

enregistreur numérique approuvé

enregistreur numérique dont il a été démontré qu'il satisfaisait aux exigences présentées dans le présent document

3.1.3

étendue de mesure affectée

plage de la tension d'entrée pour laquelle l'appareil peut être utilisé dans les limites d'incertitude données dans le présent document

3.1.4

indication de sortie d'un enregistreur numérique

valeur numérique enregistrée par un enregistreur numérique à un instant spécifique

3.1.5

déviaton pleine échelle

tension d'entrée minimale correspondant à la valeur nominale maximale de sortie de l'appareil dans la plage spécifiée

3.1.6

décalage

sortie d'un appareil correspondant à une entrée nulle

3.1.7

donnée brute

enregistrement original d'une information échantillonnée et quantifiée obtenu lorsqu'un enregistreur numérique convertit un signal analogique en un signal numérique, avec la correction de sortie de décalage et la multiplication de l'enregistrement par un coefficient constant autorisé

3.1.8

donnée traitée

donnée obtenue par n'importe quel procédé (autre que la correction de décalage et/ou la multiplication par un coefficient de conversion constant) à partir d'une donnée brute

Note 1 à l'article: Les enregistreurs numériques qui ne permettent pas l'accès aux données brutes ne sont pas couverts par le présent document.

3.2 Définitions relatives aux valeurs assignées

3.2.1 résolution assignée

r

inverse de deux élevé à la puissance du nombre assigné de bits N du convertisseur A/N, soit $r = 2^{-N}$

3.2.2 fréquence d'échantillonnage

nombre d'échantillons enregistrés par unité de temps

Note 1 à l'article: La période d'échantillonnage est l'inverse de la fréquence d'échantillonnage.

3.2.3 longueur de l'enregistrement

durée de l'enregistrement exprimée soit en une unité de temps soit en nombre total d'échantillons

3.2.4 durée de préchauffage

durée s'écoulant entre l'instant de première mise sous tension de l'appareil et celui où il satisfait à toutes ses exigences opérationnelles

3.3 Définitions relatives au coefficient de conversion

3.3.1 coefficient de conversion

coefficient par lequel la grandeur de sortie corrigée du décalage est multipliée pour déterminer la valeur mesurée de la grandeur d'entrée

Note 1 à l'article: Le coefficient de conversion inclut les atténuateurs internes et externes; il est déterminé par étalonnage.

3.3.2 coefficient de conversion statique

coefficient de conversion pour une tension d'entrée continue ou un courant d'entrée continu

3.3.3 coefficient de conversion dynamique

coefficient de conversion pour une tension d'entrée représentant la forme du choc approprié

3.3.4 coefficient de conversion dynamique assigné

coefficient de conversion dynamique d'un numériseur déterminé depuis son étalonnage le plus récent

3.3.5 valeur de base

valeur de la sortie de la portion plate d'origine de l'enregistrement d'un choc, déterminée par la moyenne d'au moins 20 échantillons de la portion plate d'origine de l'enregistrement

3.4 Définitions relatives à la performance dynamique

3.4.1

époque nominale

τ_N

plage de valeurs comprise entre les valeurs minimale (t_{\min}) et maximale (t_{\max}) des paramètres temporels relatifs aux tensions de chocs ou aux courants de chocs pour lesquels le numériseur est approuvé, avec les paramètres temporels concernés suivants:

- la durée de front T_1 pour une tension de choc de foudre plein et coupé sur la queue et pour un courant de choc exponentiel
- la durée jusqu'à la coupure T_c pour une tension de choc de foudre coupé sur le front
- la durée jusqu'à la crête T_p pour les tensions de chocs de manœuvre
- le temps de montée d'impulsion $0,5 \cdot (T_t - T_d)$ pour un courant de choc rectangulaire

Note 1 à l'article: L'époque nominale s'applique uniquement à la partie frontale du choc.

Note 2 à l'article: Un numériseur a normalement une, deux ou plusieurs époques nominales pour différentes formes d'onde. Par exemple, un numériseur particulier est approuvé:

- pour les chocs de foudre pleins et coupés sur la queue avec un coefficient de conversion dynamique assigné F_1 pour une époque nominale τ_{N1} s'étendant de $T_1 = 0,84 \mu\text{s}$ (t_{\min}) à $T_1 = 1,56 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- pour les chocs de foudre pleins avec un coefficient de conversion dynamique assigné F_1 pour une époque nominale τ_{N1} s'étendant de $T_1 = 2,0 \mu\text{s}$ (t_{\min}) à $T_1 = 5,0 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- pour les chocs de foudre coupés sur le front avec un coefficient de conversion dynamique assigné F_2 pour une époque nominale τ_{N2} s'étendant de $T_c = 0,5 \mu\text{s}$ (t_{\min}) à $T_c = 0,9 \mu\text{s}$ (t_{\max}),
- et/ou pour les chocs de manœuvre normalisés avec un coefficient de conversion dynamique assigné F_3 pour une époque nominale τ_{N3} s'étendant de $T_p = 150 \mu\text{s}$ (t_{\min}) à $T_p = 500 \mu\text{s}$ (t_{\max}).

3.4.2

époque d'étalonnage par échelon

intervalle de temps pendant lequel le coefficient de conversion dynamique est déterminé par la méthode d'étalonnage par échelon, sa limite inférieure étant égale à 0,5 fois la limite inférieure de l'époque nominale ($0,5t_{\min}$), et sa limite supérieure étant égale à 2 fois la limite supérieure de l'époque nominale ($2t_{\max}$), les deux étant évaluées depuis le début de l'échelon de tension enregistré

3.4.3

temps de montée

intervalle de temps pendant lequel la réponse à un échelon passe de 10 % à 90 % de son amplitude permanente

3.4.4

base de temps

unité de l'échelle horizontale du numériseur depuis laquelle un intervalle de temps est mesuré

3.5 Définitions relatives aux incertitudes

3.5.1

erreur

différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence (VIM 2.16)

3.5.2

incertitude (de mesure)

paramètre, associé à un résultat de mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être raisonnablement attribuées au mesurande

Note 1 à l'article: L'incertitude est positive et est donnée sans signe.

Note 2 à l'article: Il convient de ne pas confondre l'incertitude de mesure avec la tolérance de la valeur d'essai.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02, modifiée – Les notes 1 et 2 à l'article ont été modifiées et la note 3 à l'article a été supprimée]

3.5.3

incertitude-type

incertitude du résultat de mesure exprimée comme un écart-type

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.1]

3.5.4

évaluation de Type A

méthode d'évaluation d'une incertitude par analyse statistique d'une série d'observations

3.5.5

évaluation de Type B

méthode d'évaluation d'une incertitude par un moyen autre qu'une analyse statistique d'une série d'observations

3.6 Définitions relatives aux essais

3.6.1

étalonnage

ensemble des opérations établissant, en référence à des étalons, la relation qui existe, dans les conditions spécifiées, entre une indication et un résultat de mesure

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-09, modifiée – les notes à l'article ont été supprimées]

3.6.2

essai de type

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

Note 1 à l'article: Pour un système de mesure, la présente définition s'entend comme un essai effectué sur un composant ou sur un système de mesure complet de conception identique afin de le caractériser en conditions de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16, modifiée – la note 1 à l'article a été ajoutée]

3.6.3

essai individuel de série

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

Note 1 à l'article: La présente définition s'entend comme un essai effectué sur chaque composant ou sur chaque système de mesure complet afin de le caractériser en conditions de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17, modifiée – la note 1 à l'article a été ajoutée]

3.6.4

essai de détermination des caractéristiques

essai effectué sur un système de mesure complet afin de le caractériser en conditions de fonctionnement

3.6.5**contrôle des caractéristiques**

procédure simplifiée pour s'assurer que le résultat de l'essai de détermination des caractéristiques le plus récent est toujours valide

3.6.6**recueil de caractéristiques**

enregistrement détaillé, élaboré et tenu à jour par l'utilisateur, décrivant le système de mesure et contenant la preuve que les exigences mentionnées dans le présent document ont été satisfaites, et qui comporte les résultats de l'essai initial de détermination des caractéristiques et le calendrier et les résultats de chaque essai suivant de détermination des caractéristiques et de contrôle des caractéristiques

4 Conditions de fonctionnement

Les limites des conditions de fonctionnement données dans le Tableau 1 sont celles pour lesquelles le numériseur doit fonctionner et satisfaire aux exigences d'incertitude spécifiées pour cet appareil.

Tableau 1 – Conditions de fonctionnement

Condition	Plage
Environnement	
Température ambiante	5 °C à 40 °C
Humidité ambiante relative (sans condensation)	10 % à 90 %
Alimentation sur le secteur	
Tension d'alimentation	Tension assignée \pm 10 % (valeur efficace) Tension assignée \pm 12 % (valeur de crête, courant alternatif)
Fréquence d'alimentation	Fréquence assignée \pm 5 %

Toute exception aux valeurs données dans le Tableau 1 doit être clairement explicitée dans le recueil de caractéristiques, en indiquant qu'il s'agit d'une exception.

NOTE Les exigences générales concernant les essais de compatibilité électromagnétique du matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire sont décrites dans l'IEC 61326-1.

5 Étalonnage et méthodes d'essai**5.1 Étalonnage du coefficient de conversion et de la base de temps**

Le coefficient de conversion et la base de temps doivent être déterminés par:

- l'étalonnage par choc (5.2) avec deux formes d'onde couvrant l'époque nominale, ou
- l'étalonnage par échelon (5.3) avec l'essai de constance du coefficient de conversion (5.4) et l'étalonnage de la base de temps (5.5), ou
- un étalonnage par choc (5.2) avec une forme d'onde de choc dans l'époque nominale avec l'essai de constance du coefficient de conversion (5.4).

5.2 Étalonnage par choc

L'étalonnage par choc est la méthode de référence pour déterminer le coefficient de conversion dynamique des enregistreurs numériques approuvés. C'est aussi la méthode de référence pour déterminer les erreurs des paramètres temporels de choc causées par les enregistreurs numériques. Les exigences relatives aux chocs d'étalonnage de référence pour l'étalonnage

des enregistreurs numériques approuvés sont données dans le Tableau 2. Les formes d'ondes doivent être choisies dans le Tableau 2 selon le type et la polarité des chocs à tension et courant élevés pour lesquels le numériseur est approuvé. Les incertitudes des valeurs de crête et des paramètres temporels des chocs d'étalonnage appliqués doivent se trouver dans les limites du Tableau 2, et les valeurs réelles doivent être conservées dans le recueil de caractéristiques.

Le nombre de chocs d'étalonnage à appliquer doit être suffisamment élevé pour obtenir assez d'incertitudes faibles de type A pour tous les paramètres concernés.

Le coefficient de conversion dynamique représente le rapport de la valeur de crête du choc d'étalonnage d'entrée sur la valeur de crête de son choc correspondant enregistré par le numériseur. Le coefficient de conversion dynamique assigné est la moyenne des coefficients de conversion dynamiques déterminée à partir d'un ensemble de chocs d'étalonnage individuels.

L'erreur d'un paramètre temporel est la moyenne des erreurs d'un paramètre temporel déterminée à partir de chocs d'étalonnage individuels.

Cet étalonnage par choc doit être effectué sur chaque plage de chaque canal pour lequel le numériseur est approuvé.

Un enregistreur numérique peut être étalonné pour des courants de choc exponentiels (IEC 62475) et pour les chocs coupés normalisés (coupés sur la queue) utilisant le choc de foudre plein d'un générateur de choc de référence.

Tableau 2 – Exigences pour les générateurs de choc de référence

Type de choc	Paramètre mesuré	Valeur	Incertitude élargie %	Stabilité à court terme %
Tension de choc de foudre plein et coupé normalisé (coupé sur la queue)	Durée jusqu'à mi-valeur	55 μ s à 65 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Durée du front	0,8 μ s à 1,0 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
		0,8 μ s à 1,0 μ s et 1,5 μ s à 1,7 μ s	≤ 2	$\leq 0,5$
Tension de crête	Dans l'étendue de mesure affectée	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$	
Tension de choc de foudre coupé sur le front	Durée jusqu'à la coupure	0,45 μ s à 0,55 μ s	≤ 2	≤ 1
	Tension de crête	Dans l'étendue de mesure affectée	≤ 2	$\leq 0,2$
Choc de manœuvre normalisé	Durée jusqu'à la crête	200 μ s à 300 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Durée jusqu'à mi-valeur	1 000 μ s à 4 000 μ s	≤ 2	$\leq 0,2$
	Tension de crête	Dans l'étendue de mesure affectée	$\leq 0,7$	$\leq 0,2$
Courant de choc rectangulaire	Durée	0,5 ms à 3,5 ms	≤ 2	$\leq 0,5$
	Valeur de crête	Dans l'étendue de mesure affectée	≤ 2	≤ 1

La stabilité à court terme est l'écart-type d'une série d'au moins 10 chocs de sortie.

NOTE Un enregistreur numérique peut être étalonné pour des courants de choc exponentiels (IEC 62475) en utilisant soit un générateur de choc de foudre, soit un générateur de choc de manœuvre, selon ce qui correspond le mieux à la forme d'onde du courant de choc.

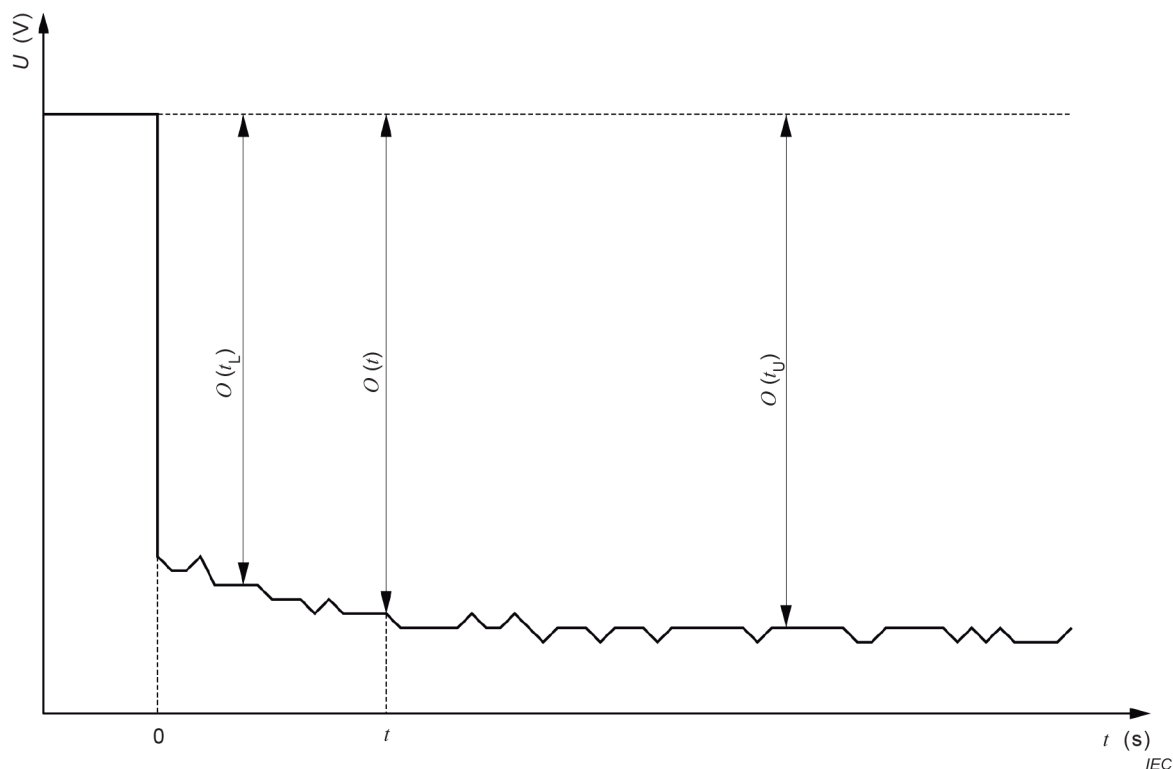
5.3 Étalonage par échelon

L'étalonnage par échelon est l'autre méthode permettant de déterminer le coefficient de conversion dynamique d'un enregistreur numérique approuvé. Afin de qualifier un numériseur approuvé pour mesurer les paramètres temporels de choc, l'essai de constance du coefficient de conversion en 5.4 et l'étalonnage de la base de temps tel que spécifié en 5.5 doivent également être effectués si l'étalonnage par choc tel que spécifié en 5.2 n'est pas réalisé.

Une tension continue V_{CAL} , avec une incertitude inférieure à 0,1 % et comprise dans l'étendue de mesure affectée de l'appareil, est appliquée en entrée et ensuite court-circuitée à la terre par un sectionneur approprié, de préférence utilisant un relais à mercure. La transition résultante au niveau zéro est enregistrée comme sortie $O(t)$ (un exemple est donné à la Figure 1) et est évaluée dans l'intervalle de temps de l'époque d'étalonnage par échelon. Un certain nombre d'enregistrements (par exemple, 10) de la réponse doivent être moyennés pour diminuer le bruit aléatoire. L'écart des valeurs d'échantillonnage $O(t)$ dans l'intervalle de temps de l'époque d'étalonnage par échelon par rapport à leur moyenne O_{sm} doit être compris dans les limites d'incertitude spécifiées pour le coefficient de conversion dynamique (IEC 60060-2:2010). La valeur de O_{sm} doit être évaluée comme la moyenne de toutes les valeurs $O(t)$ comprises dans l'époque d'étalonnage par échelon. Le coefficient de conversion dynamique est le rapport de la tension d'entrée V_{CAL} sur O_{sm} . Le temps de montée de l'échelon doit être inférieur à 10 % de la limite inférieure de l'époque d'étalonnage par échelon.

Cet étalonnage de tension doit être effectué sur chaque plage de chaque canal pour lequel le numériseur est approuvé. Cet essai doit être réalisé en utilisant les deux polarités de tension. Si les coefficients de conversion déterminés avec les deux polarités correspondent à $\pm 0,5$ %, l'étalonnage est considéré comme satisfaisant.

alors le coefficient de conversion dynamique déterminé par cette méthode est valide. Sinon, l'étalonnage par choc selon 5.2, de polarité appropriée, doit être utilisé.



t_L et t_U sont soit les limites inférieure et supérieure de l'époque d'étalonnage par échelon, soit l'intervalle de temps de l'essai de constance du coefficient de conversion (voir 5.4).

Figure 1 – Étalonage par échelon

5.4 Essai de constance du coefficient de conversion dans l'intervalle de temps

Une tension continue dans l'étendue de mesure de l'enregistreur numérique est appliquée en entrée et ensuite court-circuitée à la terre par un sectionneur approprié, de préférence utilisant un relais à mercure. La transition résultante du niveau zéro à la réponse indicielle (voir Figure 1) est enregistrée et est évaluée dans les intervalles de temps suivants:

- 0,5 t_{\min} à $T_{2\max}$ pour des chocs de foudre pleins et des courants de choc exponentiels;
- 0,5 t_{\min} à t_{\max} pour des chocs coupés sur le front;
- 0,5 T_p à $T_{2\max}$ pour des chocs de manœuvre et des courants de choc de 10/350 μs ;
- 0,5 $(T_t - T_d)$ à T_t pour des courants de choc rectangulaires;

où $T_{2\max}$ est la durée jusqu'à mi-valeur maximale pour laquelle le numériseur est approuvé pour chacun des types de chocs correspondants.

Dans ces intervalles de temps, l'amplitude de sortie $O(t)$ de la réponse indicielle enregistrée doit être constante dans les limites spécifiées dans le présent document.

Il est admis de moyenner plusieurs enregistrements de la réponse afin de diminuer le bruit aléatoire.

Le mesurage de la constance du coefficient de conversion doit être effectué pour chaque plage utilisée pour les essais.

NOTE T_1 , T_2 et T_c sont définis dans l'IEC 60060-1. t_{\min} et t_{\max} sont définis dans 3.4.1. $T_{2\max}$ est la valeur maximale de T_2 qui doit être mesurée par le numériseur approuvé.

5.5 Étalonage de la base de temps

L'étalonage de la base de temps doit être effectué si les erreurs des paramètres temporels des chocs ne sont pas déterminées par l'étalonage par choc tel que spécifié en 5.2.

L'étalonage de la base de temps doit être effectué en comparaison avec un signal rectangulaire de référence de fréquence connue. La durée du signal doit être T_2 du choc à mesurer. L'étalonage doit être effectué au cours de l'intervalle de temps d'une période complète.

5.6 Essai de non-linéarité de coefficient de conversion dynamique

L'essai doit évaluer la non-linéarité du coefficient de conversion obtenu conformément à 5.2 ou 5.3, sur les réglages de plage compris dans l'étendue ou les étendues de mesure affectées de l'enregistreur numérique. En dehors du fait qu'il constitue l'un des essais de qualification d'un numériseur approuvé, l'essai permet d'estimer la contribution de la non-linéarité à l'incertitude de mesure de la tension de crête du choc.

Les rapports de la sortie et de la tension d'entrée du numériseur doivent être obtenus avec les deux polarités de tension. La tension d'entrée doit couvrir l'étendue de mesure affectée complète. La non-linéarité du coefficient de conversion dynamique est calculée comme l'écart maximal des valeurs du rapport R_g , obtenues à différents réglages de plage b d'un canal du numériseur, par rapport au rapport moyen, R_m . L'écart maximal doit être considéré comme une estimation de type B de l'incertitude type liée à la non-linéarité du coefficient de conversion.

$$u_{B1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \max_{g=1}^b \left| \frac{R_g}{R_m} - 1 \right|$$

où

$R_1 \dots R_b$ sont des rapports, des coefficients de conversion ou des erreurs déterminés dans l'étendue de mesure affectée, par rapport à une source de tension linéaire (ou un numériseur d'un modèle différent);

R_m est la moyenne des valeurs $R_1 \dots R_b$;

b est le nombre de réglages de plage pour lesquels les rapports $R_1 \dots R_b$ sont obtenus, où le niveau de tension est soumis à l'essai pour chaque réglage de plage;

u_{B1} est l'incertitude type de type B due à la non-linéarité du coefficient de conversion dynamique.

NOTE Si une non-linéarité suffisamment basse n'est pas obtenue au moyen d'une source de tension particulière, l'utilisation d'une source de tension différente peut produire une valeur plus basse de non-linéarité du coefficient de conversion dynamique.

5.7 Niveau de bruit interne

Une tension continue dans la plage de l'enregistreur numérique doit être appliquée. Un nombre suffisant d'échantillons à tension unique doit être prélevé avec une fréquence d'échantillonnage spécifiée de façon à obtenir au moins 1 000 échantillons. L'écart-type de ces échantillons est pris au niveau de bruit interne.

5.8 Essai de perturbation

Des essais de perturbation doivent être effectués conformément à l'Annexe A du présent document.

6 Exigences pour les mesurages de choc

6.1 Exigences pour les enregistreurs numériques utilisés dans des systèmes de mesure approuvés

L'incertitude élargie d'un enregistreur numérique utilisé dans un système de mesure approuvé conformément à l'IEC 60062-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance d'au moins 95 %) à

- 2 % pour le mesurage de tension (courant) pour des tensions de chocs de foudre pleins ou coupés normalisés (coupés sur la queue), des tensions de chocs de manœuvre, des courants de choc exponentiels et des courants de choc rectangulaires;
- 3 % pour le mesurage de tension de chocs de foudre coupés sur le front;
- 4 % pour le mesurage des paramètres temporels (temps de montée, temps jusqu'à coupure, etc.) du choc.

Le numériseur peut être qualifié pour le mesurage d'un ou de plusieurs chocs, ou pour tous les types de chocs.

Ces incertitudes doivent être évaluées conformément à l'ISO/IEC Guide 98-3:2008.

NOTE L'incertitude estimée du numériseur est utilisée comme composante de l'incertitude du système de mesure complet conformément à l'IEC 60060-2 ou à l'IEC 62475.

L'enregistreur numérique doit permettre le stockage des données brutes.

6.2 Exigences individuelles

6.2.1 Généralités

Afin de rester dans les limites données en 6.1, il convient généralement de satisfaire aux limites des contributions individuelles données en 6.2. Dans certains cas, il est admissible de dépasser une ou plusieurs de ces limites à condition de démontrer par estimation conformément à l'ISO/IEC Guide 98-3:2008 que l'incertitude globale spécifiée en 6.1 n'est pas dépassée.

6.2.2 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage ne doit pas être inférieure à $30/T_x$, T_x étant l'intervalle de temps à mesurer.

NOTE $T_x = 0,6 T_1$ est l'intervalle de temps entre T_{30} et T_{90} du choc de foudre à mesurer. Pour un choc de foudre 1,2/50, la limite inférieure admise de la durée du front T_1 est 0,84 μ s. Toutefois, une fréquence d'échantillonnage d'au minimum $60 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ est normalement utilisée pour les chocs de foudre pleins et coupés sur la queue. De même, une fréquence d'échantillonnage d'au minimum $100 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ est normalement utilisée pour les chocs coupés sur le front, et une fréquence d'échantillonnage d'au minimum $1,5 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ est normalement utilisée pour le choc de manœuvre normalisé.

6.2.3 Résolution assignée

Une résolution assignée d'au moins 8 bits (0,4 % de la déviation pleine échelle) est exigée pour les essais de mesure des paramètres de choc.

NOTE Pour les essais nécessitant une analyse de spectre ou une transformation de la forme d'onde autre que le calcul des paramètres de choc, une résolution assignée d'au moins 9 bits (0,2 % de la déviation pleine échelle) est normalement utilisée.

6.2.4 Coefficient de conversion dynamique

Le coefficient de conversion dynamique déterminé par une des méthodes spécifiées en 5.1 doit être constant à 1 % dans l'époque nominale. Le coefficient de conversion dynamique, déterminé par 5.2 ou 5.3, doit être déterminé avec une incertitude élargie inférieure à 1 %. Si le coefficient de conversion dynamique est déterminé seulement par la méthode d'étalonnage par échelon spécifiée en 5.3, le niveau de réponse indicielle doit être constant à 1 % dans les intervalles de temps spécifiés en 5.4.

La non-linéarité du coefficient de conversion dynamique déterminée en 5.4 avec la méthode de tension de choc ou la méthode de tension d'échelon, comme la mesure d'une composante d'incertitude u_{B1} , ne doit pas dépasser 0,5%.

6.2.5 Erreurs des paramètres temporels

Les erreurs des paramètres temporels déterminées par l'étalonnage par choc décrit en 5.2, doivent être inférieures à:

- 3 % pour la durée du front T_1 de tous les types de chocs pertinents,
- 2 % pour la durée jusqu'à mi-valeur T_2 de tous les types de chocs pertinents,
- 3 % pour la durée jusqu'à la coupure T_c de la tension de choc de foudre coupé normalisé (coupé sur la queue),
- 5 % pour la durée jusqu'à la coupure T_c de la tension de choc de foudre coupé sur le front,
- 3 % pour le temps de crête T_p de la tension de choc de manœuvre,
- 3 % pour T_d et T_t pour le courant de choc rectangulaire.

Si l'étalonnage par choc tel que spécifié en 5.2 n'est pas effectué, le numériseur est approuvé pour le mesurage des paramètres temporels s'il satisfait à l'exigence de constance du coefficient de conversion dynamique spécifiée en 6.2.4 et à l'exigence d'erreur de la base de temps spécifiée en 6.2.6.

6.2.6 Erreur de la base de temps

La valeur maximale des erreurs de la base de temps telle que mesurée en 5.5 doit être inférieure à 0,1 %. L'écart-type relatif maximal de la moyenne mesurée des valeurs des durées doit être inférieur à 10 %.

6.2.7 Temps de montée

Le temps de montée ne doit pas être supérieur à 3 % de T_x , T_x étant l'intervalle de temps à mesurer.

6.2.8 Tension perturbatrice

L'amplitude maximale de toute variation de la valeur de base au cours des essais de perturbation spécifiés dans l'Annexe A doit être inférieure à 1 % de la déviation pleine échelle dans les plages utilisées pour les essais de choc.

NOTE Un essai de perturbation pour le système de mesure des chocs complet est spécifié dans l'IEC 60060-2.

6.2.9 Longueur d'enregistrement

La longueur d'enregistrement doit être suffisamment longue pour permettre l'évaluation des paramètres exigés (par exemple, T_2 ou T_p) ou l'observation d'un phénomène spécifique.

6.2.10 Impédance d'entrée

La résistance d'entrée et la capacité du numériseur doivent être indiquées avec leurs incertitudes.

6.2.11 Niveau de bruit interne

Le niveau de bruit interne (valeur efficace) doit être inférieur à 0,4 % de la déviation pleine échelle pour les mesurages des paramètres de forme d'onde, et inférieur à 0,1 % pour les autres applications.

NOTE Le niveau de bruit affecte l'évaluation de la valeur extrême du choc de foudre ou la valeur de crête du choc de manœuvre, ainsi que l'évaluation des paramètres temporels.

6.2.12 Étendue de mesure affectée

Les limites inférieure et supérieure de l'étendue de mesure affectée doivent être établies en prouvant que les performances du numériseur satisfont aux exigences de 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5, et 6.2.6 lorsqu'il est utilisé dans la plage des limites.

6.3 Exigences pour les enregistreurs numériques utilisés dans les systèmes de mesure de référence

6.3.1 Exigences générales

Ces appareils sont utilisés dans les systèmes de mesure de référence spécifiés dans l'IEC 60060-2 pour l'étalonnage par des mesurages comparatifs des systèmes de mesure approuvés. Les paramètres de crête et de temps sont généralement déterminés comme la moyenne d'au moins 10 mesurages. L'incertitude globale d'un enregistreur numérique utilisé dans un système de mesure de référence conformément à l'IEC 60062-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance d'au moins 95 %) à

- 0,7 % pour le mesurage de la tension (du courant) de crête pour des chocs de foudre pleins ou coupés normalisés (coupés sur la queue), des chocs de manœuvre et des chocs rectangulaires;
- 2 % pour le mesurage de tension de crête de chocs de foudre coupés sur le front;
- 2 % pour la durée de front T_1 de tous les types de chocs pertinents;
- 1,5 % pour la durée jusqu'à mi-valeur T_2 de tous les types de chocs pertinents;
- 2 % pour la durée jusqu'à la coupure T_c de la tension de choc de foudre coupé normalisé (coupé sur la queue);
- 4 % pour la durée jusqu'à la coupure T_c de la tension de choc de foudre coupé sur le front;
- 2 % pour le temps de crête T_p de la tension de choc de manœuvre;
- 2 % pour T_d et T_t pour le courant de choc rectangulaire.

6.3.2 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage ne doit pas être inférieure à $60/T_x$, T_x étant l'intervalle de temps à mesurer.

6.3.3 Résolution assignée

Une résolution assignée d'au moins 9 bits (avec une amplitude de crête d'au moins 20 % de la déviation pleine échelle) est exigée pour les essais concernant les paramètres de choc qui doivent être évalués.

6.3.4 Erreur de la base de temps

La valeur maximale des erreurs de la base de temps telle que mesurée en 5.5 doit être inférieure à 0,1 %. L'écart-type relatif maximal de la moyenne mesurée des valeurs des durées doit être inférieur à 10 %.

6.3.5 Temps de montée

Le temps de montée ne doit pas être supérieur à 2 % de T_x , T_x étant l'intervalle de temps à mesurer.

6.3.6 Tension perturbatrice

L'amplitude maximale de toute variation de la valeur de base au cours des essais de perturbation spécifiés dans l'Annexe A doit être inférieure à 0,5 % de la déviation pleine échelle dans les plages utilisées pour les essais de choc.

6.3.7 Longueur d'enregistrement

La longueur d'enregistrement doit être suffisamment longue pour permettre l'évaluation des paramètres exigés (par exemple, T_2 ou T_P) ou l'observation d'un phénomène spécifique.

6.3.8 Niveau de bruit interne

Le niveau de bruit interne (valeur efficace) doit être inférieur à 0,4 % de la déviation pleine échelle pour les mesurages des paramètres de forme d'onde, et inférieur à 0,1 % pour les autres applications.

6.3.9 Coefficient de conversion

- Le coefficient de conversion dynamique de l'enregistreur transitoire doit être déterminé avec une incertitude élargie inférieure ou égale à 0,5 %.
- Le coefficient de conversion dynamique doit être constant à 0,5 % dans les intervalles de temps spécifiés en 5.4.

6.4 Essais

6.4.1 Généralités

Pour satisfaire aux exigences du présent document, l'enregistreur numérique doit subir les essais spécifiés dans le Tableau 3.

Tous les équipements d'étalonnage doivent offrir une traçabilité, directe ou indirecte, par rapport aux étalons internationaux ou nationaux. Les procédures d'étalonnage doivent être enregistrées.

Tableau 3 – Essais exigés pour les enregistreurs numériques approuvés

Type d'essai	Réussite/ échec	Référence à la méthode d'essai	Référence à l'exigence d'essai		Classification d'essai			
			Enregistrement complet à une plage d'entrée	Enregistrement complet à chaque plage d'entrée	Essai de type	Essai individuel de série	Essai de détermi- nation des caracté- ristiques	Contrôle des caracté- ristiques
Coefficient de conversion dynamique et base de temps		5.1		6.2.4		X	X	X
Non-linéarité de coefficient de conversion		5.6		6.2.4		X	X	X
Temps de montée	X	3.4.3		6.2.7	X			
Niveau de bruit interne	X	5.7	6.2.11		X			
Essai de perturbation	X	5.8, Annexe A	6.2.8		X			

6.4.2 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués sur un enregistreur numérique d'un modèle. Ces essais de type doivent être effectués par le constructeur de l'enregistreur numérique. Si les résultats des essais de type ne sont pas disponibles auprès du constructeur, l'utilisateur doit prévoir de réaliser ces essais pour vérifier l'équipement.

6.4.3 Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être effectués sur chacun des enregistreurs numériques. Ces essais doivent être effectués par le constructeur de l'enregistreur numérique. Si les résultats des essais individuels de série ne sont pas disponibles auprès du constructeur, l'utilisateur doit prévoir de réaliser ces essais pour vérifier l'équipement.

Les essais individuels de série doivent également être effectués après toute réparation de l'enregistreur numérique.

6.4.4 Essais de détermination des caractéristiques

Les essais de détermination des caractéristiques (étalonnage) doivent être effectués sur chaque nouvel enregistreur numérique. L'intervalle entre les essais de détermination des caractéristiques doit être fondé sur l'évaluation de la stabilité passée de l'appareil. Il est recommandé de répéter l'essai de détermination des caractéristiques annuellement mais l'intervalle maximal ne doit pas excéder cinq ans.

Un essai de détermination des caractéristiques doit être effectué après toute réparation importante sur l'appareil.

Un essai de détermination des caractéristiques de l'appareil est également exigé si les contrôles des caractéristiques de l'appareil indiquent que le coefficient de conversion dynamique a varié de plus de 1 %.

6.4.5 Contrôles des caractéristiques

Les contrôles des caractéristiques de l'appareil sont exigés uniquement si leur réalisation sur le système de mesure complet indique que le coefficient de conversion dynamique assigné a varié de manière significative.

Ces contrôles doivent être effectués pour chaque réglage de l'appareil qui doit être utilisé lors des essais de choc. Ces contrôles doivent inclure un éventuel atténuateur extérieur s'il n'a pas été étalonné par diviseur ou shunt.

7 Exigences pour les voltmètres de crête

L'incertitude élargie globale d'un voltmètre de crête utilisé dans un système de mesure approuvé conformément à l'IEC 60062-2 ne doit pas être supérieure (pour un niveau de confiance supérieur à 95 %, voir l'Annexe A et l'Annexe B de l'IEC 60060-2:2010) à

- 2 % pour le mesurage de la valeur extrême des tensions de chocs de foudre pleins ou coupés normalisés (coupés sur la queue);
- 2 % pour la valeur de crête des tensions de chocs de manœuvre, des courants de choc exponentiels et des courants de choc rectangulaires.

NOTE Les voltmètres de crête mesurent la valeur extrême (U_e) et ne satisfont pas aux exigences relatives au mesurage de la tension d'essai (U_t) des chocs de foudre normalisés, de la tension de crête des chocs de foudre coupés sur le front ou des paramètres temporels.

8 Incidences d'incertitude pour les systèmes de mesure complets

Les valeurs d'incertitude déterminées dans les essais spécifiés dans le présent document servent deux objectifs. Le premier est d'établir les limites d'incertitude de mesure de l'enregistreur numérique approuvé. Le second est de permettre l'estimation des incertitudes de mesure d'un système de mesure complet comme cela est spécifié dans d'autres normes internationales associées, comme l'IEC 60060-2 et l'IEC 62475, avec les valeurs d'incertitude de l'enregistreur numérique comme des composantes d'incidence nécessaires.

L'inclusion des incertitudes d'un numériseur de choc approuvé en tant que composantes dans les incertitudes composées d'un système de mesure complet doit suivre la procédure spécifiée dans les normes appropriées au système de mesure complet, comme l'IEC 60060-2 et l'IEC 62475.

9 Recueil de caractéristiques

Le recueil de caractéristiques doit inclure les informations suivantes (si applicable).

- a) caractéristiques nominales
 - 1) identification (numéro de série, type, etc.),
 - 2) résolution assignée,
 - 3) plage de fréquences d'échantillonnage,
 - 4) longueur d'enregistrement maximale,
 - 5) capacités de déclenchement,
 - 6) valeurs des tensions maximale et minimale d'entrée,
 - 7) impédance d'entrée,
 - 8) types de formes d'onde,
 - 9) durée de préchauffage,
 - 10) plage des conditions de fonctionnement,
- b) résultats des essais de type,
- c) résultats des essais individuels de série,
- d) essais de détermination des caractéristiques
 - 1) date et heure de chaque essai de détermination des caractéristiques,

- 2) résultats de chaque essai de détermination des caractéristiques,
- e) contrôle des caractéristiques
 - 1) date et heure de chaque contrôle des caractéristiques,
 - 2) résultat – réussite/échec (si échec, noter l'action entreprise).

NOTE Le recueil de caractéristiques de l'appareil de mesure peut faire partie du recueil de caractéristiques du système de mesure.

Annexe A (normative)

Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à tension et courant élevés

A.1 Généralités

Le blindage d'appareils à usage général peut ne pas être adapté à leur utilisation dans des laboratoires et des champs d'essai à tension et courant élevés. Les perturbations peuvent être induites par un champ électromagnétique transitoire ou conduites par les fils de mesure ou d'alimentation.

Les perturbations peuvent atteindre des niveaux élevés, particulièrement dans le cas de signaux tels que des contournements ou des claquages. Même si de tels événements ne concernent habituellement pas les mesurages à proprement parler, les appareils doivent pouvoir supporter de telles contraintes.

Les exigences suivantes relatives aux appareils et aux précautions à prendre réduisent ces perturbations.

A.2 Précautions

A.2.1 Blindage électromagnétique

Les perturbations dues aux champs électromagnétiques pénétrant directement dans l'enregistreur peuvent être réduites en plaçant l'appareil dans une cage de Faraday ayant une atténuation suffisante dans la plage de fréquences concernée. Une telle cage de Faraday est constituée de parois métalliques assurant une conduction des joints fixes et mobiles. Cette cage peut être une salle de commande blindée ou un blindage de l'appareil. Le blindage de l'appareil peut comprendre deux parties: un blindage à haute efficacité (entourant complètement l'appareil) nécessaire à l'enregistrement ou l'affichage en temps réel du signal, l'autre pour accéder au calculateur, à la table traçante et à l'imprimante fonctionnant après l'enregistrement.

A.2.2 Réduction des perturbations conduites par l'alimentation

Les perturbations conduites par l'alimentation peuvent être réduites par l'insertion d'un filtre (plage réelle de quelques dizaines de kHz à plusieurs dizaines de MHz). Il convient d'utiliser, entre l'appareil et l'alimentation, un transformateur d'isolement avec une faible capacité entre enroulements.

A.2.3 Réduction des perturbations sur la ligne de signal

Les perturbations dues au courant circulant dans l'écran du câble de mesure peuvent être réduites par une mise à la terre appropriée du côté du diviseur, par l'utilisation d'un câble triaxial dont l'écran extérieur est relié à la terre aux deux extrémités, et/ou par protection du câble par un conduit métallique relié à la terre à ses deux extrémités. Il convient de relier les écrans internes et externes côté entrée. Les perturbations peuvent aussi être réduites en évitant les boucles entre le câble de mesure et les mises à la terre.

Les perturbations dues aux différences de potentiel induites ou appliquées entre les bornes du câble de mesure peuvent être réduites en utilisant une tension d'entrée ou un courant d'entrée aussi élevé que possible, c'est-à-dire en utilisant l'appareil sur sa plage maximale ou en insérant un atténuateur externe entre le câble de réception et l'appareil.

A.2.4 Transmission optique du signal

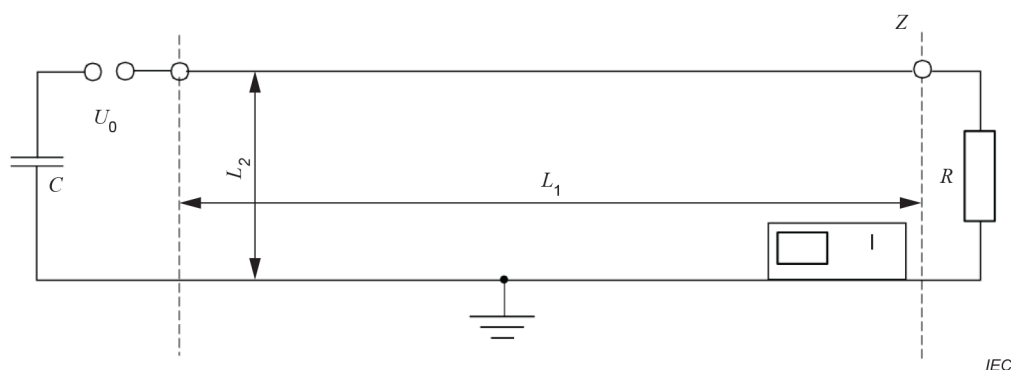
La transmission optique du signal (analogique ou numérique) peut être utilisée pour réduire les perturbations si les caractéristiques de la liaison optique permettent de respecter les exigences de l'IEC 60060-2.

A.3 Essais avec des champs électromagnétiques transitoires induits

L'appareil sans câble de mesure, y compris l'éventuel blindage complémentaire, doit être soumis à une variation rapide des champs électriques et magnétiques représentative de ceux produits par les circuits d'essai à tension et courant élevés. Les essais dans ces types de laboratoires ont montré des champs jusqu'à 100 kV/m et 1 000 A/m.

Ces champs peuvent être obtenus par la décharge d'un condensateur dans un éclateur comme représenté à la Figure A.1.

Pour les essais avec champ électrique, la ligne raccordée au condensateur doit être terminée par son impédance d'onde ($R = Z$). Pour les essais avec champs magnétiques, la ligne raccordée au condensateur doit être court-circuitée ($R = 0$). Les caractéristiques transitoires correspondantes sont déterminées par les paramètres du circuit d'essai: pour la tension, un échelon dont le temps de montée est de l'ordre de 50 ns et, pour le courant, une oscillation amortie de fréquence de l'ordre de 0,5 MHz.



Composants

I appareil placé en bout de ligne

Z impédance caractéristique: $C = 20 \text{ nF}$; $L_1 = 5 \text{ m}$; $L_2 = 1 \text{ m}$

Pour l'essai avec champ électrique, $U_0 = 40 \text{ kV}$ ($R = Z$)

Pour l'essai avec champ magnétique, $U_0 = 100 \text{ kV}$ ($R = 0$)

Figure A.1 – Application des champs électrique et magnétique

NOTE Un éclateur à sphère immergé dans l'huile ou dans un gaz comprimé peut être utilisé pour vérifier les appareils employés pour les essais de choc. Les transitoires correspondants en tension et en courant présentent respectivement un temps de montée plus court (quelques nanosecondes) et une fréquence d'oscillation initiale plus élevée (quelques dizaines de mégahertz).

Ces essais ne sont pas applicables si l'appareil fonctionne dans une zone correctement blindée (par exemple, une salle de commande blindée).

Bibliographie

IEC 60050-151:2001, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-311:2001, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 311: Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Termes généraux concernant les mesures* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 60050-313:2013, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 313: Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Types d'appareils électriques de mesure* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

IEC 61326-1, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 1: Exigences générales*

IEC Guide 108, *Guidelines for ensuring the coherence of IEC publications – Horizontal functions, horizontal publications and their application* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch