

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests –
Part 3: Requirements for hardware for tests with alternating and direct voltages and currents**

**Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à haute tension et à courant élevé –
Partie 3: Exigences relatives au matériel pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

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 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests –
Part 3: Requirements for hardware for tests with alternating and direct voltages and currents**

**Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à haute tension et à courant élevé –
Partie 3: Exigences relatives au matériel pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 19.080

ISBN 978-2-8322-9037-8

**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	8
3.1 Digital recording instruments.....	8
3.2 Rated values.....	9
3.3 Factors	9
3.4 Dynamic performance	9
3.5 Uncertainties.....	11
3.6 Tests	12
4 Operating conditions.....	12
5 Calibration and test methods	13
5.1 Applicability	13
5.2 Qualification of digital recording instruments.....	13
5.3 Requirements for reference generators	13
5.4 Available methods for qualification of digital recording instruments.....	13
5.5 Calibration	14
5.6 Alternative test methods	14
5.6.1 General	14
5.6.2 Test of the rise time, step response	14
5.6.3 Internal noise level	14
5.6.4 Interference test	14
5.6.5 Reading rate.....	14
5.7 Uncertainty contribution	15
5.8 Input impedance	15
6 Requirements for AC and DC measurements.....	15
6.1 Requirements for digital recording instruments used in approved measuring systems	15
6.2 Individual requirements.....	15
6.2.1 General	15
6.2.2 Scale factor	15
6.2.3 Sampling rate	15
6.2.4 Rated resolution	16
6.2.5 Rise time (bandwidth).....	16
6.2.6 Noise level.....	16
6.2.7 Interference	16
6.2.8 Non-linearity of amplitude.....	16
6.2.9 Record length of digital recording instruments	16
6.3 Requirements for digital recording instruments used in reference measuring systems	16
6.4 Tests	17
6.4.1 General	17
6.4.2 Type tests.....	17
6.4.3 Routine tests	17
6.4.4 Performance tests	17
6.4.5 Performance checks	18

7	Uncertainty contributions for complete measuring systems	18
8	Record of performance	18
Annex A (normative) Electromagnetic interference in high-voltage and high-current laboratories and test fields		
A.1	General.....	19
A.2	Precautions.....	19
A.2.1	Electromagnetic shielding.....	19
A.2.2	Reduction of conducted interference from the supply line	19
A.2.3	Reduction of interference on the signal line	19
A.2.4	Signal transmission by optical means	20
A.3	Tests with transient induced electromagnetic fields.....	20
A.4	Tests with current injection	20
Annex B (informative) Electromagnetic interference in high-voltage and high-current laboratories and test fields – Recommendations for digital recording instruments		
Annex C (informative) Procedure to determine the non-linearity of amplitude of sampling instruments		
Annex D (informative) Examples and considerations.....		
D.1	Suggested requirements for digital recording instruments for AC and DC voltage measurements	26
D.1.1	Test cases	26
D.1.2	Background	27
D.1.3	Recommendations for digital recording instruments for AC testing (up to 60 Hz without consideration of harmonics).....	27
D.1.4	Recommendations for digital recording instruments for DC testing (without consideration of ripple).....	27
D.1.5	Recommendations for digital recording instruments for AC and DC testing under consideration of harmonics or superimposed or combined voltages.....	27
D.2	Examples of relevant voltage and current characteristics to be measured	27
D.3	Determination of the necessary rise time of instruments	29
D.4	Considerations regarding the large variety of AC and DC measurements	30
Bibliography.....		
Figure 1 – Integral non-linearity $s(k)$ at code k		
Figure 2 – Non-linearity $d(k)$ and code bin width $w(k)$ under DC conditions		
Figure A.1 – Application of electric and magnetic fields.....		
Figure A.2 – Current injection into the shield of the cable		
Figure C.1 – Digitalization of a sinusoidal waveform with a 4 bit A/D converter		
Figure C.2 – Ideal code distribution of a sinusoidal waveform digitized by a 4 bit A/D converter		
Figure C.3 – Example of a non-ideal measurement of ideal sinusoidal waveform		
Figure C.4 – Example of the determination of the differential non-linearity		
Table 1 – Operating conditions		
Table 2 – Tests required for digital recording instruments		
Table B.1 – Increased immunity levels suggested for digital recording instruments used in high-voltage environments.....		
Table D.1 – Relevant voltages and currents.....		

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSTRUMENTS AND SOFTWARE USED FOR MEASUREMENT
IN HIGH-VOLTAGE AND HIGH-CURRENT TESTS –**
**Part 3: Requirements for hardware for tests with alternating
and direct voltages and currents**

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 61083-3 has been prepared by IEC technical committee 42: High-voltage and high-current test techniques.

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

FDIS	Report on voting
42/380/FDIS	42/387/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 parts in the IEC 61083 series, published under the general title *Instruments and software used for measurement 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. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

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

INTRODUCTION

The electric power industry requires standardized tools to provide confidence in testing results, and to prove equivalence between tests performed in different laboratories and test fields.

This part of IEC 61083 specifies requirements for the performance of digital recording instruments used for tests with alternating and direct voltages and currents.

The intention of this document is to provide recommendations on the digital recording instruments to be used in tests with alternating and direct voltages and currents.

Digital recording instruments are considered as black boxes (including hardware, firmware, and software). They are characterized for their intended application by physical calibration with the waveforms needed for that application.

This document does not apply to simple analogue or digital meters that do not have recording capability.

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

Part 3: Requirements for hardware for tests with alternating and direct voltages and currents

1 Scope

This part of IEC 61083 is applicable to digital recording instruments used for measurements during tests with high alternating and direct voltages and currents. It specifies the measuring characteristics and calibrations required to meet the measuring uncertainties and procedures specified in the relevant IEC standards (e.g. IEC 60060-1, IEC 60060-2, IEC 60060-3, IEC 62475, IEC 61180).

This document is applicable to those digital recording instruments that will be designed and type tested according to this document.

This document

- defines performance requirements for digital recording instruments used during tests with alternating voltages and currents (AC) or direct voltages and currents (DC);
- specifies the necessary requirements for such instruments to ensure their suitability for use under the relevant standards;
- establishes the tests and procedures necessary to demonstrate their compliance;
- defines the terms related to digital recording instruments with recording function and access to raw data.

NOTE Examples of relevant alternating and direct voltages and currents to be measured are listed in Annex D.

This International Standard has the status of a horizontal standard in accordance with IEC Guide 108.

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

IEC 61180, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Definitions, test and procedure requirements, test equipment*

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 measurement (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 Digital recording instruments

3.1.1

approved instrument

measuring device that is shown to comply with the requirements set out in IEC 61083-3

3.1.2

digital recording instrument

device with digital output capability of the recorded input

Note 1 to entry: This definition includes digital recorders, digital oscilloscopes, digital peak voltmeters and other digital recording instruments if applicable.

Note 2 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.

3.1.3

assigned measurement range

range of input voltage for which the digital recording instrument can be used within the uncertainty limits given in IEC 61083-3

3.1.4

output

displayed (in any way) value of a digital recording instrument at a specific instant or the numerical value of a digital recording instrument recorded at a specific instant

3.1.5

full-scale deflection

minimum input value, which produces the nominal maximum output of the digital recording instrument in the specified range

3.1.6

offset

output of a digital recording instrument for zero input

3.1.7

raw data

original record of sampled and quantized information obtained when a digital recording instrument 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

test duration

range of a time interval in which the measurement is done

3.1.9

reading rate

rate with which the instrument displays or stores the readings of the measured AC or DC voltage or current

Note 1 to entry: In sampling instruments, readings are calculated e.g. by averaging (DC) or by calculating the RMS value (AC) of several samples.

3.2 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, defined as

$$r = 2^{-N}$$

3.2.2 sampling rate

number of samples taken per unit of time

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 an instrument is first switched on to when an instrument meets operational requirements

3.3 Factors

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: 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 non-linearity of amplitude

deviation of the actual output of a digital recording instrument from the nominal value, which is determined by dividing the input voltage or input current by the scale factor

Note 1 to entry: The static non-linearity for a DC input voltage or current is different from the non-linearity under dynamic conditions.

3.3.4 peak factor

numerical value calculated from the peak value divided by the RMS value of a measurement

3.4 Dynamic performance

3.4.1 integral non-linearity

$s(k)$

difference between corresponding points on the measured quantization characteristic and on the ideal quantization characteristic that is based on the static scale factor

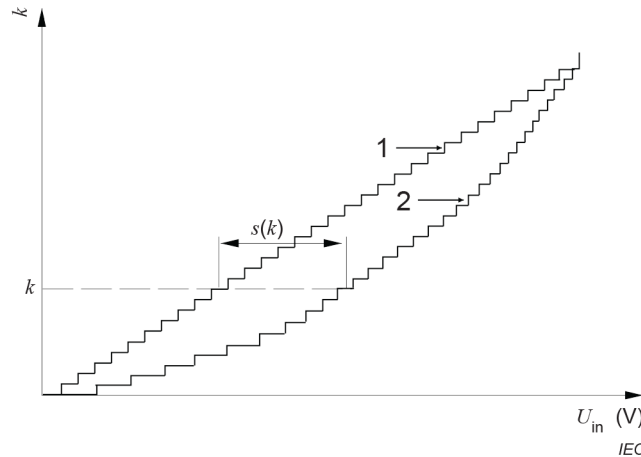
SEE: Figure 1.

**3.4.2
quantization characteristic**

characteristic showing the relationship between the output of the digital recording instrument and the direct voltage on the input which produces this output

SEE: Figure 1.

Note 1 to entry: The average slope of the quantization characteristic is equal to the reciprocal of the static scale factor of the A/D converter.



Curve 1: Quantization characteristic of an ideal 5-bit digital recording instrument.

Curve 2: Quantization characteristic of a non-linear 5-bit digital recording instrument (the low resolution of 5 bits has been chosen to clarify the illustration).

Figure 1 – Integral non-linearity $s(k)$ at code k

**3.4.3
code k**

integer used to identify a digital level

**3.4.4
code bin width**

$w(k)$
range of input voltage or input current allocated to code k

SEE: Figure 2.

**3.4.5
average code bin width**

w_0
product of the full-scale deflection and the rated resolution

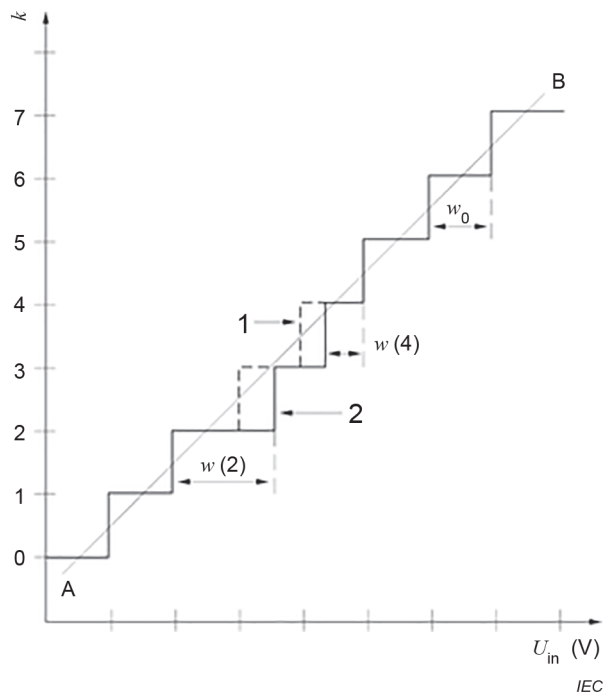
SEE: Figure 2.

Note 1 to entry: The average code bin width is approximately equal to the static scale factor.

**3.4.6
differential non-linearity**

$d(k)$
difference between a measured code bin width $w(k)$ for code k and the average code bin width w_0 divided by the average code bin width w_0

$$d(k) = \frac{w(k) - w_0}{w_0}$$



Curve 1: Quantization characteristic of an ideal 3-bit digital recording instrument.

Curve 2: Quantization characteristic of a 3 bit digital recording instrument showing large $d(k)$ at codes $k = 2, 3$ and 4.

Line AB: A straight line joining the midpoints of the code bins of an ideal instrument (the low resolution of 3 bits has been chosen to clarify the illustration).

Figure 2 – Non-linearity $d(k)$ and code bin width $w(k)$ under DC conditions

3.4.7

rise time

t_R

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

3.4.8

time base

unit of the digital recording instrument horizontal scale against which a time interval is measured

3.5 Uncertainties

3.5.1

uncertainty

parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes 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.

3.5.2

standard uncertainty

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

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

3.6 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 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 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 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

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 IEC 61083-3 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 digital recording instrument 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.

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 Applicability

A digital recording instrument may be qualified for all requirements in this document, or for a suitable subset.

5.2 Qualification of digital recording instruments

Digital recording instruments for measurement of high voltage and/or high current are qualified by comparative measurements against known reference systems traceable to national standards, proving both requirements on accuracy and dynamic performance.

Qualifications are performed both as type tests performed once for each type of instrument and routine tests performed once for each instrument, and calibrations are performed regularly on each instrument.

For electromagnetic interference tests in high-voltage and high-current laboratories and test fields, see recommendations in Annex B.

5.3 Requirements for reference generators

A reference waveform generator is only necessary for calibration when the digital recording instrument contains a measurement device which is to be used as a reference instrument (see 6.3). Otherwise any waveform generator can be used if it fulfils general requirements for amplitude and frequency stability and noise.

NOTE An approved waveform generator can be considered qualified if the amplitude and the frequency are stable within 0,1 % of output and the noise is < 1 % of output.

5.4 Available methods for qualification of digital recording instruments

Calibration (scale factor determination) (5.5),

Dynamic performance tests (5.6.2),

Internal noise (5.6.3),

Interference tests (5.6.4),

Displaying performance (5.6.5).

5.5 Calibration

Calibration is the preferred method to establish the scale factor of approved digital recording instruments. It is also the preferred method to check the time parameter determination from the records of digital recording instruments. The actual values shall be entered in the record of performance.

In the case of direct voltages and currents (DC) the polarity of the calibration signal shall be that of the signal to be measured.

The output of a digital recording instrument corresponding to the applied calibration signal shall be evaluated for a sufficient number of values in each measurement range. The scale factor is the average of the values of the quotient of the input value and the output value. Different scale factors may be determined for different voltage and current parameters or for different waveform frequencies (e.g. peak values and derivations, RMS values).

The relevant frequency and time parameters of records shall be evaluated and compared with traceable reference values.

The calibration shall be performed on each range of use for tests. A calibration curve or table of scale factors may be developed to reduce the effects of non-linear converter characteristics.

5.6 Alternative test methods

5.6.1 General

Alternative test methods shall be applied if a calibration according to 5.5 is not possible. While the calibration is the recommended method, such test methods may be used if the type of instrument does not allow a calibration or they may be used in addition to the calibration.

5.6.2 Test of the rise time, step response

Apply a step with a rise time, which is less than 20 % of the specified rise time limit (see 6.2.5) required for the application. Measure the rise time of the output as the time from 10 % to 90 % of the settling level. The amplitude of the applied step shall be (95 ± 5) % of the full-scale deflection.

This rise time shall be determined at least at 5 levels (preferably with a constant quotient between levels, e.g. 1, 2, 5, 10 sequence), over the operating range.

NOTE A standard waveform generator up to a few kHz can be used for this task since usually the test frequencies are below 400 Hz (see Clause D.1).

5.6.3 Internal noise level

A direct voltage within the range of the digital recording instrument shall be applied.

Enough records shall be taken at a specified sampling rate to acquire at least 10 samples. The standard deviation of these samples is taken as the internal noise level.

5.6.4 Interference test

Annex A gives the requirements for interference tests.

5.6.5 Reading rate

The reading rate shall be sufficient to catch the voltage preceding the breakdown with required accuracy during tests.

NOTE The reading rate is not the sampling rate.

5.7 Uncertainty contribution

The manufacturer shall provide uncertainty estimates for quantities relevant to the intended application. The uncertainty contributions can then be used to evaluate the uncertainty according to IEC 60060-2, IEC 62475, IEC 61180 and IEC 61083-4¹.

5.8 Input impedance

Depending on the type of measuring system used, the input impedance of the instrument may influence the scale factor and response of a measuring system. For this reason, the input impedance of the digital recording instrument (resistance and capacitance) shall be stated.

6 Requirements for AC and DC measurements

6.1 Requirements for digital recording instruments used in approved measuring systems

The expanded uncertainty contribution for a measurement by digital recording instruments according to this document and used in an approved measuring system according to IEC 60060-2, IEC 61180 and IEC 62475, shall not be more than (at a confidence level of not less than 95 %)

- 1 % in the voltage (current) measurement,
- 1 % in the measurement of the time and frequency parameters.

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

NOTE The estimated uncertainty of the digitizer is used as a component of uncertainty of the complete measurement system according to IEC 60060-2, IEC 61180 or IEC 62475.

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, one or more of these limits may be exceeded provided the permitted overall uncertainty specified in 6.1 is not exceeded.

6.2.2 Scale factor

The scale factor shall be constant within ± 1 % over the time intervals or frequency range and shall be determined with an uncertainty of not more than 1 %.

6.2.3 Sampling rate

The sampling rate after signal processing shall be high enough for capturing the peak value with the required uncertainty (see Clause D.1).

The above requirement is met usually when the sampling rate is not less than N/T where N is the number of samples per period of the highest harmonic and T is the cycle duration of the highest harmonic to be measured with the specified uncertainty U_{SR} . N is given by $\pi/\arccos(1-U_{SR})$.

NOTE For a measurement with an uncertainty U_{SR} of 1 %, N will be 23 samples per period. This leads for AC ($f = 50$ Hz, without harmonics) to a minimal sampling rate = 1,2 kS/s and for AC ($f = 60$ Hz, without harmonics) to a minimal sampling rate = 1,4 kS/s.

¹ Under preparation. Stage at the time of publication IEC ACD 61083-4:2020.

For a measurement of an AC signal with up to 7th harmonics and with an uncertainty U_{SR} of 0,3 %, N will be 284 samples per period. This leads for AC ($f = 50$ Hz) to a minimal sampling rate = 14,2 kS/s and for AC ($f = 60$ Hz) to a minimal sampling rate = 17,0 kS/s.

6.2.4 Rated resolution

The rated resolution required depends on the parameters to be measured and the required uncertainty (see Clause D.1).

6.2.5 Rise time (bandwidth)

The necessary rise time of a digital recording instrument depends on the uncertainty requirements (6.1) and this relates directly to the analogue bandwidth of the digital recording instrument. The rise time t_R shall not be more than $1/(18 \cdot f_{MAX})$ where f_{MAX} is the highest frequency contained in the signal to be measured with an uncertainty of not more than 1 %. For more information refer to Clause D.3.

6.2.6 Noise level

The internal noise level shall be < 0,1 % of the low end of the specified measurement range for normal use.

6.2.7 Interference

The digital recording instrument (or the digital recording instrument and a suitable screening arrangement) is considered to be suitable for the electromagnetic environment if it fulfils the following requirements for electromagnetic compatibility.

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 tests.

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

6.2.8 Non-linearity of amplitude

The dynamic integral non-linearity and the differential non-linearity, for both static and dynamic tests, shall be so that the requirements of 6.1 are achieved. A procedure to determine the non-linearity of amplitude is shown in Annex C.

NOTE The requirements of 6.1 might be achieved when the dynamic integral non-linearity is within $\pm 0,5$ % of full-scale deflection and the differential non-linearity is within $\pm 0,8 w_0$.

6.2.9 Record length of digital recording instruments

The record length shall be sufficiently long to allow the required parameter to be evaluated or a specific phenomenon to be observed (see Clause D.1).

6.3 Requirements for digital recording instruments used in reference measuring systems

Reference digital recording instruments are used in reference measuring systems specified in IEC 60060-2 for the calibration of approved measuring systems by comparison measurements. The overall uncertainty of digital recording instruments used in a reference measuring system according to IEC 60060-2 shall not be more than (at a confidence level of not less than 95 %):

- 0,3 % in the voltage (current) measurement;
- 0,3 % in the frequency measurement (if applicable).

No other individual requirements are necessary. All requirements of 6.2 apply.

6.4 Tests

6.4.1 General

The tests required for digital recording instruments are shown in Table 2.

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

Table 2 – Tests required for digital recording instruments

Type of test	Pass/fail	Refer-ence 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	Perform-ance test	Perform-ance check
Dynamic integral and differential non-linearity ^a	X		6.2.8		X			
Scale factor, linearity		5.5		6.2.2		X	X	X
Rise time (bandwidth)	X	5.6.2		6.2.5	X			
Internal noise level	X	5.6.3		6.2.6	X			
Interference (EMC)	X	5.6.4		6.2.7	X			
Reading rate ^a		5.6.5	X ^b		X			
^a If applicable.								
^b No special requirements are given in this document.								

6.4.2 Type tests

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

6.4.3 Routine tests

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

Routine tests shall also be carried out after repair or modification of the digital recording instruments.

6.4.4 Performance tests

Performance tests (calibration) shall be performed on each new digital recording instrument and be repeated once a year. The date and results of each performance test shall be recorded in the record of performance.

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

6.4.5 Performance checks

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

Performance checks shall be made for each setting of the digital recording instrument that is to be used in the tests.

7 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 recording instrument. 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 recording instrument as necessary contribution components.

Inclusion of uncertainties of an approved digital recording instrument as a component 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.

8 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) value of the maximum and minimum input voltage,
 - 7) input impedance,
 - 8) type 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 digital recording 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 like flashovers or breakdowns. While such events are normally not a concern of the actual measurement, it shall be ensured that the digital recording instruments can handle such stress.

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

A.2 Precautions

A.2.1 Electromagnetic shielding

Interference due to electromagnetic fields penetrating directly into the digital recording instrument may be reduced by placing the digital recording 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 digital recording instrument) which is required for real time recording or displaying of the signal, and the other open to allow access to the computer, plotter, and printer which operate after the recording.

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 digital recording 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 triaxial cable with the outer shield grounded at both input and digital recording 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 digital recording instrument on its maximum range, or by inserting an external attenuator between the receiving end of the cable and the digital recording instrument.

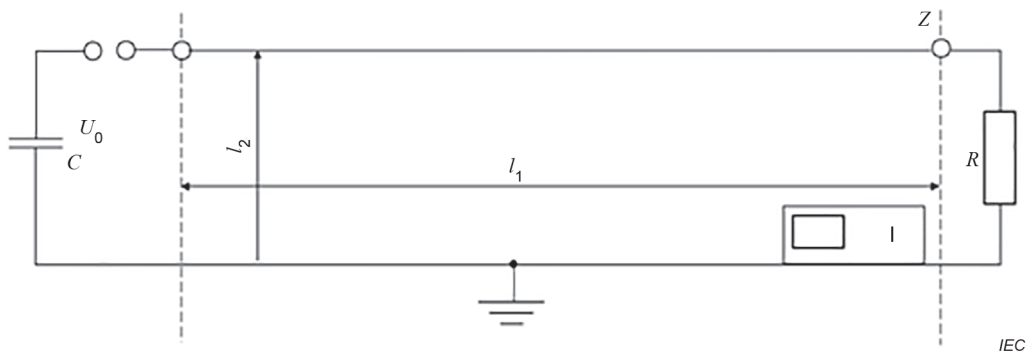
A.2.4 Signal transmission by optical means

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 digital recording 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 air gap as shown in Figure A.1.

For tests with electric fields, 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.



Key

I = digital recording instrument placed at the end of the line

Z = Characteristic impedance: $C = 20 \text{ nF}$; $l_1 = 5 \text{ m}$; $l_2 = 1 \text{ m}$

For the electric field test, $U_0 = 40 \text{ kV}$ ($R = Z$)

For the magnetic field test, $U_0 = 100 \text{ kV}$ ($R = 0$)

Figure A.1 – Application of electric and magnetic fields

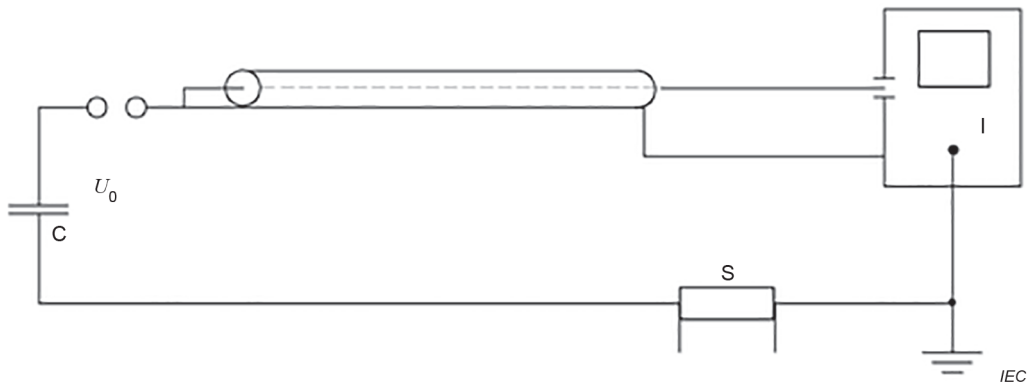
NOTE An oil or compressed gas immersed sphere gap can be used to check the digital recording instrument employed for monitoring AC/DC tests on SF₆ insulation. The corresponding voltage and current transients will show a shorter rise time (of a few nanoseconds) and a higher frequency initial oscillation (a few tens of megahertz), respectively.

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

A.4 Tests with current injection

Current injection into the shield of measuring and control cables can be checked in the following ways.

The cables shall be connected to the digital recording instrument in the same way as in normal operation. The transient current to be injected into the shield of the cable should preferably have a main damped oscillation with a peak value of 100 A and a frequency of 1 MHz. On this main oscillation is a superimposed oscillation of peak value of 10 A and frequency of 10 MHz to 20 MHz and a duration of not less than 10 ms. A possible test circuit is shown in Figure A.2.

**Key**

S = current measuring shunt

 U_0 = charging voltage

I = digital recording instrument

C = capacitor

Figure A.2 – Current injection into the shield of the cable

Annex B (informative)

Electromagnetic interference in high-voltage and high-current laboratories and test fields – Recommendations for digital recording instruments

Increased requirements for the EMI immunity arise from the electromagnetic environment in high-voltage and high-current laboratories and test fields. These environments vary widely and may be more or less severe. To be suitable for some of these environments, a digital recording instrument's performance may benefit from some of the immunity tests given in Table B.1. These tests are not required for all digital recording instruments. Performance criteria are described below.

Criterion A: during and after testing, normal performance within the specified limits.

NOTE Normal performance includes proper function within limits given by the specified measurement uncertainties and communication.

Criterion B: during testing, temporary degradation, or loss of function or performance which are self recovering. After discontinuation of interference the digital recording instrument shows normal performance within the specified limits.

Criterion C: during testing, temporary degradation, or loss of function or performance which requires operator intervention at operating controls or system reset occurs. After discontinuation of interference and intervention or reset, the instrument shows normal performance within the specified limits.

Table B.1 – Increased immunity levels suggested for digital recording instruments used in high-voltage environments

Port	Phenomenon	Basic standard	Test value	Performance criteria
Enclosure	Electrostatic discharge	IEC 61000-4-2	6 kV/8 kV contact/air	A
	Radiated, radio-frequency, electromagnetic field	IEC 61000-4-3	20 V/m (80 MHz to 1 GHz)	A
	Transient induced, electromagnetic field	None, see Annex A for test description	See Annex A for estimation	A
	Power frequency magnetic field	IEC 61000-4-8	30 A/m ^a	A
AC power	Conducted disturbances (Electrical fast transient/burst)	IEC 61000-4-4	4 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	A
	Conducted disturbances (Surge)	IEC 61000-4-5	2 kV line-to-line 4 kV line-to-earth	A
	Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz to 80 MHz)	A
	Voltage dips, immunity tests	IEC 61000-4-11	0 % during 1 cycle 40 % during 10/ 12 cycles ^c 70 % during 25/ 30 cycles ^c	A
	Voltage short interruptions immunity tests	IEC 61000-4-11	0 % during 250/ 300 cycles ^b	C
DC power ^e	Conducted disturbances (Electrical fast transient/burst)	IEC 61000-4-4	4 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	A
	Conducted disturbances (Surge)	IEC 61000-4-5	1 kV line-to-line 2 kV line-to-earth	A
	Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz to 80 MHz)	A
Signal/control line	Conducted disturbances (Electrical fast transient/burst)	IEC 61000-4-4	2 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	B
	Conducted disturbances (Surge)	IEC 61000-4-5	2 kV line-to-earth ^d	
	Conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz to 80 MHz) ^e	A
Functional earth	Conducted disturbances (Electrical fast transient/burst)	IEC 61000-4-4	4 kV	A

^a Applicable only to equipment containing devices susceptible to magnetic fields. CRT display interference is allowed above 1 A/m.

^b (5/50 ns, 5 kHz) means pulses with 5 ns rise time and 50 ns pulse duration (50 %) at a frequency of 5 kHz.

^c 40 % during 10/12 cycles means voltage dip up to 40 % of the applied voltage during 10 cycles at 50 Hz or 12 cycles at 60 Hz, and up to 70 % during 25/30 cycles, respectively.

^d Only in the case of long-distance lines (see 3.6).

^e Only in the case of lines > 3 m.

^f DC connections between parts of equipment/system which are not connected to a DC distribution network are treated as I/O signal/control ports.

Annex C (informative)

Procedure to determine the non-linearity of amplitude of sampling instruments

Apply a pure sinusoidal AC voltage (with no DC offset) of sufficient frequency and a noise of less than 0,1 % of the amplitude with an amplitude as near as possible to the full-scale deflection of the digital recorder (without overload) (see Figure C.1 and Figure C.2).

A sufficient frequency depends on the used sampling rate of the digital recording instrument. To ensure that any code is reached, the frequency should not be a subharmonic frequency of the sampling rate. For example, for a sampling rate of 50 kS/s the frequency of the AC voltage may be 45 Hz, but not 50 Hz.

Record a defined number of periods of the AC voltage (e.g. 1 000 periods).

Count the occurrences of each code (rate of code $w(k)$) and compare it with the ideal number or occurrences $w(k)_{ideal}$ (see Figure C.3 and Figure C.4).

Divide each rate of code by the number of recorded periods (e.g. 1 000 periods).

The digital recording instrument is considered to have passed if the differences between the calculated rate and the ideal rate is less than 0,8 %.

Calculate the differential non-linearity according to 3.4.6.

The integral non-linearity can be calculated using the results of the differential non-linearity test.

$$s(k) = \sum_{i=0}^k d(i)$$

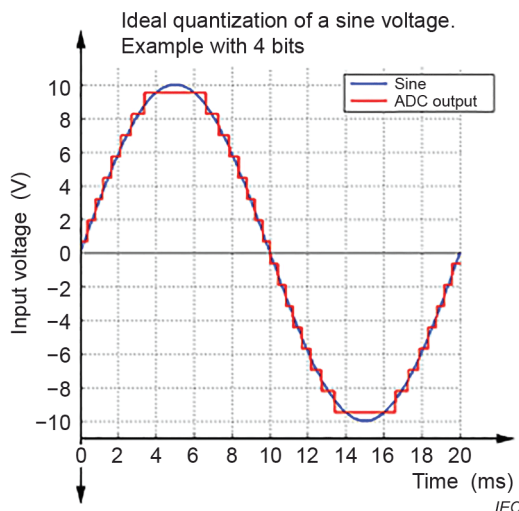


Figure C.1 – Digitalization of a sinusoidal waveform with a 4 bit A/D converter

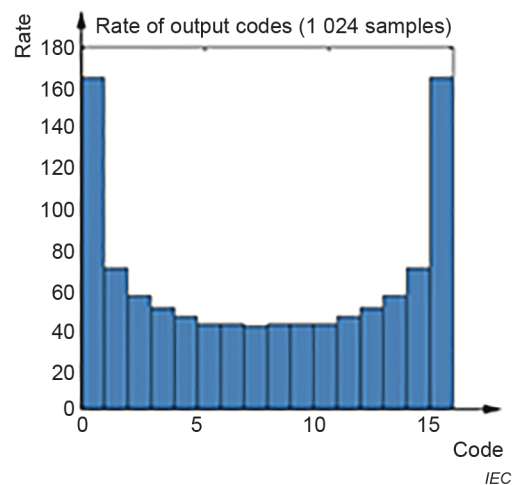
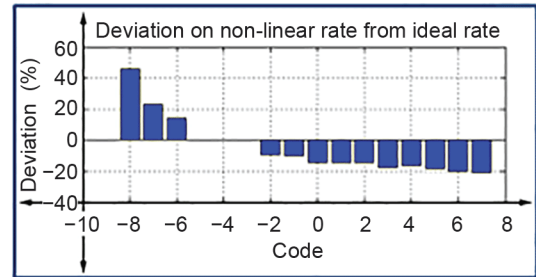
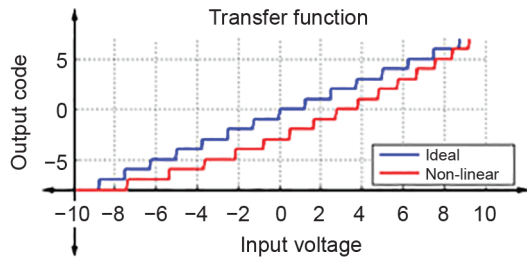
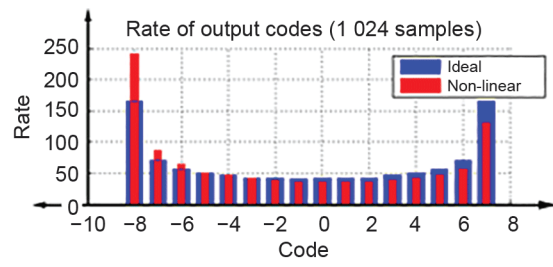
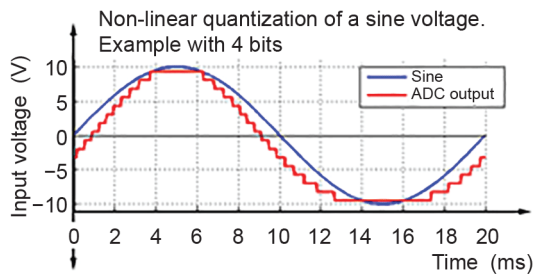


Figure C.2 – Ideal code distribution of a sinusoidal waveform digitized by a 4 bit A/D converter



IEC

IEC

Figure C.3 – Example of a non-ideal measurement of ideal sinusoidal waveform

Figure C.4 – Example of the determination of the differential non-linearity

Annex D (informative)

Examples and considerations

D.1 Suggested requirements for digital recording instruments for AC and DC voltage measurements

D.1.1 Test cases

Digital recording instruments for power frequency (50/60 Hz) or DC routine testing of apparatus should have the characteristics to demonstrate compliance with IEC 60060-1 and IEC 60060-2. Tests with higher frequencies would require more stringent specifications that are proposed in Annex D. The suggestions given for AC are for test circuits that have sinusoidal waveshapes that are within the limits for harmonic distortion and crest factor. More distorted waveshapes may require higher sampling rates.

The possible uses of a digital recorder for AC and DC high voltage measurements include:

- record of the test voltage for later review during a special or long term test;
 - assured breakdown voltage test;
 - wet test;
 - artificial contamination test;
 - long term (type) test;
 - combined or composite AC or DC HV tests with superimposed lightning or switching impulses (impulse digital recorder also required).

All these tests have usually a duration greater than 1 min or 5 min. A digital recording instrument provides an easy way to accumulate test data over a long period of time and demonstrates stability or record values immediately prior to flashover.

- record of the test voltage stability during any test;

IEC 60060-1 and IEC 60060-2 require stability of the test voltage during a HV test:

 - for AC or DC tests;
 - i) for a test duration of 1 min or less the voltage should be within ± 1 %;
 - ii) for a test duration > 60 s the voltage should be maintained within ± 3 %.

IEC 60060-1 and IEC 60060-2 define a maximum instantaneous voltage drop during a HV test:

 - for AC tests;

The instantaneous voltage drop can be up to a few periods in duration. The source should be able to limit transient voltage drops to < 20 %.
 - for DC tests;

The instantaneous voltage drop can be up to a few seconds. The source should be able to limit transient voltage drops to < 10 %.
- record of the voltage prior to a breakdown or flashover;

Tests to determine the flashover voltage of self-restoring insulation require a voltage measurement system that can record the instant voltage before flashover.
- record of the voltage or current values and their wave shape during a short circuit test;

Specialized short circuit tests may require additional requirements on digital recording instruments beyond the applications listed above.

D.1.2 Background

The causes of voltage drops or instability during a HV test include the following.

Variations in the input power source: variations in the mains voltage can directly raise or lower the output voltage instantaneously.

Variations in the load impedance of the test object: if the test object becomes more or less conductive there will be a change in the equivalent impedance of the load. If the test source is not stiff enough, the changes in load impedance may change the output voltage.

Corona discharges in air from the HV test circuit, typically for voltages > 200 kV: corona discharges in the form of streamers may cause momentary dips in the output voltage until the load can be recharged again. Persistent corona discharges may lower the voltage for longer durations of time.

D.1.3 Recommendations for digital recording instruments for AC testing (up to 60 Hz without consideration of harmonics)

Rated resolution	≥ 8 bits (1/256)
Sampling rate	> 1 k samples per second
Record length	
1 min test	> 60 k samples
5 min test	> 300 k samples
60 min test	> 1 M samples

D.1.4 Recommendations for digital recording instruments for DC testing (without consideration of ripple)

Rated resolution	≥ 8 bits (1/256)
Sampling rate	>1 k samples per second
Record length	
1 min test	60 k samples
5 min test	300 k samples
60 min test	1 M samples

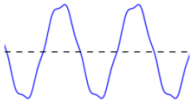
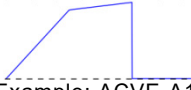
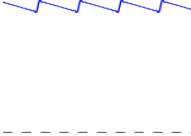
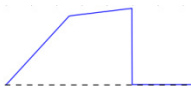
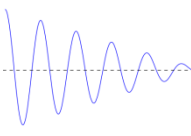
D.1.5 Recommendations for digital recording instruments for AC and DC testing under consideration of harmonics or superimposed or combined voltages

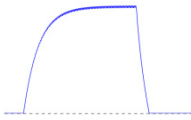
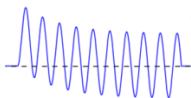
Rated resolution	≥ 10 bits (1/1024)
Sampling rate	see 6.2.3
Record length	> 1 M samples (depending on sampling rate and recording time)

D.2 Examples of relevant voltage and current characteristics to be measured

See Table D.1.

Table D.1 – Relevant voltages and currents

Measurand	Test curves in IEC 61083-4	Relevant IEC standard	Typical result of measurement	Special requirements
<p>AC voltage</p>  <p>Example: ACV-A4</p> <p>Remark: This is also applicable for DC</p>	<p>ACV-A1</p> <p>ACV-A2</p> <p>ACV-A3</p> <p>ACV-A4</p> <p>ACV-A5</p> <p>ACV-A6</p>	<p>IEC 60060-1</p> <p>IEC 60060-3</p> <p>IEC 61180</p> <p>IEC 62475</p>	<ul style="list-style-type: none"> – $+U_p/\sqrt{2}$ – $-U_p/\sqrt{2}$ – U_{RMS} – $U_{RMS(AC)}$ (with AC coupling) – THD (total harmonic distortion) – Frequency – Test duration – Voltage change up to 10 %/s (increase/decrease) – Voltage drop up to 20 % – Peak value of single harmonics (no. 3, 5, 7, 9, .) 	<p>None for standard values</p> <p>Sampling instrument for additional values</p>
<p>AC breakdown voltage</p>  <p>Example: ACVE-A1 (envelope)</p>	<p>ACVE-A1</p> <p>ACVE-A2</p>	<p>IEC 60060-1</p> <p>IEC 60234-1</p> <p>IEC 61180</p>	<ul style="list-style-type: none"> – $+U_p/\sqrt{2}$ – $-U_p/\sqrt{2}$ – U_{RMS} – Rate of rise – THD (total harmonic distortion) 	<p>Storage capability</p>
<p>DC voltage</p>  <p>Example: DCV-A2</p> <p>Remark: This is also applicable for DC</p>	<p>DCV-A1</p> <p>DCV-A2</p>	<p>IEC 60060-1</p> <p>IEC 60060-3</p> <p>IEC 61180</p> <p>IEC 62475</p>	<ul style="list-style-type: none"> – $U_{DC} (U_{mean})$ – U_{ripple} – Ripple frequency – U_p – Test duration – Polarity – Voltage change up to 10 %/s (increase/decrease) – Voltage drop up to 10 % 	<p>None for standard values</p> <p>Sampling instrument for additional values</p>
<p>DC breakdown voltage</p>  <p>Example: DCV-A3</p>	<p>DCV-A3</p>	<p>IEC 60060-1</p> <p>IEC 61180</p>	<ul style="list-style-type: none"> – $U_{DC} (U_{mean})$ – U_{ripple} – U_p – Polarity – Ripple frequency 	<p>Storage capability</p>
<p>Damped AC voltage</p>  <p>Example: DOACV-A1</p>	<p>DOACV-A1</p> <p>DOACV-A2</p>	<p>IEC 60060-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> – U_p (first peak) – Frequency – D_f (Damping) – U_p (of all peaks) 	<p>Sampling instrument</p>
<p>AC/DC combined and composite voltages</p>	<p>Not in IEC 61083-4</p>	<p>IEC 60060-1</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Peak value – Percentage of each voltage – Characteristics of each voltage 	<p>None for standard values</p>

Measurand	Test curves in IEC 61083-4	Relevant IEC standard	Typical result of measurement	Special requirements
VLF voltage	Not in IEC 61083-4	IEC 60060-3	<ul style="list-style-type: none"> – Peak of both polarities and RMS value – Frequency – Test duration 	None
Short-time DC 	SHDCI-A1 SHDCI-A2	IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> – Peak of steady-state current – Ripple frequency – Duration – Time constant of the circuit 	Sampling instrument
Example: SHDCI-A2				
Short-time AC 	SHACI-A1 SHACI-A2 SHACI-A3 SHACI-A4 SHACI-A5 SHACI-A6 SHACI-A7	IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> – I_p (first peak) – Symmetrical AC components – Peak factor – Impedance angle – Joule integral – Test duration – I_{RMS} – I_p (all peaks) 	Sampling instrument
Example: SHACI-A1				

D.3 Determination of the necessary rise time of instruments

Divergent from the telecommunications it is not sufficient to calculate the rise time t_r according to the 3 db cut-off frequency. Assuming that an error of not more than 1 % is necessary, the following calculation can be used to get the necessary rise time for a measuring instrument with a Gaussian low-pass characteristic of the analogue circuit.

The transfer function for an error of 1 % is defined as

$$G(\omega_{1\%}) = e^{\left(-\pi \left(\frac{\omega_{1\%}}{2\omega_m}\right)^2\right)} := 0,99$$

Transforming the transfer function results to

$$-\pi \left(\frac{\omega_{1\%}}{2\omega_m}\right)^2 = \ln(0,99)$$

$$\frac{\omega_{1\%}}{\omega_m} = 2\sqrt{\frac{\ln(0,99)}{-\pi}} \approx 0,1131$$

and for t_r

$$t_r = \frac{\pi}{\omega_m} \approx \frac{\pi \cdot 0,1131}{\omega_{1\%}} = \frac{\pi \cdot 0,1131}{2\pi \cdot f_{1\%}} = \frac{0,05556}{f_{1\%}}$$

$$t_r \approx \frac{1}{17,68 \cdot f_{1\%}} \approx \frac{1}{18 \cdot f_{1\%}}$$

D.4 Considerations regarding the large variety of AC and DC measurements

While most AC and DC measurements are characterized by the parameters listed in Annex D, a number of special procedures are not covered by the measurement values described in this document.

Examples for such procedures are:

- combined impulse and AC or DC voltage tests;
- flash-over tests on switches;
- voltage breakdown tests.

The fast transient wave shapes, which have to be measured in such procedures, may require instrument parameters, which are not defined in this document, and this may concern for example the required sampling rate of the A/D converting device. In such cases other standards have to be considered (e.g. IEC 61083-1).

Bibliography

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

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

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

IEC 60060-3, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site testing*

IEC 60243-1, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*
IEC 61000-6-4:2006/AMD1:2010

IEC 61083-1, *Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 1: Requirements for hardware for impulse tests²*

² Third edition under preparation. Stage at the time of publication: IEC AFDIS 61083-1:2020.

IEC 61083-4, *Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 4: Requirements for software for tests with alternating and direct voltages and currents*³

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*

³ Under preparation. Stage at the time of publication IEC ACD 61083-4:2020.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
INTRODUCTION.....	39
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions	41
3.1 Instruments d'enregistrement numérique.....	41
3.2 Caractéristiques assignées	42
3.3 Coefficients.....	42
3.4 Caractéristiques dynamiques	43
3.5 Incertitudes	45
3.6 Essais.....	45
4 Conditions d'utilisation.....	46
5 Étalonnage et méthodes d'essai	46
5.1 Applicabilité	46
5.2 Qualification des instruments d'enregistrement numérique.....	46
5.3 Exigences relatives aux générateurs de référence	46
5.4 Méthodes disponibles pour la qualification des instruments d'enregistrement numérique.....	47
5.5 Étalonnage	47
5.6 Méthodes d'essai alternatives	47
5.6.1 Généralités	47
5.6.2 Essai du temps de montée, réponse indicielle	47
5.6.3 Niveau de bruit interne	48
5.6.4 Essai de perturbations	48
5.6.5 Vitesse de lecture	48
5.7 Contribution d'incertitude	48
5.8 Impédance d'entrée	48
6 Exigences pour les mesurages en courant alternatif et continu.....	48
6.1 Exigences relatives aux instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des systèmes de mesure approuvés.....	48
6.2 Exigences individuelles	49
6.2.1 Généralités	49
6.2.2 Coefficient de conversion	49
6.2.3 Fréquence d'échantillonnage	49
6.2.4 Résolution assignée	49
6.2.5 Temps de montée (bande passante).....	49
6.2.6 Niveau de bruit	49
6.2.7 Perturbations	49
6.2.8 Non-linéarité de l'amplitude	50
6.2.9 Durée d'enregistrement des instruments d'enregistrement numérique.....	50
6.3 Exigences relatives aux instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des systèmes de mesure de référence	50

6.4	Essais.....	50
6.4.1	Généralités.....	50
6.4.2	Essais de type.....	51
6.4.3	Essais individuels de série.....	51
6.4.4	Essais de détermination des caractéristiques.....	51
6.4.5	Contrôles des caractéristiques.....	52
7	Contributions d'incertitude pour les systèmes de mesure complets.....	52
8	Recueil de caractéristiques.....	52
Annexe A (normative) Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à haute tension et à courant élevé.....		53
A.1	Généralités.....	53
A.2	Précautions.....	53
A.2.1	Blindage électromagnétique.....	53
A.2.2	Réduction des perturbations conduites qui proviennent de la ligne d'alimentation.....	53
A.2.3	Réduction des perturbations sur la ligne du signal.....	53
A.2.4	Transmission de signaux par voie optique.....	54
A.3	Essais avec des champs électromagnétiques induits transitoires.....	54
A.4	Essais avec injection de courant.....	55
Annexe B (informative) Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à haute tension et à courant élevé – Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique.....		56
Annexe C (informative) Procédure de détermination de la non-linéarité de l'amplitude des instruments d'échantillonnage.....		58
Annexe D (informative) Exemples et considérations.....		60
D.1	Exigences suggérées pour les instruments d'enregistrement numérique pour les mesurages de tension alternative et continue.....	60
D.1.1	Cas d'essai.....	60
D.1.2	Contexte.....	61
D.1.3	Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant alternatif (jusqu'à 60 Hz sans prendre les harmoniques en considération).....	61
D.1.4	Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant continu (sans prendre les ondulations en considération).....	61
D.1.5	Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant alternatif et en courant continu en prenant en considération les harmoniques ou les tensions superposées ou combinées.....	62
D.2	Exemples de caractéristiques pertinentes de tension et d'intensité à mesurer.....	62
D.3	Détermination du temps de montée nécessaire des instruments.....	63
D.4	Considérations relatives à la grande variété de mesurages en courant alternatif et continu.....	64
Bibliographie.....		65

Figure 1 – Non-linéarité intégrale $s(k)$ au code k	43
Figure 2 – Non-linéarité $d(k)$ et pas de quantification $w(k)$ dans des conditions de courant continu	44
Figure A.1 – Application des champs électriques et magnétiques	54
Figure A.2 – Injection de courant dans le blindage du câble.....	55
Figure C.1 – Numérisation d'une forme d'onde sinusoïdale avec un convertisseur A/N 4 bits	59
Figure C.2 – Distribution de code idéale d'une forme d'onde sinusoïdale numérisée par un convertisseur A/N 4 bits	59
Figure C.3 – Exemple de mesurage non idéal d'une forme d'onde sinusoïdale idéale	59
Figure C.4 – Exemple de détermination de la non-linéarité différentielle	59
Tableau 1 – Conditions d'utilisation	46
Tableau 2 – Essais exigés pour les instruments d'enregistrement numérique.....	51
Tableau B.1 – Niveaux d'immunité accrus suggérés pour les instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des environnements à haute tension	57
Tableau D.1 – Tensions et intensités pertinentes	62

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILS ET LOGICIELS UTILISÉS POUR LES MESURAGES PENDANT LES ESSAIS À HAUTE TENSION ET À COURANT ÉLEVÉ –

Partie 3: Exigences relatives au matériel pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus

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 61083-3 a été établie par le comité d'études 42 de l'IEC: Techniques d'essais à haute tension et/ou à fort courant.

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

FDIS	Rapport de vote
42/380/FDIS	42/387/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 de normes IEC 61083, publiées sous le titre général *Appareils et logiciels utilisés pour les mesurages pendant les essais à haute tension et à courant élevé*, 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 titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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.

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

INTRODUCTION

Le secteur de l'énergie électrique exige des outils normalisés pour assurer la fiabilité des résultats des essais et pour démontrer l'équivalence entre les essais effectués dans différents laboratoires et domaines d'essai

La présente partie de l'IEC 61083 spécifie les exigences relatives aux performances des instruments d'enregistrement numériques utilisés pour les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus.

L'objectif du présent document est de fournir des recommandations concernant les instruments d'enregistrement numérique à utiliser dans les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus.

Les instruments d'enregistrement numérique sont considérés comme des boîtes noires (y compris le matériel, les microprogrammes et les logiciels). Ils sont caractérisés pour leur application prévue par un étalonnage physique avec les formes d'onde nécessaires à cette application.

Le présent document ne s'applique pas aux simples compteurs analogiques ou numériques sans capacité d'enregistrement.

APPAREILS ET LOGICIELS UTILISÉS POUR LES MESURAGES PENDANT LES ESSAIS À HAUTE TENSION ET À COURANT ÉLEVÉ –

Partie 3: Exigences relatives au matériel pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61083 est applicable aux instruments d'enregistrement numérique utilisés pour les mesurages pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs et continus élevés. Elle spécifie les caractéristiques de mesure et les étalonnages exigés pour satisfaire aux incertitudes de mesure et aux procédures spécifiées dans les normes IEC pertinentes (par exemple IEC 60060-1, IEC 60060-2, IEC 60060-3, IEC 62475, IEC 61180).

Le présent document s'applique aux instruments d'enregistrement numérique qui sont conçus et soumis aux essais conformément au présent document.

Le présent document

- définit les exigences de performance pour les instruments d'enregistrement numérique utilisés pendant les essais avec des tensions et des courants alternatifs ou des tensions et des courants continus;
- spécifie les exigences nécessaires pour ces instruments afin de garantir leur aptitude à être utilisés selon les normes pertinentes;
- établit les essais et les procédures nécessaires pour démontrer leur conformité;
- définit les termes relatifs aux instruments d'enregistrement numérique avec fonction d'enregistrement et accès aux données brutes.

NOTE Des exemples de tensions et de courants alternatifs et continus pertinents à mesurer sont énumérés à l'Annexe D.

La présente Norme internationale a le statut d'une norme horizontale conformément au Guide 108 de l'IEC.

2 Références normatives

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

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

IEC 61180, *Techniques des essais à haute tension pour matériel à basse tension – Définitions, exigences et modalités relatives aux essais, matériel d'essai*

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

Guide ISO/IEC 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 Instruments d'enregistrement numérique

3.1.1

instrument approuvé

dispositif de mesure dont la conformité aux exigences de l'IEC 61083-3 a été démontrée

3.1.2

instrument d'enregistrement numérique

dispositif avec capacité de sortie numérique de l'entrée enregistrée

Note 1 à l'article: Cette définition comprend les enregistreurs numériques, les oscilloscopes numériques, les voltmètres de crête numériques et autres instruments d'enregistrement numériques, le cas échéant.

Note 2 à l'article: La forme d'onde de l'enregistrement numérique est généralement affichée sur un écran, tracée ou imprimée. Ce processus peut modifier l'apparence de la forme d'onde en raison du traitement qu'il implique.

3.1.3

étendue de mesure affectée

étendue de tensions d'entrée pour lesquelles l'instrument d'enregistrement numérique peut être utilisé dans les limites d'incertitude indiquées dans l'IEC 61083-3

3.1.4

sortie

valeur affichée (de quelque manière que ce soit) d'un instrument d'enregistrement numérique à un instant précis ou valeur numérique d'un instrument d'enregistrement numérique enregistrée à un instant précis

3.1.5

déviations à pleine échelle

valeur d'entrée minimale, qui produit la sortie maximale nominale de l'instrument d'enregistrement numérique dans la plage spécifiée

3.1.6

décalage

sortie d'un instrument d'enregistrement numérique pour une entrée nulle

3.1.7

données brutes

enregistrement primitif de l'indication de sortie des informations échantillonnées et numérisées obtenu quand un enregistreur numérique convertit un signal analogique sous une forme numérique, la correction de la sortie pour le décalage et la multiplication de l'enregistrement par un facteur constant étant permises

3.1.8

durée d'essai

étendue d'un intervalle de temps dans lequel le mesurage est effectué

3.1.9

vitesse de lecture

vitesse avec laquelle l'instrument affiche ou mémorise les relevés de la tension ou du courant alternatif ou continu mesuré

Note 1 à l'article: Dans les instruments d'échantillonnage, les valeurs lues sont calculées, par exemple, en faisant la moyenne (courant continu) ou en calculant la valeur efficace (courant alternatif) de plusieurs échantillons.

3.2 Caractéristiques assignées

3.2.1

résolution assignée

r

réciproque de deux à la puissance du nombre assigné de bits *N* du convertisseur A/N, définie comme

$$r = 2^{-N}$$

3.2.2

fréquence d'échantillonnage

nombre d'échantillons pris par unité de temps

3.2.3

longueur d'enregistrement

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

3.2.4

temps de préchauffage

intervalle de temps entre la première mise sous tension d'un instrument et le moment auquel l'instrument satisfait aux exigences opérationnelles

3.3 Coefficients

3.3.1

coefficient de conversion

facteur par lequel la sortie corrigée du décalage est multipliée afin de déterminer la valeur mesurée de la quantité d'entrée

Note 1 à l'article: Le coefficient de conversion comprend le rapport de tout atténuateur intégré ou externe et est déterminé par l'étalonnage.

3.3.2

coefficient de conversion statique

coefficient de conversion pour une tension continue ou une entrée de courant continu

3.3.3

non-linéarité de l'amplitude

écart entre la sortie réelle d'un instrument d'enregistrement numérique et la valeur nominale, qui est déterminé en divisant la tension ou le courant d'entrée par le coefficient de conversion

Note 1 à l'article: La non-linéarité statique pour une tension ou un courant d'entrée continu est différente de la non-linéarité dans des conditions dynamiques.

3.3.4

facteur de crête

valeur numérique calculée à partir de la valeur de crête divisée par la valeur efficace d'un mesurage

3.4 Caractéristiques dynamiques

3.4.1

non-linéarité intégrale

$s(k)$

différence entre les points correspondants sur la caractéristique de quantification mesurée et sur la caractéristique de quantification idéale qui est fondée sur le coefficient de conversion statique

VOIR: Figure 1.

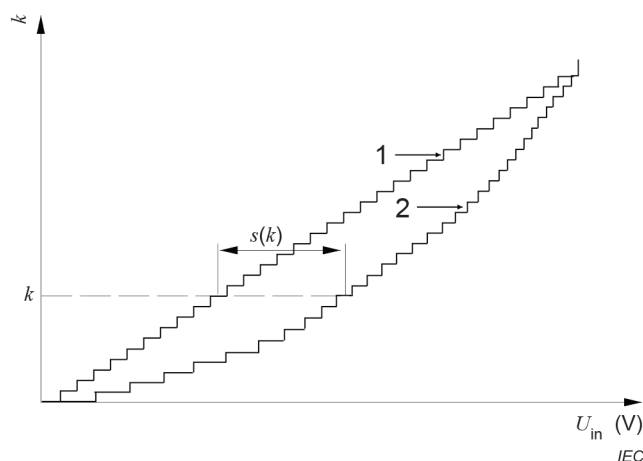
3.4.2

caractéristique de quantification

caractéristique détaillant la relation entre la sortie de l'instrument d'enregistrement numérique et la tension continue à l'entrée qui produit cette sortie

VOIR: Figure 1.

Note 1 à l'article: La pente moyenne de la caractéristique de quantification est égale à la réciproque du coefficient de conversion statique du convertisseur A/N.



Courbe 1: Caractéristique de quantification d'un instrument d'enregistrement numérique 5 bits idéal.

Courbe 2: Caractéristique de quantification d'un instrument d'enregistrement numérique non linéaire de 5 bits (la faible résolution de 5 bits a été choisie pour clarifier l'illustration).

Figure 1 – Non-linéarité intégrale $s(k)$ au code k

3.4.3

code k

nombre entier utilisé pour identifier un niveau numérique

3.4.4

pas de quantification

$w(k)$

plage de tension ou de courant d'entrée attribuée au code k

VOIR: Figure 2.

3.4.5

pas de quantification moyen

w_0

produit de la déviation à pleine échelle et de la résolution assignée

VOIR: Figure 2.

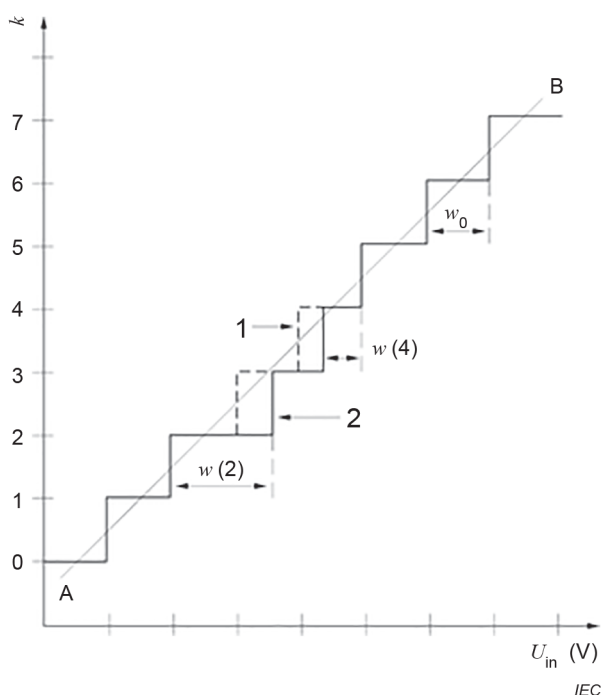
Note 1 à l'article: Le pas de quantification moyen du code est approximativement égal au coefficient de conversion statique.

3.4.6 non-linéarité différentielle

$d(k)$

différence entre la largeur mesurée d'un pas de quantification $w(k)$ pour le code k et le pas de quantification moyen du code w_0 divisée par le pas de quantification moyen du code w_0

$$d(k) = \frac{w(k) - w_0}{w_0}$$



Courbe 1: Caractéristique de quantification d'un instrument d'enregistrement numérique 3 bits idéal.

Courbe 2: Caractéristique de quantification d'un instrument d'enregistrement numérique à 3 bits présentant un grand $d(k)$ aux codes $k = 2, 3$ et 4 .

Ligne AB: Une ligne droite joignant les points médians des corbeilles du code d'un instrument idéal (la faible résolution de 3 bits a été choisie pour clarifier l'illustration).

Figure 2 – Non-linéarité $d(k)$ et pas de quantification $w(k)$ dans des conditions de courant continu

3.4.7 temps de montée

t_R

intervalle de temps pendant lequel la réponse à une étape appliquée passe de 10 % à 90 % de son amplitude en régime établi

3.4.8 base de temps

unité de l'échelle horizontale de l'instrument d'enregistrement numérique par rapport à laquelle un intervalle de temps est mesuré

3.5 Incertitudes

3.5.1

incertitude

paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent raisonnablement être attribuées au mesurande

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

3.5.2

incertitude-type

incertitude du résultat d'un mesurage exprimée sous la forme d'un écart-type

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

3.6 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 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, il s'agit d'un essai effectué sur un constituant ou sur un système de mesure complet de la même conception pour en déterminer les caractéristiques dans les conditions d'utilisation.

[Source: IEC 60050-151:2001, 151-16-16, modifiée – La note 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: Il s'agit d'un essai effectué sur chaque constituant ou sur chaque système de mesure complet pour en déterminer les caractéristiques dans les conditions d'utilisation.

[Source: IEC 60050-151:2001, 151-16-17, modifiée – La note a été ajoutée.]

3.6.4

essai de détermination des caractéristiques

essai effectué sur un système de mesure complet pour en déterminer les caractéristiques dans les conditions de fonctionnement

3.6.5

contrôle des caractéristiques

procédure simplifiée pour assurer que 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 l'IEC 61083-3 ont été satisfaites, qui comprend 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 d'utilisation

Les limites des conditions d'utilisation données dans le Tableau 1 sont celles dans lesquelles l'instrument d'enregistrement numérique doit fonctionner et satisfaire aux exigences d'incertitude spécifiées pour cet instrument.

Tableau 1 – Conditions d'utilisation

Condition	Plage
Environnement	
Température ambiante	5 °C à 40 °C
Humidité relative ambiante (sans condensation)	10 % à 90 %
Alimentation principale	
Tension d'alimentation	Tension assignée ± 10 % (valeur efficace) Tension assignée ± 12 % (valeur de crête en courant alternatif)
Fréquence d'alimentation	Fréquence assignée ± 5 %

Toute exception aux valeurs données dans le Tableau 1 doit être explicitement et clairement indiquée dans le recueil de caractéristiques.

NOTE Les exigences générales pour 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 Applicabilité

Un instrument d'enregistrement numérique peut être qualifié pour toutes les exigences du présent document, ou pour un sous-ensemble approprié.

5.2 Qualification des instruments d'enregistrement numérique

Les instruments d'enregistrement numérique pour le mesurage de la haute tension et/ou du courant élevé sont qualifiés par des mesurages comparatifs par rapport à des systèmes de référence connus et traçables aux normes nationales, ce qui vérifie à la fois les exigences en matière d'exactitude et de performance dynamique.

Les qualifications sont effectuées à la fois sous forme d'essais de type effectués une fois pour chaque type d'instrument et d'essais individuels de série effectués une fois pour chaque instrument, et des étalonnages sont effectués régulièrement sur chaque instrument.

Pour les essais de perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à haute tension et à courant élevé, voir les recommandations de l'Annexe B.

5.3 Exigences relatives aux générateurs de référence

Un générateur de forme d'onde de référence n'est nécessaire pour l'étalonnage que lorsque l'instrument d'enregistrement numérique contient un dispositif de mesure qui doit être utilisé comme instrument de référence (voir 6.3). Sinon, tout générateur de forme d'onde peut être utilisé s'il satisfait aux exigences générales de stabilité d'amplitude et de fréquence et de bruit.

NOTE Un générateur de formes d'onde approuvé peut être considéré comme qualifié si l'amplitude et la fréquence sont stables à 0,1 % de la sortie et si le bruit est inférieur à 1 % de la sortie.

5.4 Méthodes disponibles pour la qualification des instruments d'enregistrement numérique

Étalonnage (détermination du coefficient de conversion) (5.5),

Essais de détermination des caractéristiques dynamiques (5.6.2),

Bruit interne (5.6.3),

Essais de perturbations (5.6.4),

Affichage des performances (5.6.5).

5.5 Étalonnage

L'étalonnage est la méthode préférentielle pour établir le coefficient de conversion des instruments d'enregistrement numérique approuvés. C'est également la méthode préférentielle pour vérifier la détermination des paramètres temporels à partir des enregistrements des instruments d'enregistrement numérique. Les valeurs réelles doivent être inscrites dans le recueil de caractéristiques.

Dans le cas de tensions et de courants continus, la polarité du signal d'étalonnage doit être celle du signal à mesurer.

La sortie d'un instrument d'enregistrement numérique qui correspond au signal d'étalonnage appliqué doit être évaluée pour un nombre suffisant de valeurs dans chaque étendue de mesure. Le coefficient de conversion est la moyenne des valeurs du quotient de la valeur d'entrée et de la valeur de sortie. Différents coefficients de conversion peuvent être déterminés pour différents paramètres de tension et de courant ou pour différentes fréquences de forme d'onde (par exemple, valeurs de crête et dérivations, valeurs efficaces).

Les paramètres de fréquence et de temps pertinents des recueils doivent être évalués et comparés à des valeurs de référence traçables.

L'étalonnage doit être effectué sur chaque plage d'utilisation pour les essais. Une courbe d'étalonnage ou un tableau des coefficients de conversion peut être élaboré pour réduire les effets des caractéristiques non linéaires du convertisseur.

5.6 Méthodes d'essai alternatives

5.6.1 Généralités

Des méthodes d'essai alternatives doivent être appliquées si un étalonnage selon 5.5 n'est pas possible. Bien que l'étalonnage soit la méthode recommandée, ces méthodes d'essai peuvent être utilisées si le type d'instrument ne permet pas un étalonnage ou elles peuvent être utilisées en plus de l'étalonnage.

5.6.2 Essai du temps de montée, réponse indicielle

Appliquer un échelon avec un temps de montée inférieur à 20 % du temps de montée spécifié (voir 6.2.5) exigé pour l'application. Mesurer le temps de montée de la sortie comme le temps de passage de 10 % à 90 % du niveau d'établissement. L'amplitude de l'échelon appliqué doit être de (95 ± 5) % de la déviation à pleine échelle.

Ce temps de montée doit être déterminé à 5 niveaux au moins (de préférence avec un quotient constant entre les niveaux, par exemple une suite de 1, 2, 5, 10), sur la plage de fonctionnement.

NOTE Un générateur de forme d'onde standard jusqu'à quelques kHz peut être utilisé pour cette tâche puisque les fréquences d'essai sont généralement inférieures à 400 Hz (voir l'Article D.1).

5.6.3 Niveau de bruit interne

Une tension continue dans la plage de l'instrument d'enregistrement numérique doit être appliquée.

Un nombre suffisant d'enregistrements doit être prélevé à un taux d'échantillonnage déterminé pour obtenir au moins 10 échantillons. L'écart-type de ces échantillons est pris comme niveau de bruit interne.

5.6.4 Essai de perturbations

L'Annexe A donne les exigences relatives aux essais de perturbations.

5.6.5 Vitesse de lecture

La vitesse de lecture doit être suffisante pour capter la tension qui précède le claquage avec l'exactitude exigée lors des essais.

NOTE La vitesse de lecture n'est pas le taux d'échantillonnage.

5.7 Contribution d'incertitude

Le fabricant doit fournir des estimations d'incertitude pour les quantités pertinentes pour l'application prévue. Les contributions d'incertitude peuvent ensuite être utilisées pour évaluer l'incertitude selon l'IEC 60060-2, l'IEC 62475, l'IEC 61180 et l'IEC 61083-4¹.

5.8 Impédance d'entrée

Selon le type de système de mesure utilisé, l'impédance d'entrée de l'instrument peut influencer le coefficient de conversion et la réponse d'un système de mesure. Pour cette raison, l'impédance d'entrée de l'instrument d'enregistrement numérique (résistance et capacité) doit être indiquée.

6 Exigences pour les mesurages en courant alternatif et continu

6.1 Exigences relatives aux instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des systèmes de mesure approuvés

La contribution d'incertitude élargie pour un mesurage effectué par des instruments d'enregistrement numériques conformément au présent document et utilisés dans un système de mesure approuvé selon l'IEC 60060-2, l'IEC 61180 et l'IEC 62475, ne doit pas être supérieure à (à un niveau de confiance d'au moins 95 %)

- 1 % pour le mesurage de tension (courant),
- 1 % pour le mesurage des paramètres de temps et de fréquence.

Ces incertitudes doivent être estimées conformément au Guide ISO/IEC 98-3:2008.

NOTE L'incertitude estimée du numériseur est utilisée comme une composante de l'incertitude du système de mesure complet selon l'IEC 60060-2, l'IEC 61180 ou l'IEC 62475.

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication IEC ACD 61083-4:2020.

6.2 Exigences individuelles

6.2.1 Généralités

Afin de rester dans les limites données en 6.1, il convient de satisfaire aux limites des contributions individuelles données en 6.2. Dans certains cas, une ou plusieurs de ces limites peuvent être dépassées à condition que l'incertitude globale admise spécifiée en 6.1 ne soit pas dépassée.

6.2.2 Coefficient de conversion

Le coefficient de conversion doit être constant à ± 1 % près sur les intervalles de temps ou sur la plage de fréquences et doit être déterminé avec une incertitude ne dépassant pas 1 %.

6.2.3 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage après le traitement du signal doit être suffisamment élevée pour permettre la capture de la valeur de crête avec l'incertitude exigée (voir l'Article D.1).

L'exigence ci-dessus est généralement satisfaite lorsque la fréquence d'échantillonnage n'est pas inférieure à N/T , où N est le nombre d'échantillons par période de l'harmonique la plus élevée et T est la durée du cycle de l'harmonique la plus élevée à mesurer avec l'incertitude spécifiée U_{SR} . N est donné par $\pi/\arcsin(1-U_{SR})$.

NOTE Pour un mesurage avec une incertitude U_{SR} de 1 %, N est de 23 échantillons par période. Cela donne pour le courant alternatif ($f = 50$ Hz, sans harmoniques) à une fréquence d'échantillonnage minimale = 1,2 kS/s et pour le courant alternatif ($f = 60$ Hz, sans harmoniques) à une fréquence d'échantillonnage minimale = 1,4 kS/s.

Pour un mesurage d'un signal en courant alternatif avec jusqu'à 7 harmoniques et avec une incertitude U_{SR} de 0,3 %, N est de 284 échantillons par période. Cela donne pour le courant alternatif ($f = 50$ Hz) à une fréquence d'échantillonnage minimale = 14,2 kS/s et pour le courant alternatif ($f = 60$ Hz) à une fréquence d'échantillonnage minimale = 17,0 kS/s.

6.2.4 Résolution assignée

La résolution assignée exigée dépend des paramètres à mesurer et de l'incertitude exigée (voir l'Article D.1).

6.2.5 Temps de montée (bande passante)

Le temps de montée nécessaire d'un instrument d'enregistrement numérique dépend des exigences en matière d'incertitude (6.1) et cela est directement lié à la largeur de bande analogique de l'instrument d'enregistrement numérique. Le temps de montée t_R ne doit pas être supérieur à $1/(18 \cdot f_{MAX})$ où f_{MAX} est la fréquence la plus élevée contenue dans le signal à mesurer avec une incertitude de 1 % au maximum. Pour plus d'informations, voir l'Article D.3.

6.2.6 Niveau de bruit

Le niveau de bruit interne doit être inférieur à 0,1 % de l'extrémité inférieure de l'étendue de mesure spécifiée pour une utilisation normale.

6.2.7 Perturbations

L'instrument d'enregistrement numérique (ou l'instrument d'enregistrement numérique et un dispositif de protection approprié) est considéré comme adapté à l'environnement électromagnétique s'il remplit les exigences suivantes en matière de compatibilité électromagnétique.

L'amplitude maximale de toute déviation par rapport à l'amplitude de base dans l'essai de perturbations spécifié à l'Annexe A doit être inférieure à 1 % de la déviation à pleine échelle dans les plages utilisées pour les essais.

NOTE Un essai de détermination des caractéristiques des perturbations est exigé par l'IEC 60060-2 pour le système complet de mesure de chocs.

6.2.8 Non-linéarité de l'amplitude

La non-linéarité dynamique intégrale et la non-linéarité différentielle, tant pour les essais statiques que dynamiques, doivent être telles que les exigences de 6.1 sont atteintes. Une procédure de détermination de la non-linéarité de l'amplitude est présentée à l'Annexe C.

NOTE Les exigences du 6.1 peuvent être satisfaites lorsque la non-linéarité dynamique intégrale se situe à $\pm 0,5$ % de la déviation à pleine échelle et que la non-linéarité différentielle se situe à $\pm 0,8 w_0$.

6.2.9 Durée d'enregistrement des instruments d'enregistrement numérique

La longueur de l'enregistrement doit être suffisamment longue pour permettre d'évaluer le paramètre exigé ou d'observer un phénomène spécifique (voir l'Article D.1).

6.3 Exigences relatives aux instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des systèmes de mesure de référence

Les instruments d'enregistrement numérique de référence sont utilisés dans les systèmes de mesure de référence spécifiés dans l'IEC 60060-2 pour l'étalonnage des systèmes de mesure approuvés par des mesurages de comparaison. L'incertitude globale des instruments d'enregistrement numérique utilisés dans un système de mesure de référence selon l'IEC 60060-2 ne doit pas être supérieure à (à un niveau de confiance d'au moins 95 %):

- 0,3 % pour le mesurage de tension (courant);
- 0,3 % pour le mesurage de la fréquence (le cas échéant).

Aucune autre exigence individuelle n'est nécessaire. Toutes les exigences du 6.2 s'appliquent.

6.4 Essais

6.4.1 Généralités

Les essais exigés pour les instruments d'enregistrement numérique sont indiqués dans le Tableau 2.

Tous les équipements d'étalonnage doivent être traçables, directement ou indirectement, aux normes internationales ou nationales. Les procédures d'étalonnage doivent être enregistrées.

Tableau 2 – Essais exigés pour les instruments d'enregistrement numérique

Type d'essai	Réussite/ échec	Référence à la méthode d'essai	Référence à l'exigence d'essai		Classification de l'essai			
			Enregistreur complet à une plage d'entrée	Enregistreur complet à chaque plage d'entrée	Essai de type	Essai indivi- dual de série	Essai de détermination des caractéris- tiques	Contrôle des caractéris- tiques
Non-linéarité dynamique intégrale et différentielle ^a	X		6.2.8		X			
Coefficient de conversion, linéarité		5.5		6.2.2		X	X	X
Temps de montée (bande passante)	X	5.6.2		6.2.5	X			
Niveau de bruit interne	X	5.6.3		6.2.6	X			
Perturbations (CEM)	X	5.6.4		6.2.7	X			
Vitesse de lecture ^a		5.6.5	X ^b		X			
^a Le cas échéant.								
^b Le présent document ne comporte aucune exigence particulière.								

6.4.2 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués pour un seul instrument d'enregistrement numérique d'un modèle. Ces essais de type doivent être effectués par le fabricant de l'instrument. Si les résultats des essais de type ne sont pas disponibles auprès du fabricant, des essais visant à vérifier l'instrument d'enregistrement numérique doivent être organisés par l'utilisateur.

6.4.3 Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être effectués pour un seul instrument d'enregistrement numérique. Ces essais individuels de série doivent être effectués par le fabricant de l'instrument d'enregistrement numérique. Si les résultats des essais individuels de série ne sont pas disponibles auprès du fabricant, des essais visant à vérifier l'instrument d'enregistrement numérique doivent être organisés par l'utilisateur.

Des essais individuels de série doivent également être effectués après la réparation ou la modification des instruments d'enregistrement numérique.

6.4.4 Essais de détermination des caractéristiques

Des essais de détermination des caractéristiques (étalonnage) doivent être effectués sur chaque nouvel instrument d'enregistrement numérique et être répétés une fois par an. La date et les résultats de chaque essai de détermination des caractéristiques doivent être consignés dans le recueil de caractéristiques.

Un essai de détermination des caractéristiques sur l'instrument d'enregistrement numérique est également exigé si les contrôles des caractéristiques de l'instrument d'enregistrement numérique indiquent que le coefficient de conversion a changé de plus de 1 %.

6.4.5 Contrôles des caractéristiques

Des contrôles des caractéristiques de l'instrument d'enregistrement numérique sont exigés si les contrôles des caractéristiques du système de mesure complet indiquent que le coefficient de conversion attribué a changé de manière significative.

Des contrôles des caractéristiques doivent être effectués pour chaque réglage de l'instrument d'enregistrement numérique qui doit être utilisé dans les essais.

7 Contributions d'incertitude pour les systèmes de mesure complets

Les valeurs d'incertitude déterminées dans les essais spécifiés dans le présent document ont deux objectifs. L'objectif principal est de fixer les limites d'incertitude de mesure pour l'instrument d'enregistrement numérique approuvé. Le deuxième objectif est de permettre l'estimation des incertitudes de mesure d'un système de mesure complet, comme le précisent d'autres normes internationales connexes, telles que l'IEC 60060-2 et l'IEC 62475, les valeurs d'incertitude de l'instrument d'enregistrement numérique étant des composantes de contribution nécessaires.

L'inclusion des incertitudes d'un instrument d'enregistrement numérique approuvé en tant que composant dans les incertitudes combinées d'un système de mesure complet doit suivre la procédure spécifiée dans la norme pertinente pour le système de mesure complet telle que l'IEC 60060-2 et l'IEC 62475.

8 Recueil de caractéristiques

Le recueil de caractéristiques doit comporter les informations suivantes (le cas échéant).

- a) caractéristiques nominales,
 - 1) identification (numéro de série, type, etc.),
 - 2) résolution assignée,
 - 3) plage des fréquences d'échantillonnage,
 - 4) durée maximale de l'enregistrement,
 - 5) capacités de déclenchement,
 - 6) valeur de la tension d'entrée maximale et minimale,
 - 7) impédance d'entrée,
 - 8) type de formes d'onde,
 - 9) temps 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) contrôles des caractéristiques,
 - 1) date et heure de chaque contrôle des caractéristiques,
 - 2) résultat – réussite/échec (en cas d'échec, enregistrement des mesures prises).

NOTE Le recueil de caractéristiques de l'instrument 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 haute tension et à courant élevé

A.1 Généralités

Le blindage des instruments d'enregistrement numérique à usage général peut ne pas être approprié pour une utilisation dans des laboratoires et des champs d'essai à haute tension ou à courant élevé. Les perturbations peuvent être induites par le champ électromagnétique transitoire ou conduites par les lignes de signal ou d'alimentation.

Les perturbations peuvent atteindre des niveaux élevés, en particulier dans le cas de signaux comme les contournements ou les claquages. Bien que ces événements ne soient normalement pas un problème pour le mesurage proprement dit, il faut s'assurer que les instruments d'enregistrement numérique peuvent supporter une telle contrainte.

Les exigences suivantes relatives aux instruments d'enregistrement numérique et aux précautions à prendre permettent de réduire ces perturbations.

A.2 Précautions

A.2.1 Blindage électromagnétique

Les perturbations dues aux champs électromagnétiques qui pénètrent directement dans l'instrument d'enregistrement numérique peuvent être réduites en plaçant l'instrument dans une cage de Faraday qui présente une atténuation suffisante dans la plage de fréquences concernée. Une telle cage de Faraday est constituée d'une enveloppe métallique, qui assure la conductivité à travers des joints permanents et mobiles. Cette enveloppe métallique peut être une salle de contrôle blindée ou un boîtier d'instrument. Le boîtier de l'instrument peut être constitué de deux parties: l'une à haute efficacité de blindage (enfermant complètement l'instrument d'enregistrement numérique) qui est exigée pour l'enregistrement ou l'affichage en temps réel du signal, et l'autre ouverte pour permettre l'accès à l'ordinateur, au traceur et à l'imprimante qui fonctionnent après l'enregistrement.

A.2.2 Réduction des perturbations conduites qui proviennent de la ligne d'alimentation

Les perturbations conduites sur l'alimentation peuvent être réduites par l'insertion d'un filtre (efficace dans la plage de quelques dizaines de kilohertz à quelques dizaines de mégahertz). Il convient de placer un transformateur d'isolement à faible capacité d'enroulement entre l'instrument d'enregistrement numérique et l'alimentation.

A.2.3 Réduction des perturbations sur la ligne du signal

Les perturbations dues au courant qui circule dans le blindage du câble de mesure peuvent être réduites par une mise à la terre adéquate du côté du diviseur de tension, en utilisant un câble triaxial dont le blindage extérieur est mis à la terre aux deux extrémités de l'entrée et de l'instrument d'enregistrement numérique, et/ou par un câble qui passe dans un conduit métallique relié aux deux extrémités aux terres locales. Il convient de relier les blindages intérieur et extérieur à l'extrémité d'entrée. Le fait d'éviter les boucles entre le câble de mesure et les retours à la terre peut également réduire les perturbations.

Les perturbations dues aux différences de potentiel, induites ou appliquées entre les bornes du câble de mesure, peuvent être réduites en utilisant une tension ou un courant d'entrée aussi élevé que possible, notamment en faisant fonctionner l'instrument d'enregistrement numérique sur sa plage maximale, ou en insérant un atténuateur externe entre l'extrémité réceptrice du câble et l'instrument d'enregistrement numérique.

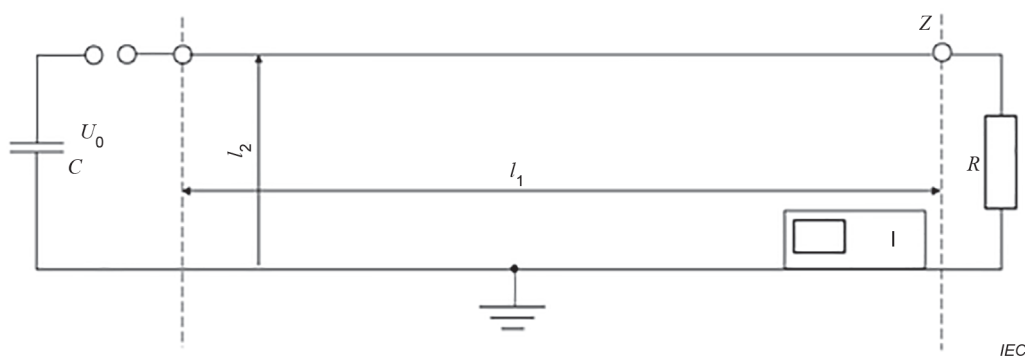
A.2.4 Transmission de signaux par voie optique

La transmission de signaux par des moyens optiques (analogiques ou numériques) peut être utilisée pour réduire les perturbations, à condition que les caractéristiques de cette liaison soient suffisantes pour satisfaire aux exigences de l'IEC 60060-2.

A.3 Essais avec des champs électromagnétiques induits transitoires

L'instrument d'enregistrement numérique sans câble de mesure, y compris tout blindage supplémentaire ajouté à celui-ci, doit être soumis à des champs électriques et magnétiques à variation rapide, représentatifs de ceux produits par les circuits d'essai à haute tension ou à courant élevé. Les essais effectués dans ces types de laboratoires ont indiqué des champs allant jusqu'à 100 kV/m et 1 000 A/m. Ces champs peuvent être obtenus par la décharge d'un condensateur par l'intermédiaire d'un entrefer sphérique comme cela est indiqué à la Figure A.1.

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



Légende

I = instrument d'enregistrement numérique placé en bout de ligne

Z = impédance caractéristique nominale: $C = 20$ nF; $l_1 = 5$ m; $l_2 = 1$ m

Pour l'essai de champ électrique, $U_0 = 40$ kV ($R = Z$)

Pour l'essai de champ magnétique, $U_0 = 100$ kV ($R = 0$)

Figure A.1 – Application des champs électromagnétiques induits transitoires

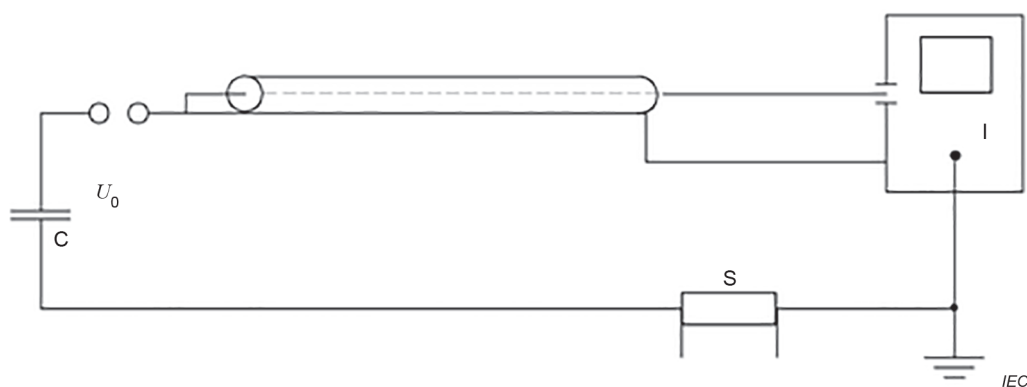
NOTE Un entrefer sphérique immergé dans l'huile ou le gaz comprimé peut être utilisé pour vérifier l'instrument d'enregistrement numérique utilisé pour contrôler les essais en courant alternatif et continu sur l'isolation SF₆. Les transitoires de tension et de courant correspondants présentent respectivement un temps de montée plus court (de quelques nanosecondes) et une oscillation initiale de fréquence plus élevée (quelques dizaines de mégahertz).

Les essais ne sont pas applicables si l'instrument d'enregistrement numérique est utilisé dans une zone bien protégée (par exemple, dans une salle de contrôle blindée).

A.4 Essais avec injection de courant

L'injection de courant dans le blindage des câbles de mesure et de contrôle peut être vérifiée de la manière suivante.

Les câbles doivent être connectés à l'instrument d'enregistrement numérique de la même manière qu'en fonctionnement normal. Il convient que le courant transitoire à injecter dans le blindage du câble ait de préférence une oscillation principale amortie avec une valeur de crête de 100 A et une fréquence de 1 MHz. À cette oscillation principale se superpose une oscillation de valeur de crête de 10 A et de fréquence de 10 MHz à 20 MHz et d'une durée non inférieure à 10 ms. Un circuit d'essai possible est représenté à la Figure A.2.



Légende

S = shunt de mesure du courant

U_0 = tension de charge

I = instrument d'enregistrement numérique

C = condensateur

Figure A.2 – Injection de courant dans le blindage du câble

Annexe B (informative)

Perturbations électromagnétiques dans les laboratoires et les champs d'essai à haute tension et à courant élevé – Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique

L'environnement électromagnétique des laboratoires et des champs d'essai à haute tension et à courant élevé impose des exigences accrues en matière d'immunité aux perturbations électromagnétiques. Ces environnements sont très variés et peuvent être plus ou moins sévères. Pour être adaptées à certains de ces environnements, les performances d'un instrument d'enregistrement numérique peuvent bénéficier de certains des essais d'immunité indiqués dans le Tableau B.1. Ces essais ne sont pas exigés pour tous les instruments d'enregistrement numérique. Les critères de performance sont décrits ci-dessous.

Critère A: pendant et après les essais, performances normales dans les limites spécifiées.

NOTE La performance normale comprend le fonctionnement correct dans les limites données par les incertitudes de mesure et la communication spécifiées.

Critère B: pendant les essais, dégradation temporaire ou perte de fonction ou de performance qui se rétablissent d'elles-mêmes. Après l'arrêt des perturbations, l'instrument d'enregistrement numérique affiche des performances normales dans les limites spécifiées.

Critère C: pendant les essais, dégradation temporaire ou perte de fonction ou de performance qui exige l'intervention de l'opérateur au niveau des commandes de fonctionnement ou la réinitialisation du système. Après l'arrêt des perturbations et l'intervention ou la réinitialisation, l'instrument affiche des performances normales dans les limites spécifiées.

Tableau B.1 – Niveaux d'immunité accrus suggérés pour les instruments d'enregistrement numérique utilisés dans des environnements à haute tension

Accès	Phénomène	Norme de base	Valeur d'essai	Critères de performance
Enveloppe	Décharge électrostatique	IEC 61000-4-2	6 kV/8 kV contact/air	A
	Champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques	IEC 61000-4-3	20 V/m (80 MHz à 1 GHz)	A
	Champ électromagnétique induit par des transitoires	Aucune, voir l'Annexe A pour une description de l'essai	Voir l'Annexe A pour l'estimation	A
	Champ magnétique à la fréquence du réseau	IEC 61000-4-8	30 A/m ^a	A
Alimentation alternative	Perturbations conduites (Transitoires électriques rapides en salves)	IEC 61000-4-4	4 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	A
	Perturbations conduites (ondes de choc)	IEC 61000-4-5	2 kV ligne/ligne 4 kV ligne/terre	A
	Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz à 80 MHz)	A
	Creux de tension, essais d'immunité	IEC 61000-4-11	0 % pendant 1 cycle 40 % pendant 10/12 cycles ^c 70 % pendant 25/30 cycles ^c	A
	Essais d'immunité aux coupures brèves de tension	IEC 61000-4-11	0 % pendant 250/300 cycles ^b	C
Alimentation continue ^e	Perturbations conduites (Transitoires électriques rapides en salves)	IEC 61000-4-4	4 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	A
	Perturbations conduites (ondes de choc)	IEC 61000-4-5	1 kV ligne/ligne 2 kV ligne/terre	A
	Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz à 80 MHz)	A
Ligne signal/commande	Perturbations conduites (Transitoires électriques rapides en salves)	IEC 61000-4-4	2 kV (5/50 ns, 5 kHz) ^b	B
	Perturbations conduites (ondes de choc)	IEC 61000-4-5	2 kV ligne/terre ^d	
	Perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques	IEC 61000-4-6	10 V (150 kHz à 80 MHz) ^e	A
Terre fonctionnelle	Perturbations conduites (Transitoires électriques rapides en salves)	IEC 61000-4-4	4 kV	A
<p>^a Applicable uniquement aux équipements qui contiennent des dispositifs sensibles aux champs magnétiques. La perturbation des écrans cathodiques est admise au-delà de 1 A/m.</p> <p>^b (5/50 ns, 5 kHz) signifie des impulsions avec un temps de montée de 5 ns et une durée d'impulsion de 50 ns (50 %) à une fréquence de 5 kHz.</p> <p>^c 40 % pendant 10/12 cycles signifie un creux de tension jusqu'à 40 % de la tension appliquée pendant 10 cycles à 50 Hz ou 12 cycles à 60 Hz, et jusqu'à 70 % pendant 25/30 cycles, respectivement.</p> <p>^d Seulement dans le cas des lignes à grande distance (voir 3.6).</p> <p>^e Seulement dans le cas des lignes > 3 m.</p> <p>^f Les connexions en courant continu entre les parties de l'équipement/du système qui ne sont pas connectées à un réseau de distribution en courant continu sont traitées comme des accès de signal/commande E/S.</p>				

Annexe C (informative)

Procédure de détermination de la non-linéarité de l'amplitude des instruments d'échantillonnage

Appliquer une tension alternative sinusoïdale pure (sans décalage en courant continu) de fréquence suffisante et un bruit inférieur à 0,1 % de l'amplitude avec une amplitude aussi proche que possible de la déviation à pleine échelle de l'enregistreur numérique (sans surcharge) (voir la Figure C.1 et la Figure C.2).

Une fréquence suffisante dépend de la fréquence d'échantillonnage utilisée de l'instrument d'enregistrement numérique. Pour assurer qu'un code est atteint, il convient que la fréquence ne soit pas une fréquence sous-harmonique de la fréquence d'échantillonnage. Par exemple, pour une fréquence d'échantillonnage de 50 kS/s, la fréquence de la tension alternative peut être de 45 Hz, mais pas de 50 Hz.

Enregistrer un nombre défini de périodes de la tension alternative (par exemple 1 000 périodes).

Compter les occurrences de chaque code (taux de code $w(k)$) et les comparer au nombre idéal ou aux occurrences $w(k)_{\text{idéal}}$ (voir la Figure C.3 et la Figure C.4).

Diviser chaque taux de code par le nombre de périodes enregistrées (par exemple 1 000 périodes).

L'instrument d'enregistrement numérique est considéré comme ayant réussi si la différence entre le taux calculé et le taux idéal est inférieure à 0,8 %.

Calculer la non-linéarité différentielle selon 3.4.6.

La non-linéarité intégrale peut être calculée en utilisant les résultats de l'essai de non-linéarité différentielle.

$$s(k) = \sum_{i=0}^k d(i)$$

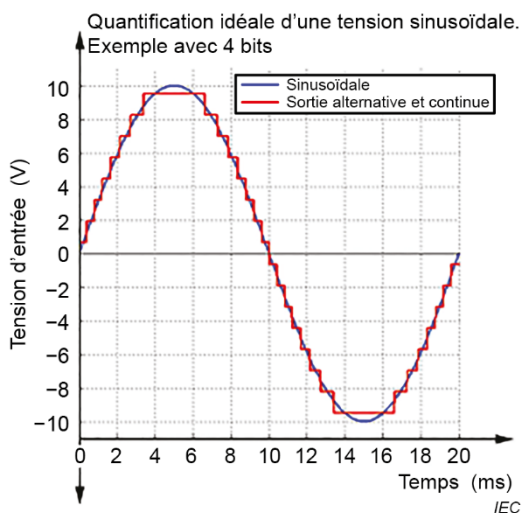


Figure C.1 – Numérisation d'une forme d'onde sinusoïdale avec un convertisseur A/N 4 bits

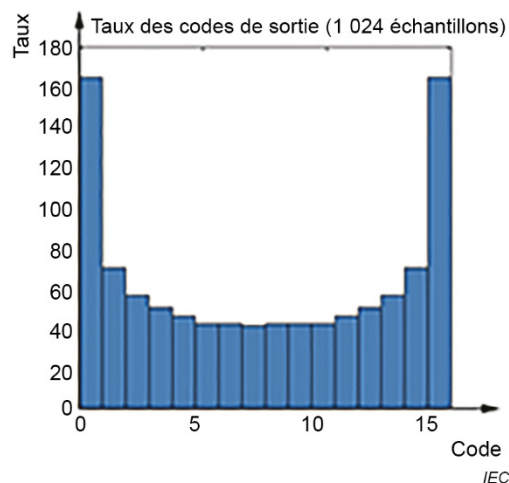


Figure C.2 – Distribution de code idéale d'une forme d'onde sinusoïdale numérisée par un convertisseur A/N 4 bits

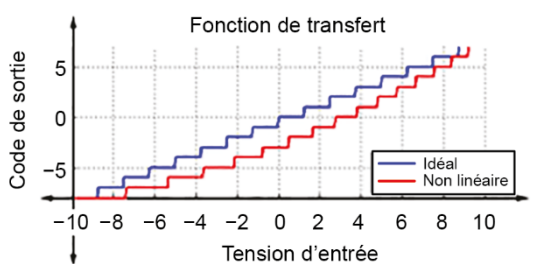
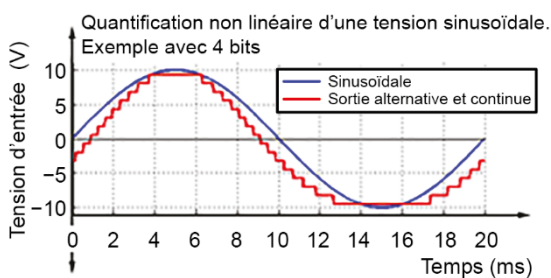


Figure C.3 – Exemple de mesurage non idéal d'une forme d'onde sinusoïdale idéale

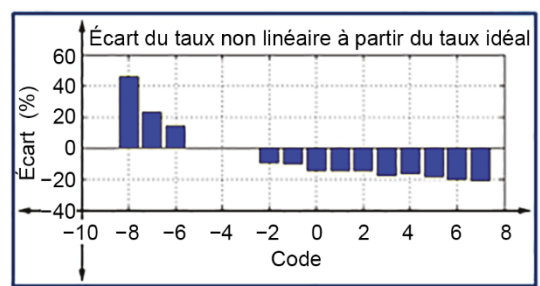
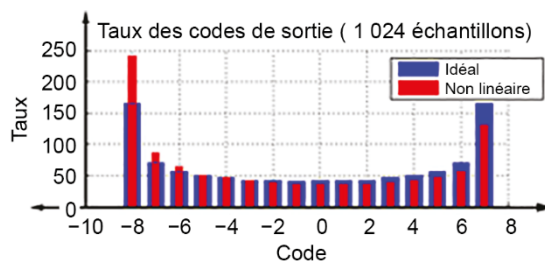


Figure C.4 – Exemple de détermination de la non-linéarité différentielle

Annexe D (informative)

Exemples et considérations

D.1 Exigences suggérées pour les instruments d'enregistrement numérique pour les mesurages de tension alternative et continue

D.1.1 Cas d'essai

Il convient que les instruments d'enregistrement numérique pour les essais de l'appareil à la fréquence du réseau (50 Hz/60 Hz) ou les essais individuels de série de l'appareil aient les caractéristiques qui permettent de démontrer la conformité avec l'IEC 60060-1 et l'IEC 60060-2. Les essais à plus haute fréquence exigent des spécifications plus strictes qui sont proposées à l'Annexe D. Les suggestions données pour le courant alternatif concernent les circuits d'essai qui ont des formes d'ondes sinusoïdales qui se situent dans les limites de la distorsion harmonique et du facteur de crête. Des formes d'ondes plus déformées peuvent nécessiter des fréquences d'échantillonnage plus élevées.

Les utilisations possibles d'un enregistreur numérique pour les mesurages de haute tension alternative et continue comprennent:

- enregistrement de la tension d'essai pour un examen ultérieur lors d'un essai spécial ou à long terme;
 - essai de tension de claquage assuré;
 - essai humide;
 - essai de contamination artificielle;
 - essai (de type) à long terme;
 - essais combinés ou composites à haute tension alternative ou continue avec superposition de choc de foudre ou de manœuvre (enregistreur numérique de chocs également exigé).

Tous ces essais ont généralement une durée supérieure à 1 min ou 5 min. Un instrument d'enregistrement numérique permet d'accumuler facilement des données d'essai sur une longue période et de démontrer la stabilité ou d'enregistrer des valeurs immédiatement avant le contournement.

- enregistrement de la stabilité de la tension d'essai pendant tout essai;
L'IEC 60060-1 et l'IEC 60060-2 exigent la stabilité de la tension d'essai pendant un essai à haute tension:
 - pour les essais en courant alternatif ou continu;
 - i) pour une durée d'essai de 1 min ou moins, il convient que la tension se situe à ± 1 %;
 - ii) pour une durée d'essai > 60 s, il convient que la tension soit maintenue à ± 3 %.

L'IEC 60060-1 et l'IEC 60060-2 définissent une chute de tension maximale instantanée pendant un essai à haute tension:

- pour les essais en courant alternatif;
La chute de tension instantanée peut durer jusqu'à quelques périodes. Il convient que la source puisse limiter les chutes de tension transitoires à < 20 %.
- pour les essais en courant continu;
La chute de tension instantanée peut durer jusqu'à quelques secondes. Il convient que la source puisse limiter les chutes de tension transitoires à < 10 %.

- enregistrement de la tension avant un claquage ou un contournement;
Les essais visant à déterminer la tension de contournement de l'isolation autorégénératrice exigent un système de mesure de la tension qui peut enregistrer la tension instantanée avant le contournement.
- enregistrement des valeurs de tension ou de courant et de leur forme d'onde pendant un essai de court-circuit;
Les essais spécialisés de court-circuit peuvent nécessiter des exigences supplémentaires sur les instruments d'enregistrement numérique au-delà des applications énumérées ci-dessus.

D.1.2 Contexte

Les causes des chutes de tension ou de l'instabilité pendant un essai à haute tension sont notamment les suivantes.

Variations de la source d'alimentation d'entrée: les variations de la tension d'alimentation peuvent directement augmenter ou diminuer la tension de sortie instantanément.

Variations de l'impédance de charge de l'objet d'essai: si l'objet d'essai devient plus ou moins conducteur, il y a une variation de l'impédance équivalente de la charge. Si la source d'essai n'est pas assez rigide, les changements d'impédance de charge peuvent modifier la tension de sortie.

Effluves dans l'air qui proviennent du circuit d'essai à haute tension, généralement pour des tensions > 200 kV: les effluves sous forme de décharges peuvent provoquer des creux momentanés de la tension de sortie jusqu'à ce que la charge puisse être rechargée. Les effluves persistants peuvent faire baisser la tension pendant des périodes plus longues.

D.1.3 Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant alternatif (jusqu'à 60 Hz sans prendre les harmoniques en considération)

Résolution assignée	≥ 8 bits (1/256)
Fréquence d'échantillonnage	> 1 k échantillons par seconde
Longueur d'enregistrement	
Essai de 1 min	> 60 k échantillons
Essai de 5 min	> 300 k échantillons
Essai de 60 min	> 1 M échantillons

D.1.4 Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant continu (sans prendre les ondulations en considération)

Résolution assignée	≥ 8 bits (1/256)
Fréquence d'échantillonnage	> 1 k échantillons par seconde
Longueur d'enregistrement	
Essai de 1 min	60 k échantillons
Essai de 5 min	300 k échantillons
Essai de 60 min	1 M échantillons

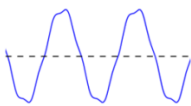
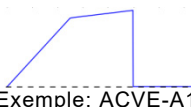
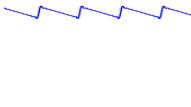
D.1.5 Recommandations pour les instruments d'enregistrement numérique pour les essais en courant alternatif et en courant continu en prenant en considération les harmoniques ou les tensions superposées ou combinées

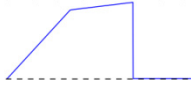

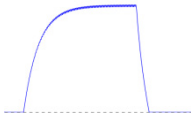
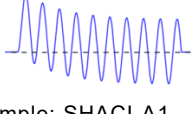
Résolution assignée ≥ 10 bits (1/1024)
 Fréquence d'échantillonnage voir 6.2.3
 Longueur d'enregistrement > 1 M échantillons (en fonction de la fréquence d'échantillonnage et de la durée d'enregistrement)

D.2 Exemples de caractéristiques pertinentes de tension et d'intensité à mesurer

Voir le Tableau D.1.

Tableau D.1 – Tensions et intensités pertinentes

Mesurande	Courbes d'essai dans l'IEC61083-4	Norme IEC pertinente	Résultat typique du mesurage	Exigences particulières
Tension alternative  Exemple: ACV-A4 Remarque: Cela s'applique également aux tensions continues	ACV-A1 ACV-A2 ACV-A3 ACV-A4 ACV-A5 ACV-A6	IEC 60060-1 IEC 60060-3 IEC 61180 IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> - $+U_p/\sqrt{2}$ - $-U_p/\sqrt{2}$ - U_{eff} - $U_{eff(AC)}$ (avec couplage alternatif) - Taux de distorsion harmonique totale - Fréquence - Durée d'essai - Variation de tension jusqu'à 10 %/s (augmentation/diminution) - Chute de tension jusqu'à 20 % - Valeur de crête des harmoniques simples (no. 3, 5, 7, 9, ...) 	Aucune pour les valeurs normalisées Instrument d'échantillonnage pour les valeurs supplémentaires
Tension de claquage alternative  Exemple: ACVE-A1 (enveloppe)	ACVE-A1 ACVE-A2	IEC 60060-1 IEC 60234-1 IEC 61180	<ul style="list-style-type: none"> - $+U_p/\sqrt{2}$ - $-U_p/\sqrt{2}$ - U_{eff} - Vitesse de montée - Taux de distorsion harmonique totale 	Capacité de stockage
Tension continue  Exemple: DCV-A2 Remarque: Cela s'applique également aux tensions continues	DCV-A1 DCV-A2	IEC 60060-1 IEC 60060-3 IEC 61180 IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> - U_{DC} ($U_{moyenne}$) - $U_{ondulation}$ - Fréquence d'ondulation - U_p - Durée d'essai - Polarité - Variation de tension jusqu'à 10 %/s (augmentation/diminution) - Chute de tension jusqu'à 10 % 	Aucune pour les valeurs normalisées Instrument d'échantillonnage pour les valeurs supplémentaires

Mesurande	Courbes d'essai dans l'IEC61083-4	Norme IEC pertinente	Résultat typique du mesurage	Exigences particulières
Tension de claquage continue  Exemple: DCV-A3	DCV-A3	IEC 60060-1 IEC 61180	<ul style="list-style-type: none"> – U_{DC} ($U_{moyenne}$) – $U_{ondulation}$ – U_p – Polarité – Fréquence d'ondulation 	Capacité de stockage
Tension amortie alternative  Exemple: DOACV-A1	DOACV-A1 DOACV-A2	IEC 60060-3	<ul style="list-style-type: none"> – U_p (première crête) – Fréquence – D_f (amortissement) – U_p (de toutes les crêtes) 	Instrument d'échantillonnage
Tensions combinées et composites alternatives/continues	Pas dans l'IEC 61083-4	IEC 60060-1	<ul style="list-style-type: none"> – Valeur de crête – Pourcentage de chaque tension – Caractéristiques de chaque tension 	Aucune pour les valeurs normalisées
Tension à très basse fréquence	Pas dans l'IEC 61083-4	IEC 60060-3	<ul style="list-style-type: none"> – Crête des deux polarités et valeur efficace – Fréquence – Durée d'essai 	Aucune
Courant continu de courte durée  Exemple: SHDCI-A2	SHDCI-A1 SHDCI-A2	IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> – Crête du courant en régime établi – Fréquence d'ondulation – Durée – Constante de temps du circuit 	Instrument d'échantillonnage
Courant alternatif de courte durée  Exemple: SHACI-A1	SHACI-A1 SHACI-A2 SHACI-A3 SHACI-A4 SHACI-A5 SHACI-A6 SHACI-A7	IEC 62475	<ul style="list-style-type: none"> – I_p (première crête) – Composantes alternatives symétriques – Facteur de crête – Angle d'impédance – Intégrale de Joule – Durée d'essai – I_{eff} – I_p (toutes les crêtes) 	Instrument d'échantillonnage

D.3 Détermination du temps de montée nécessaire des instruments

Divergent des télécommunications, il ne suffit pas de calculer le temps de montée t_r en fonction de la fréquence de coupure de 3 db. En partant du principe qu'une erreur ne dépassant pas 1 % est nécessaire, le calcul suivant peut être utilisé pour obtenir le temps de montée nécessaire pour un instrument de mesure avec une caractéristique passe-bas gaussienne du circuit analogique.

La fonction de transfert pour une erreur de 1 % est définie comme

$$G(\omega_{1\%}) = e^{\left(-\pi \left(\frac{\omega_{1\%}}{2\omega_m}\right)^2\right)} := 0,99$$

Transformer les résultats de la fonction de transfert en

$$-\pi \left(\frac{\omega_{1\%}}{2\omega_m}\right)^2 = \ln(0,99)$$

$$\frac{\omega_{1\%}}{\omega_m} = 2\sqrt{\frac{\ln(0,99)}{-\pi}} \approx 0,1131$$

et pour t_r

$$t_r = \frac{\pi}{\omega_m} \approx \frac{\pi \cdot 0,1131}{\omega_{1\%}} = \frac{\pi \cdot 0,1131}{2\pi \cdot f_{1\%}} = \frac{0,05556}{f_{1\%}}$$

$$t_r \approx \frac{1}{17,68 \cdot f_{1\%}} \approx \frac{1}{18 \cdot f_{1\%}}$$

D.4 Considérations relatives à la grande variété de mesurages en courant alternatif et continu

Alors que la plupart des mesurages en courant alternatif et continu sont caractérisés par les paramètres énumérés à l'Annexe D, un certain nombre de procédures spéciales ne sont pas couvertes par les valeurs de mesure décrites dans le présent document.

Exemples de telles procédures:

- des essais combinés de chocs et de tension alternative ou continue;
- des essais de contournement sur les interrupteurs;
- des essais de claquage de tension.

Les formes d'ondes transitoires rapides, qui doivent être mesurées dans de telles procédures, peuvent exiger des paramètres d'instrument qui ne sont pas définis dans le présent document, et cela peut concerner par exemple la fréquence d'échantillonnage exigée du dispositif de conversion A/N. Dans ce cas, d'autres normes doivent être prises en considération (par exemple, l'IEC 61083-1).

Bibliographie

IEC 60050-151, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques* (disponible sur <http://www.electropedia.org>)

IEC 60050-311, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 311: Mesures électriques et électroniques – Termes généraux concernant les mesures* (disponible sur <http://www.electropedia.org>)

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

IEC 60060-3, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site testing* (disponible en anglais seulement)

IEC 60243-1, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*
IEC 61000-6-4:2006/AMD1:2010

IEC 61083-1, *Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 1: Requirements for hardware for impulse tests* (disponible en anglais seulement)²

² Troisième édition en cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC AFDIS 61083-1:2020.

IEC 61083-4, *Instruments and software used for measurement in high-voltage and high-current tests – Part 4: Requirements for software for tests with alternating and direct voltages and currents* (disponible en anglais seulement)³

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)

³ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication IEC ACD 61083-4:2020.

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