

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 5-7: Control circuit devices and switching elements – Proximity devices
with analogue output**

**Appareillage à basse tension –
Partie 5-7 : Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande –
DéTECTEURS de proximité à sortie analogique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Low-voltage switchgear and controlgear –
Part 5-7: Control circuit devices and switching elements – Proximity devices with
analogue output**

**Appareillage à basse tension –
Partie 5-7 : Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande –
DéTECTEURS de proximité à sortie analogique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.20

ISBN 978-2-8322-8582-4

**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.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and list of abbreviated terms	8
3.1 Basic definitions.....	8
3.2 Operation of a proximity device.....	9
3.3 Output element characteristics.....	12
3.4 List of abbreviated terms.....	15
4 Classification.....	16
4.1 General.....	16
5 Analog characteristics	16
5.1 General.....	16
5.3 Rated and limiting values for the proximity device and output elements	16
5.3.1 Voltages	16
5.3.2 Currents	16
5.3.3 Load conditions	17
5.3.4 Linearity	17
6 Product information	17
6.1 Nature of information – Identification.....	17
6.1.1 Adding information.....	17
6.1.2 Specific information of 6.1.1 bc) Output characteristics.....	18
6.4 Environmental information	18
6.4.1 Environmentally conscious design process (ECD process)	18
6.4.2 Procedure to establish material declaration	18
7 Normal service, mounting and transport conditions.....	18
8 Constructional and performance requirements.....	19
8.1 General.....	19
8.1.1 Load conditions	19
8.1.18 Security aspects	19
8.1.19 Embedded software	19
8.2 Performance requirements.....	19
8.2.1 Acceptance criteria	19
8.5 Analog output limit values	19
8.5.1 General	19
8.5.2 Environmental test conditions	20
9 Tests	21
9.1 General.....	21
9.3.1 Test sequences	21
9.6 Verification of the electromagnetic compatibility.....	22
9.6.1 General	22
9.8 Additional requirements for proximity switches with analog output	22
9.8.1 Requirements for test programs and proper functioning verification procedures (PFVPs)	22
9.8.2 Verification of analog output	23
9.8.3 Accuracy and related factors	24

9.9	Testing of detection capabilities of physical sizes like operating distance, speed, rotation speed, frequency, etc.	25
9.9.1	General	25
Annex A	(informative) Example of the determination of the conformity	27
A.1	Example 1 of the determination of the conformity of an angle sensor, with linear output characteristics	27
A.2	Example 2 of the determination of the conformity of a position sensor, with nonlinear output characteristics	30
A.3	Test report and technical documentation	32
A.3.1	Test report	32
A.3.2	Technical documentation	32
A.3.3	Total probable error TPE	32
Annex B	(informative) Overview tests and influence quantities	34
B.1	Tests at the standard reference conditions	34
B.2	Tests at ambient and process reference conditions for influence quantities	36
Annex C	(normative) Additional requirements for proximity switches with analog output incorporating a built-in communication interface complying with IEC 61131-9	37
C.1	General	37
C.5	Analog Characteristics	37
C.5.1	Rated and limiting values for SDCI	37
C.6	Product information	37
C.8	Constructional and performance requirements	37
C.8.1	Constructional requirements	37
C.8.2	Electromagnetic compatibility (EMC)	37
C.9	Tests	38
C.9.1	Kinds of tests	38
Annex D	(informative) Main characteristics for proximity devices with analog output	39
D.1	Properties of proximity devices with analog output	39
D.2	Library of product properties and value lists	41
D.2.1	Library of properties used in the device classes	41
D.2.2	Value lists of properties	44
Bibliography		46
Figure 1	– Proximity device with analog output (PDAO), schematic block diagram structure	7
Figure 2	– Principle diagram of time values and their meanings	14
Figure 3	– Principle diagram of limit values and their ranges	15
Figure 4	– limit values of analog output signals	20
Figure A.1	– Output values diagram corresponding to example of Table A.1	28
Figure A.2	– Error curves corresponding to example of Table A.1	29
Figure A.3	– Non-linearity error curves corresponding to the example of Table A.1	30
Figure A.4	– Output values diagram corresponding to example of Table A.2	31
Figure A.5	– Error curves corresponding to example of Table A.2	32
Table 1	– Range of analog voltage signals	16
Table 2	– Range of analog current signals	17
Table 3	– Load conditions	17

Table 4 – Analog output signal static characteristics	18
Table 5 – Analog output dynamic characteristics.....	18
Table 6 – Analog output overload immunity test	24
Table 7 – Number of measurement cycles and number and position of test points	24
Table A.1 – Example table for the errors of a linear sensor	27
Table A.2 – Example table for the errors of a nonlinear sensor	31
Table B.1 – Summary of the tests at the reference conditions	34
Table B.2 – Summary of tests for influence quantities at the operating conditions.....	36
Table D.1 – proximity sensing devices with analog output.....	39
Table D.2 – Library of properties used in the device classes	41
Table D.3 – Value lists of properties	44

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

**Part 5-7: Control circuit devices and switching elements –
Proximity devices with analog output**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60947-5-7 has been prepared by subcommittee 121A: Low-voltage switchgear and controlgear, of IEC technical committee 121: Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) New structure;
- b) Update and expansion of definitions on analog output properties;
- c) Expanded performance requirements on analog output;

- d) Update and new normative references;
- e) Update of EMC requirements;
- f) Harmonization with IEC 62828 series;
- g) Harmonization with IEC 62683 and IEC 61987 definitions;
- h) Harmonization with IEC 61131-2 requirements;
- i) Update of the Annex A (former Annex G), Example of the determination of the conformity;
- j) New Annex B, Overview tests and influence quantities;
- k) New Annex C, Additional requirements for proximity switches with analog output incorporating a built-in communication interface complying with IEC 61131-9;
- l) New Annex D, Main characteristics for proximity devices with analog output.

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 60947-5-2:2019.

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

Draft	Report on voting
121A/592/FDIS	121A/604/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all the parts in the IEC 60947 series, under the general title *Low-voltage switchgear and controlgear*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

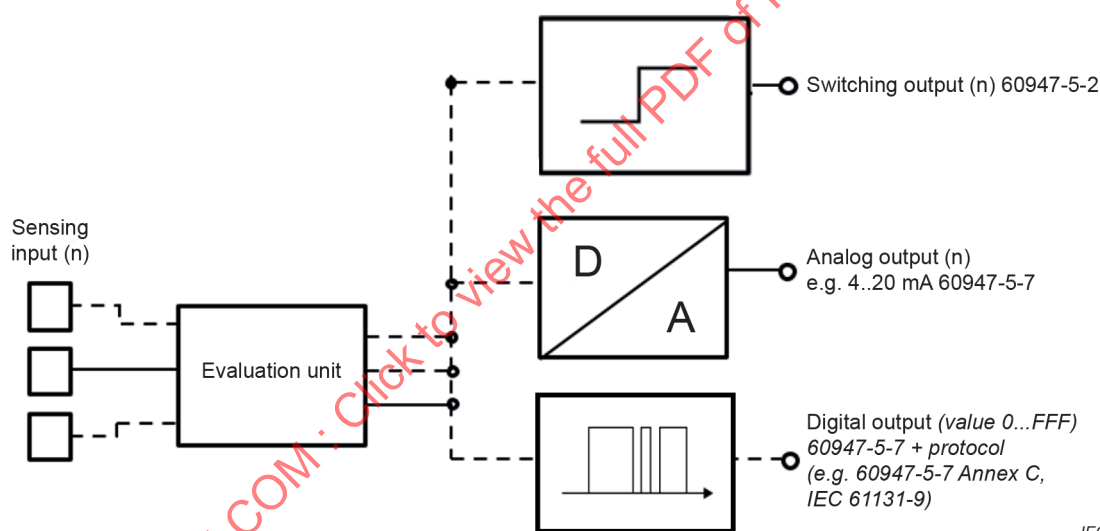
LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

Part 5-7: Control circuit devices and switching elements – Proximity devices with analog output

1 Scope

This part of IEC 60947 states the requirements for proximity devices that correspond to the scope of IEC 60947-5-2:2019 with analog output (PDAO) and/or a digital output to transmit a corresponding digital value representing the detected sensing input. These devices can provide additional parameters. Figure 1 shows the schematic principle of such a device. They might consist of one or more parts.

The requirements of IEC 60947-5-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*, apply with the additions and modifications as stated in this document. The clause numbering in this document follows the clause numbering of IEC 60947-5-2, modified where necessary.



Key

evaluation unit Evaluating electronic circuitry, e.g. MCU, ASIC component...

**Figure 1 – Proximity device with analog output (PDAO),
schematic block diagram structure**

This document does not apply to industrial process measurement transmitters according to IEC 62828 series.

Examples of typical applications for in-scope products:

- factory automation and machinery industry;
- logistic and packaging industry;
- conveyor belts, lifts;
- process industry;
- power plants.

Special applications (e.g. corrosive atmosphere) can cause additional requirements.

Products covered by the scope of this document are expected to be selected, installed, and maintained by skilled personnel only.

NOTE 1 Analog proximity devices can be linear or non linear.

NOTE 2 The specific requirements, characteristics, and test procedures for an analog output interface which are described in Clauses 5, 6 and 9 of this document, are based on requirements written in IEC 61131-2:2017.

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 60947-5-2:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-2: Control circuit devices and switching elements – Proximity switches*

IEC 61131-9:2022, *Programmable controllers – Part 9: Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators (SDCI)*

IEC 62443 (all parts), *Industrial communication networks – Network and system security*

IEC TS 63208:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Security aspects*

3 Terms, definitions and list of abbreviated terms

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60947-5-2:2019 and the following apply.

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

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

3.1 Basic definitions

3.1.1

proximity device with analog output

PDAO

device producing an output signal which varies continuously depending on the physical quantity (e.g. distance, speed, rotation, etc.) detected/calculated by the proximity device in relation to its target object(s)

3.1.2

lower range value

minimum stated input value above which the output signal varies continuously

3.1.3

upper range value

maximum stated input value below which the output signal varies continuously

3.1.4

range of input values

range defined by lower range value and upper range values of the sensing element detection capability, or calculated value (e.g. distance, speed, r/min, etc.), within which the limits of uncertainty of the proximity device are specified

Note 1 to entry: A principle diagram describing the terms of 3.1.2 to 3.1.4 is given in Figure 3.

3.1.5

span

range of input values

algebraic difference between the values of the upper and lower limits of the measuring range

Note 1 to entry: Upper and lower limits do not reflect the sensing capabilities of the device, but the relevant upper and lower values for the application.

Note 2 to entry: The CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABB785, modified ("other variables" removed).

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-13, modified — Notes to entry added]

3.2 Operation of a proximity device

3.2.1

linearity

ability of a proximity device to provide an indication having a linear relationship with a defined quantity other than an influence quantity

Note 1 to entry: The method of expression of lack of linearity is different for different kinds of device and is established in each particular instance.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-05, modified – "measuring instrument" replaced by "proximity device"]

3.2.2

conformity of the output signal curve

ability of a proximity device to provide an indication having a specified characteristic curve which can be linear, logarithmic, parabolic, etc.

3.2.3

non-linearity

deviation from ideal behaviour for devices that have a linear input/output relationship, determined from the curve plotted using the overall average of corresponding upscale and downscale errors

Note 1 to entry: Non-linearity can be calculated and expressed in one of three ways: – independent: line positioned so as to minimize the maximum deviation; – terminal-based: line positioned so as to coincide with the actual characteristic curve at the upper and lower range-values; – zero-based: line positioned so as to coincide with the actual characteristic curve at the lower range-value.

Note 2 to entry: The corresponding properties can be found in the CDD.

Note 3 to entry: Linearity is defined in IEC 60050-300:2001, 311-06-06.

Note 4 to entry: Non-linearity does not include hysteresis.

Note 5 to entry: Conformity is often used in conjunction with non-linear curves.

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modified — Notes to entry added]

3.2.4

non-conformity of the output signal curve

deviation from ideal behaviour for devices that have a non-linear input/output relationship, determined from the curve plotted using the overall average of corresponding upscale and downscale errors

Note 1 to entry: The non-conformity is defined as the closeness with which an average error curve approximates to a specified characteristic curve (which can be linear, logarithmic, parabolic, etc.).

3.2.5

true value

<of a physical quantity value> value consistent with the definition of a given particular quantity

Note 1 to entry: This term is used in the "true value" approach.

Note 2 to entry: Value that would be obtained by a perfect measurement.

Note 3 to entry: True values are by nature indeterminate.

Note 4 to entry: The indefinite article "a", rather than the definite article "the", is used in conjunction with "true value" because there can be many values consistent with the definition of a given particular quantity.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-04]

3.2.6

conventional true value

<of a physical quantity value> value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose

Note 1 to entry: This term is used in the "uncertainty" approach.

Note 2 to entry: The "conventional true value" is sometimes called "assigned value", "best estimate of the value", "conventional value" or "reference value". The term "reference value", in this sense, should not be confused with "reference value" in the sense used in IEC 60050-311:2001, 311-07-01.

Note 3 to entry: Frequently, a large number of results of measurement of a quantity are used to establish a conventional true value.

Note 4 to entry: An alternative concept of measurement uncertainty used for measurement instruments is described in IEC Guide 115:2021, *Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector*.

3.2.7

inaccuracy

maximum positive and negative deviation from the specified characteristic curve observed in testing a device under specified conditions and by a specified procedure

Note 1 to entry: Accuracy is defined in IEC 60050-311:2001, 311-06-08.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008, 3.5]

3.2.8

long term drift

drift in output monitored for 30 days at 90 % of span

[SOURCE: IEC 61987-1:2008, 3.22]

3.2.9**long term stability**

drift of zero output signal in percent of full scale limit after a given period of normal operating conditions

Note 1 to entry: The long term stability can be evaluated over a different period of time, e.g. 6 months, 1, 2 or 5 years. Sometimes manufacturers declare a life-time stability.

Note 2 to entry: Depending the type of a proximity device, the drift can be referred to an upper range limit, a fixed value, a full scale, etc.

3.2.10**repeatability**

value of variation of the output signal under specified conditions expressed as a percentage of the span

Note 1 to entry: This definition is more general and not equal to the definition in IEC 60947-5-2:2019.

3.2.11**resolution value**

resolution of the value of the physical quantity

Note 1 to entry: The resolution value from the digital output value and the analog output value can be different.

3.2.12**error**

discrepancy between a computed, observed or measured value or condition, and the true, specified or theoretically correct value or condition

Note 1 to entry: An error within a system may be caused by failure of one or more of its components, or by activation of a systematic fault.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-03-02]

3.2.13**linearity error of the digital output**

maximum deviation between the real and the ideal curve of the digital output

3.2.14**linearity error of the analog output**

maximum deviation between the real and the ideal curve of the analog output

3.2.15**reference base for linearity error**

basis for stating the linearity error for analog output

Note 1 to entry: The reference base can be output span, full scale or definition by the manufacturer.

3.2.16**upscale error**

arithmetic mean of the errors at each value of each measurement cycle with increasing input value

3.2.17**downscale error**

arithmetic mean of the errors at each value of each measurement cycle with decreasing input value

3.2.18**average error**

arithmetic mean of all upscale and downscale readings at each value

3.2.19

maximum measured error

largest positive or negative value of errors of the average upscale or downscale values at each point of measurement

Note 1 to entry: Synonymous to measured error expressed as percentage ABB652 of IEC 61987.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.2.20

total probable error

TPE

number obtained by taking the square root of the total sum of the squares of the individual error factors, adopted to consistently compare the performances of two (or more) devices

Note 1 to entry: It is assumed that the variables of the individual errors are independent of each other.

Note 2 to entry: When combining all the error factors, the units of measure shall all be the same.

3.3 Output element characteristics

3.3.1

analog current signal

current signal which varies in a continuous manner within its range

3.3.2

analog voltage signal

voltage signal which varies in a continuous manner within its range

3.3.3

range of an analog signal

all values of the signal between and including defined limits

3.3.4

output span

algebraic difference between the values of the upper and the lower limits of the output signal

3.3.5

lower limit output signal

specified minimum value of the range

Note 1 to entry: The lower limit may be either zero or a finite value; when zero is used, this is called "true zero"; when a finite value is used, this is called "live zero".

3.3.6

upper limit output signal

specified maximum value of the range

3.3.7

load impedance

<maximum load (current), minimum load (voltage)> impedance or impedances for which the output characteristics of the proximity device are specified

3.3.8

ripple content

ratio between the peak-to-peak value of the AC component and the upper limit of the signal value

3.3.9**recovery time**

time taken, following the removal of an external influence, for the output signal to return to its previous value within the limits of repeatability as defined in 3.2.10

3.3.10**warm-up time**

duration between the instant when the power supply is energized and the instant when the device can be used, as specified by the manufacturer

[SOURCE: IEC 61987 DB: Identifier IECABB026, see Figure 2]

3.3.11**settling time**

time interval between the step change of an input signal and the instant when the resulting variation of the output of the signal does not deviate more than 1% from its final steady state value

[SOURCE: IEC 61987 DB: Identifier IECABA999, see Figure 2]

3.3.12**output signal**

analog or digital representation of the physical quantity value produced by a transducer

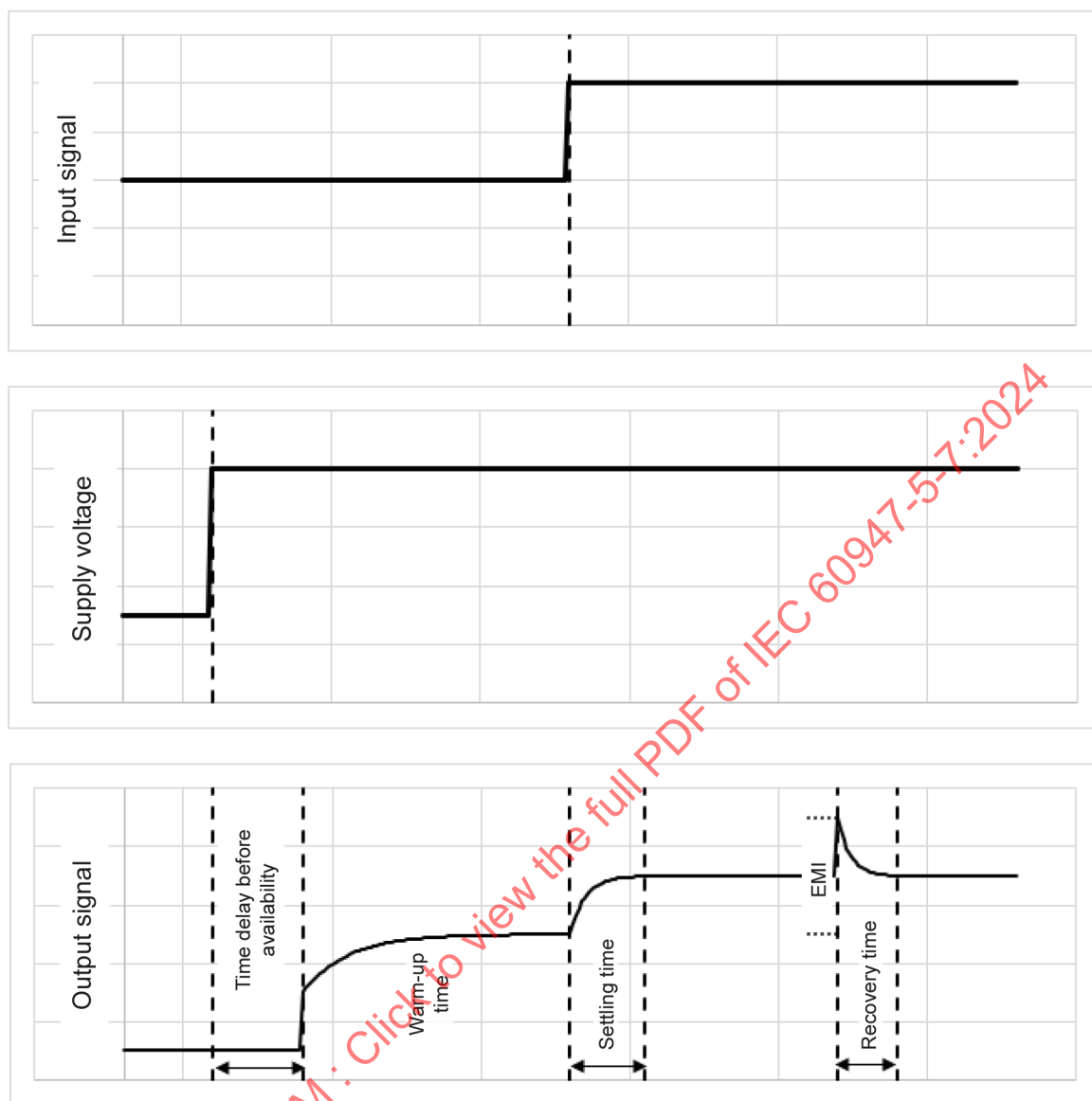
Note 1 to entry: A transmitter is a transducer with standardized output, see IEC 60050-351:2013, 351-56-29.

[SOURCE: IEC 60050-314:2001, 314-04-06, modified – "measurand" replaced by "physical quantity value"]

3.3.13**transition region**

part of the output range between the specified minimum (resp. maximum) value and the lower (resp. upper) signal characterizing a product failure

Note 1 to entry: A principle diagram is given in Figure 4a) and Figure 4b).



IEC

Key

t time

Figure 2 – Principle diagram of time values and their meanings

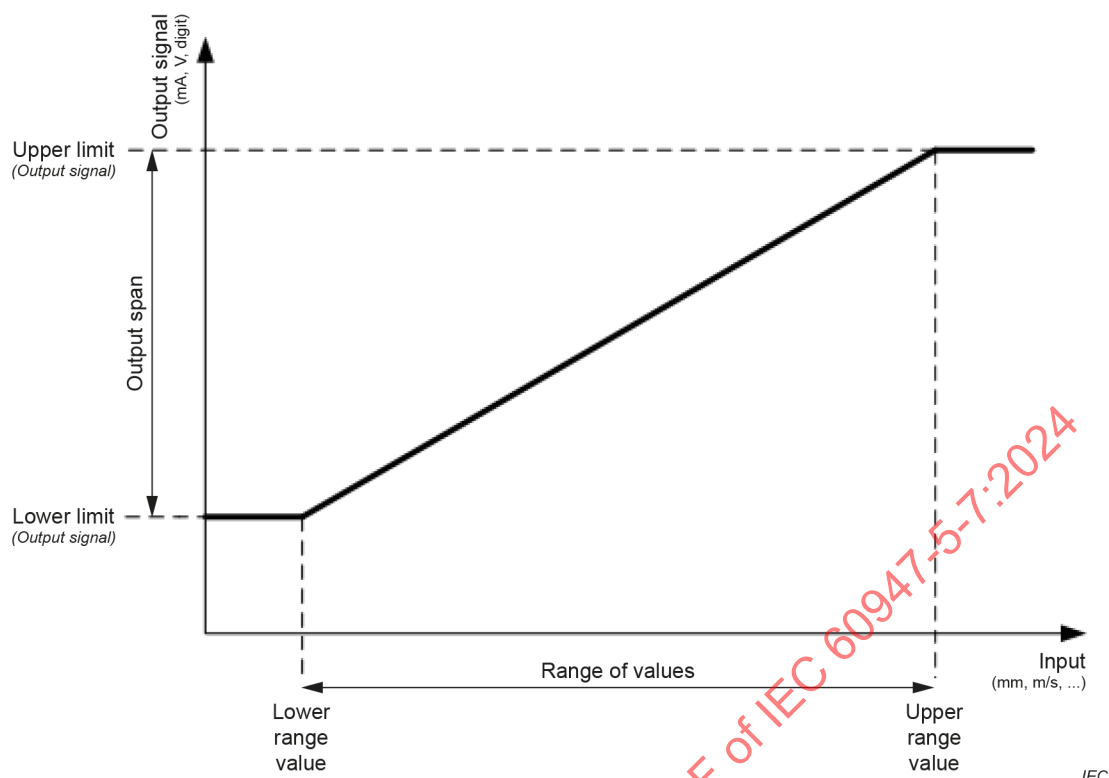


Figure 3 – Principle diagram of limit values and their ranges

3.3.14

single-drop digital communication interface (SDCI)

digital communication interface for switching 24 V devices (e.g. IO-Link™¹) defining a point-to-point communication link for connecting sensors and actuators to a master unit

3.4 List of abbreviated terms

ASIC	Application specific integrated circuit
CDD	Common Data Dictionary
ECD	Environmentally conscious design process
EMC	Electromagnetic compatibility
EUT	Equipment under test
IOL	IO-link
LSB	Least significant bit
MCU	Microcontroller unit
PDAO	Proximity device with analog output
PFVP	Proper functioning verification procedures
SDCI	Single-drop digital communication interface
TPE	Total probable error

¹ IO-Link™ is a trade name of the "IO-Link Consortium". This information is given for the convenience of users of this publication and does not constitute an endorsement by IEC of the trade name holder or any of its products. Compliance to this publication does not require use of the registered logos for IO-Link™. Use of the registered logos for IO-Link™ requires permission of the "IO-Link Consortium".

4 Classification

4.1 General

Classification shall be in accordance with Table 1 of IEC 60947-5-2:2019, with the following specifications and additions in columns:

- 4th pos./1digit "Switching Element Function (Output) 4.5": value "S" = Others
- 5th pos./1digit Type of Output 4.6: additional value "A" = Analog Output, "C" = Communication / Digital output
- Combination of output signals are described: 4th pos./1digit value S = Others
5th pos. value S = Others
- Insert 7th digit "n" = Number of output signals (1, 2, etc.)

5 Analog characteristics

5.1 General

Characteristics shall be in accordance with Clause 5 of IEC 60947-5-2:2019 with the following additions.

The main characteristics of the analog outputs for proximity sensing devices are described in Annex D.

5.3 Rated and limiting values for the proximity device and output elements

5.3.1 Voltages

5.3.1.6 Range of analog voltage signals

The range of analog voltage signals shall be the range given in Table 1.

Table 1 – Range of analog voltage signals

Lower limit ^a	Upper limit ^a
[V]	[V]
0	+10
^a Other voltage limits may be used on specific agreement between manufacturer and user	

5.3.1.7 Ripple content of the output voltage

The maximum ripple content shall be stated by the manufacturer.

5.3.2 Currents

5.3.2.5 Range of analog current signals

The range of analog current signals shall be the range given in Table 2.

Table 2 – Range of analog current signals

Lower limit ^a	Upper limit ^a
[mA]	[mA]
4	20
^a Other current limits may be used on specific agreement between manufacturer and user	

5.3.2.6 Ripple content of the output current

The maximum ripple content shall be stated by the manufacturer. The bandwidth of the measurement instrument may be provided as an additional information.

5.3.3 Load conditions

Analog output rated values of signals range and load impedance for corresponding analog outputs of control equipment shall be as specified in Table 3.

Table 3 – Load conditions

Output signal range	Load impedance limits	Normative items
0 to 10 V	$\geq 2\,000\ \Omega$	a
4 mA to 20 mA	$\leq 500\ \Omega$	a
^a Outputs shall withstand any overload from open circuit to short circuit		

5.3.4 Linearity

The non-linearity shall be within $\pm 10\%$ of the span (see 3.2.3).

6 Product information**6.1 Nature of information – Identification**

Clause 6 of IEC 60947-5-2:2019 applies with the following additions:

6.1.1 Adding information

The following information shall be provided in the manufacturer's documentation if relevant.

- bc) output characteristics acc. Table 4 and Table 5
- bd) range of stated value (e.g. distance, speed, r/min etc.)
- be) ripple content
- bf) non-linearity / non-conformity (incl. curve characteristic e.g. parabolic, exponential, etc.)
- bg) recovery time
- bh) settling time
- bi) warm-up time
- bj) inaccuracy
- bk) non-repeatability
- bl) load conditions

6.1.2 Specific information of 6.1.1 bc) Output characteristics

6.1.2.1 Information on analog output static characteristics

The manufacturer shall provide the appropriate information from Table 4, with respect to analog outputs.

Table 4 – Analog output signal static characteristics

Static characteristics		Units and examples
Output type		e.g. current, voltage
Output signal range		e.g. 4 mA to 20 mA, 0 to 10 V
Output impedance in output signal range (manufacturer shall specify according to the load condition defined in Table 3)		Ω
Maximum measured error	Limits of maximum error at $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$	$\pm$ % of output span
Maximum error over full temperature range ^b		$\pm$ % of output span
Resolution of digital/analog-converter (DAC) ^{a, b}		Number of bits
Value of a LSB (least significant bit) at the analog output signal after D/A converter ^a		mV, mA
^a If applicable		
^b Only on demand		

6.1.2.2 Information on analog output dynamic characteristics

The manufacturer shall provide the appropriate information from Table 5, with respect to analog outputs.

Table 5 – Analog output dynamic characteristics

Dynamic characteristics	Units and examples
Settling time for full range change ^a	ms
Recovery time	ms
^a Settling time can be determined by simulating the input step signal	

6.4 Environmental information

Subclause 6.4 of IEC 60947-5-2:2019 is replaced by the following:

6.4.1 Environmentally conscious design process (ECD process)

Assistance in the consideration of environmental aspects relating to products in the scope of this document is given in Clause 4 of IEC TS 63058:2021 and Clause 5 of IEC TS 63058:2021.

6.4.2 Procedure to establish material declaration

Providing the material declaration is at the discretion of the manufacturer. When provided, Clause 7 of IEC TS 63058:2021 specifies content and form of the material declaration.

7 Normal service, mounting and transport conditions

Clause 7 of IEC 60947-5-2:2019 applies.

8 Constructional and performance requirements

8.1 General

Clause 8 of IEC 60947-5-2:2019 applies with the following modifications and additions.

8.1.1 Load conditions

The reference minimum and maximum load conditions during the evaluation tests shall comply with the given limits of Table 3 and shall be specified by the manufacturer.

8.1.18 Security aspects

8.1.18 of IEC 60947-5-2:2019 applies with the following addition.

In addition to the relevant parts of the IEC 62443 series, IEC TS 63208:2020 shall apply if applicable.

8.1.19 Embedded software

If applicable information and recommended minimum requirements related to embedded software supporting the main functions of proximity devices with analog output can be found in IEC TR 63201:2019.

8.2 Performance requirements

8.2.1 Acceptance criteria

Table 9 of IEC 60947-5-2:2019 applies with the following modification:

The content of the cell:

"Overall performance / Acceptance criteria A"

shall be replaced by following text:

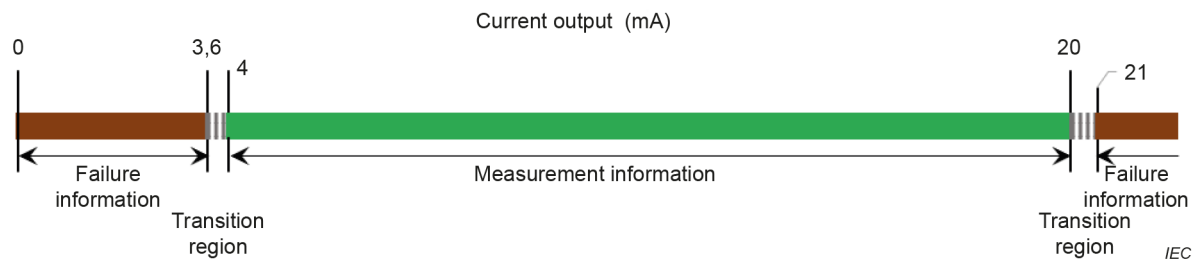
The deviation value of the analog output signal shall not exceed $\pm 10\%$ of the stated output span. The output signal shall return to its nominal value with the stated conformity, within the recovery time stated in the documentation of the proximity device.

EXAMPLE: For a 4...20 mA analog output the output span is 16 mA, and $\pm 10\%$ of output span means $\pm 1,6$ mA.

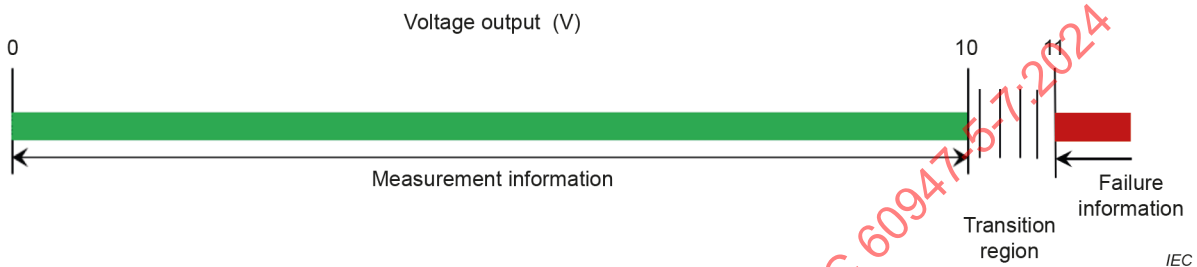
8.5 Analog output limit values

8.5.1 General

The analog output value of a sensor represents the measurement information. Figure 4a) and Figure 4b) define the standardized failure information and the transition region in relation to the measured information. Failure information can be reasoned by e.g. malfunction of a measurement converter, error in connective wires, failure of an auxiliary energy, error out of range etc.. The failure information states that there is an error in the measuring system. A value lying outside of the limits as defined in the examples of Figure 4a) current output 4 to 20 mA and Figure 4b) voltage output 0 to 10 V is defined as invalid and is thus interpreted as failure information. Other limits for transition region and failure information may be used on specific agreement between manufacturer and user.



a) Analog output limit values, example 4..20 mA



b) Analog output limit values, example 0..10 V

Figure 4 – Limit values of analog output signals

8.5.2 Environmental test conditions

8.5.2.1 General

The proximity device with analog output shall be evaluated using the limiting operating conditions defined by the manufacturer. In case of no specification, subclauses 7.1.3 and 7.1.4 of IEC 60947-5-2:2019 shall apply.

8.5.2.2 Non-repeatability

Non-repeatability is the algebraic difference between the extreme values obtained by a number of consecutive measurements of the output over a short period of time, for the same value of the input, under the same operating conditions, approaching from the same direction, for full range traverses. Non-repeatability is usually expressed in percentage of ideal output span and does not include hysteresis. Non-repeatability is determined from the maximum difference in percent of the stated output span, between all values of output for any single input value. The maximum value is reported as non-repeatability and shall not exceed 10 % of output span.

8.5.2.3 Inaccuracy

Inaccuracy is determined by selecting the greatest positive and negative deviations of any measured value from the stated value, for increasing and decreasing inputs, for any test cycle separately, and reporting these deviations in percent of stated output span and shall not exceed ± 10 % of output span.

8.5.2.4 Upper limit of the output signal

The output signal of an analog proximity device shall not decrease when the target is moved up to and including beyond the upper limit value stated by the manufacturer.

NOTE This requirement is intended to ensure that there cannot be two or more distances corresponding to the same output signal.

8.5.2.5 Non-linearity

For sensors that have a linear input/output relationship, the non-linearity is determined from the curve plotted using the overall average of corresponding upscale and downscale average errors (see example in Annex A and corresponding Figure A.3).

The maximum positive or negative deviation between the average curve and the selected straight line, expressed in percent of stated output span, is the non-linearity that is independent from hysteresis.

The following different non-linearity expressions are in common use.

a) Terminal based non-linearity

Terminal based non-linearity is determined by drawing a straight line so that it coincides with the average calibration curve at the upper range value and at the lower range value.

NOTE Where calibrations in workshops and adjustments in the field are made, only terminal based nonlinearity is of practical interest.

b) Independent non-linearity (best fit)

Independent non-linearity is determined by drawing a straight line through the average curve in such a way as to minimize the maximum deviation. It is not necessary that the straight line is horizontal or passes through the end points of the average calibration curve.

c) Zero based non-linearity

Zero based non-linearity is determined by drawing a straight line so that it coincides with the average calibration curve at the lower range value (zero) and minimizes the maximum deviation.

In any statement regarding linearity and accuracy calculation the Independent non-linearity (case b)) shall always be used. On customer demand case a) and case c) can be considered by the manufacturer in addition.

9 Tests

9.1 General

Clause 9 of IEC 60947-5-2:2019 applies with the following modifications and replacements.

The conditions of 9.1.1 of IEC 60947-5-2:2019 shall apply to the test procedures and shall be performed at a supply voltage specified by the manufacturer.

The tables of informative Annex B give a list of the complete set of test procedures considered in this clause, in relation to the standard and operating reference test conditions respectively. These tables summarize the procedures, highlighting the peculiarities of each test and indicating which tests are to be considered as type tests and/or acceptance tests and/or routine tests.

9.3.1 Test sequences

Test sequences of 9.3.1 of IEC 60947-5-2:2019 apply for proximity switches with analog output except the digital output specific tests e.g. digital operating cycles according to 9.5 of IEC 60947-5-2:2019, operating distances according to 9.4 of IEC 60947-5-2:2019 and making and breaking capacities according to 9.3.3.5 of IEC 60947-5-2:2019. For sample 2 to 5 instead of operating distance test (9.4 of IEC 60947-5-2:2019), subclause 9.8 of this document shall apply. For sample no. 5, the test sequences of subclause 9.6 of this document apply.

9.6 Verification of the electromagnetic compatibility

9.6.1 General

The provisions regarding emission and immunity given in 9.6 of IEC 60947-5-2:2019 apply with the acceptance criteria defined in 8.2.

The tests shall be performed under the following conditions:

- the proximity device mounted in free air shall be connected to a load impedance as specified in the manufacturer's documentation and supplied with its rated operational voltage (U_e) (or the maximum voltage of its voltage range);
- the connecting leads shall be $2^{+0,1}_0$ m. For proximity devices not having integral cables, the type of cable used shall be specified by the manufacturer and recorded in the test report;
- the test shall be performed with the target respectively the input value set at 50 % of the stated output span or another meaningful position stated by the manufacturer;
- if applicable, the defined targets according to IEC 60947-5-2:2019 shall be used related to the relevant sensor principle.

For the test according to 8.2.6.2.4 of IEC 60947-5-2:2019, the following additional mounting conditions apply:

- cylindrical proximity devices shall be mounted in a non-embedded manner according to Figure A.6 (IA, IB) b) of IEC 60947-5-2:2019. A metal washer, clamped between the lock-nuts of the device, shall be connected to the reference ground plane;
- rectangular proximity devices shall be mounted in a non-embedded manner on a flat metal plate which shall be connected to the reference ground plane;
- the method of connection to the reference ground plane shall be in accordance with the manufacturer's instructions, if given, and shall be stated in the test report.

9.8 Additional requirements for proximity switches with analog output

9.8.1 Requirements for test programs and proper functioning verification procedures (PFVPs)

Requirements for test programmes and proper functioning verification procedures (PFVPs) to be provided by the manufacturer.

During the type tests, there shall be no:

- destruction of hardware;
- modification of the operating system and test programmes and/or alteration of their execution;
- unintended modification of system and application data stored or exchanged; erratic or unintended behaviour of the EUT (Equipment Under Test);
- deviation of the analog I/Os out of the limits specified according to Table 5.

All relevant functions and parts of the EUT (i.e. units and modules) shall be functioning in such a way that the information paths to/from these functions and parts are exercised.

All the I/O and communication channels of the EUT shall be exercised.

The type test is not meant to test every possible operating mode or capability of an EUT. The intent of the type test is to exercise the EUT, at the boundaries of its operating mode(s) and/or capability(ies). Therefore, engineering judgement is necessary to define both the configuration of the test and verification, to prove the overall capability. This is without actually testing all possibilities, i.e. a practical set of tests and results.

The following non-exhaustive list contains example items to consider in defining the type tests, with regard to exercise of the EUT.

a) Configuration of the EUT:

- external and internal status information reporting means;
- displays;
- alarm signals;
- self-test result registers;
- I/O;
- test program length;
- operation modes, e.g. start-up, shut-down, cold/warm/hot restart, normal run;
- performance.

b) The type test shall focus on the least favourable conditions for the EUT, to test its boundaries. Therefore, different test set-ups might be needed for testing the EUT boundaries under, for example EMC conditions, climatic conditions.

c) For every EUT there shall be a specification of how and where the limits of proper function can be identified.

9.8.2 Verification of analog output

9.8.2.1 Operating range tests

Verify that all requirements with relevance to the analog output and specified limits of this document, respectively of the technical specification according to the datasheet, are checked. A summary of relevant requirements is given as an example in Annex A. It is acknowledged that an analog output offers a more or less infinite set of verification possibilities. A simple practical subset shall be tested, which addresses the basic or most important capability of the analog output. This simplified test is not meant to eliminate the requirement that a specified parameter meets its specified rating, it is simply an acknowledgement of a practical subset of type tests.

Example of a simple practical subset, test procedure:

All range types offered in the manufacturer's datasheet shall be verified. Test all range types for resolution and accuracy. Test at least 6 points in the range (0 to 100 % every 20 % of range). Test at minimum operating temperature, maximum operating temperature and $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

The results shall be in accordance with the equipment datasheet.

NOTE This verification can be combined with the temperature type tests.

All parametric specifications defined in the manufacturer's documentation shall be verified and recorded in the test report.

9.8.2.2 Analog output overload immunity test

Measurement and verification shall be conducted in accordance with Table 6 and shall apply for test sequence sample no. 5 and shall be combined according to test no. 3 of 9.3.1 of IEC 60947-5-2:2019.

Table 6 – Analog output overload immunity test

Reference test	Remark
EUT configuration	According to manufacturer's specifications
Initial condition	The load is applied until temperature(s) of any affected part(s) of the EUT stabilize (3 temperature readings, of the affected part(s))
Applied load	According specified maximum (resistive, capacitive or inductive) overload, specified by the manufacturer
Number of reading	3 times at the affected part(s)
Reading interval	2 minutes apart until not changing by more than 1 K
Pass / fail	No physical damage or change in performance, other than specified in manufactures datasheet, shall be detected
After the test	The accuracy shall be verified for the minimal and the maximum value of the range according to PFVP, see 9.8.1

9.8.2.3 Short-circuit and open-circuit test

The short-circuit and open-circuit test shall apply for test sequence sample no. 5 and shall be combined according to test no. 2 of 9.3.1 of IEC 60947-5-2:2019.

When the short circuit or the open circuit is applied, no physical damage or abnormal phenomenon shall be detected. After the test, perform the PFVP (see 9.8.1).

9.8.3 Accuracy and related factors

9.8.3.1 Measurement cycles

Tests shall be carried out with the span adjustment set to 100 % (equal to the upper range value specified by the manufacturer). The lower range value shall be set to 0 % (equal to the minimum value specified by the manufacturer). Measurement traverses prior to the actual testing are not necessary if accuracy is not influenced.

The reference measurement instrument is considered to provide the conventional true value. The instrument shall have an inaccuracy better than one third and preferably one tenth of the permissible error of the tested equipment. The equipment under test (EUT) and the reference measuring instrument shall be adjusted to a common zero point. Table 7 specifies the number of measurement cycles and the number and positions of the measuring test points for the respective test procedures that follow (e.g. non-repeatability, inaccuracy determination).

Table 7 – Number of measurement cycles and number and position of test points

Kind of test	Number of measurement cycles	Number of test points	Position of test point ^b (% of specified measuring range)
Type test ^a	3	6	0, 20, 40, 60, 80, 100
Routine test ^a	1	3	0, 50, 100
Acceptance test	As agreed between user and manufacturer	As agreed between user and manufacturer	As agreed between user and manufacturer
^a For technical reasons the number of test points and the position of test points can be adjusted (e.g. 7 test points for 360° encoder (0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300°, 360°)).			
^b For technical reasons the measurement might be taken from 5 % to 95 % of the measurement range.			

In case of deviation from the defined standard test procedures, the manufacturer shall state and justify the changes in their technical documentation.

9.8.3.2 Processing of the measured values

The errors shall be expressed as a percentage of the stated output span. It is recommended that the measurement value is stated relative to the true value in combination with the maximum absolute error expressed as an absolute value.

If agreed between manufacturer and user, the total probable error (TPE) may be stated according to A.3.3.

9.8.3.3 Determination of the accuracy

The errors shall be expressed as a percentage of the stated output span.

The maximum measured error is determined by selecting the greatest positive or negative value from the upscale errors.

9.8.3.4 Determination of Non-Repeatability

The difference between the largest and the smallest measured output value of the concerning test points according to Table 7 at the same position.

9.9 Testing of detection capabilities of physical sizes like operating distance, speed, rotation speed, frequency, etc.

9.9.1 General

9.9.1.1 Overview

Test specifications for all conceivable size measurements are to be described by the manufacturer in his technical documentation and carried out in relation to the defined measured variables. Following subclauses describe a test setup for a distance sensor as an example. In meaningful cases the input signal of the physical detection can be simulated by a signal generator.

9.9.1.2 Method of measurement as example for a distance sensor

A proximity device in new condition is mounted in accordance with the manufacturer's instructions and the standard target according to 9.3.2.1 of IEC 60947-5-2:2019 is moved towards and away from the sensing face of the proximity device in an axial direction. The test points to determine the performance characteristics of a device shall be equidistant over the distance range. At least the no. of test points according to Table 7 are necessary. The output values for each given distance shall be recorded for at least three full distance traverses of movement of the target. One example is shown in Annex A.

9.9.1.3 Error tabulation

The difference between each recorded output value and its corresponding expected output value shall be determined. These differences are the errors and shall be expressed as a percentage of the output span. A positive error denotes that the observed output value is greater than the expected output value.

The following shall be calculated:

- average error;
- arithmetic mean of all readings at each range value.

When the distance/output characteristic is adjustable, then the manufacturer shall state the characteristic used to measure the linearity/conformity of the output signal.

One example is shown in Annex A.

9.9.1.4 Maximum measured error

The maximum value (positive or negative) of all average errors shall be stated as the maximum measured error. One example is shown in Annex A.

9.9.1.5 Determination of non-linearity and non-conformity

9.9.1.5.1 General

In case of a linear relationship between the input variable and output signal the non-linearity shall be determined as described in 9.9.1.5.2. For relationships which are not linear the non-conformity as described in 9.9.1.5.3 shall be determined.

9.9.1.5.2 Linearity

The maximum positive or negative deviation between the average curve and the selected straight line, expressed in percent of stated output span, is the non-linearity

One example is shown in Figure A.3.

In case that no other specification is defined, in any statement regarding linearity and accuracy calculation, the independent non-linearity shall be used. Otherwise the type of non-linearity determination method as described in 8.5.2.5 shall be stated in the user documentation.

One example according the different non-linearity determination methods is given in Figure A.3.

9.9.1.5.3 Conformity of the output signal

Non-conformity shall be determined by calculation or as follows. The stated output characteristic shall be drawn so that it coincides with the average error curve at the upper and the lower range values.

Non-conformity is the maximum deviation between the average error curve and the stated output characteristic. It is expressed as a positive or negative percentage of the output span. One example of non-conformity is shown in Clause A.2.

Annex A (informative)

Example of the determination of the conformity

A.1 Example 1 of the determination of the conformity of an angle sensor, with linear output characteristics

Method of measurement: in accordance with 9.8.3, using 6 test points and three full angle traverses.

One example of the error tabulation in accordance with 9.8.3 is given in Table A.1

Sensing angle

Lower range value: 30 °

Upper range value: 330 °

Range of input values: 300 °

NOTE In the case of a measuring range from 0° until to 360°, 7 test points in 60° steps would also be possible.

Output type: current

Lower limit: 4 mA

Upper limit: 20 mA

Output span: 16 mA

Table A.1 – Example table for the errors of a linear sensor

Test point no.	Angle	Expected output value	1st Cycle ^a		2nd Cycle ^a		3rd Cycle ^a		Average Error	Best Fit (for Average Error)	Linearity Error
			Measured output value	Error	Measured output value	Error	Measured output value	Error			
	°	mA	mA	% ^b	mA	% ^b	mA	% ^b	% ^b	% ^b	% ^b
1	30	4,0	3,6	-2,50	4,6	3,75	4,7	4,38	1,88	0,69	1,19
2	90	7,2	7,4	1,25	6,9	-1,88	6,9	-1,88	-0,83	0,67	-1,50
3	150	10,4	10,4	0,00	10,1	-1,88	10,7	1,87	0,00	0,65	-0,65
4	210	13,6	13,9	1,87	14,1	3,12	13,3	-1,88	1,04	0,63	0,41
5	270	16,8	16,9	0,62	16,7	-0,63	17,6	5,00	1,67	0,61	1,06
6	330	20,0	19,5	-3,13	20,1	0,63	20,4	2,50	0,00	0,59	-0,59

^a Only upscale

^b % Related to output span

Non-repeatability = 6,88 %

Non-linearity = ±1,50 %

Inaccuracy = -3,13 % +5,00 %

Maximum measured error = 1,88 %

IEC

Figure A.1 shows the output value diagram of a linear sensor corresponding to the example given in Table A.1.

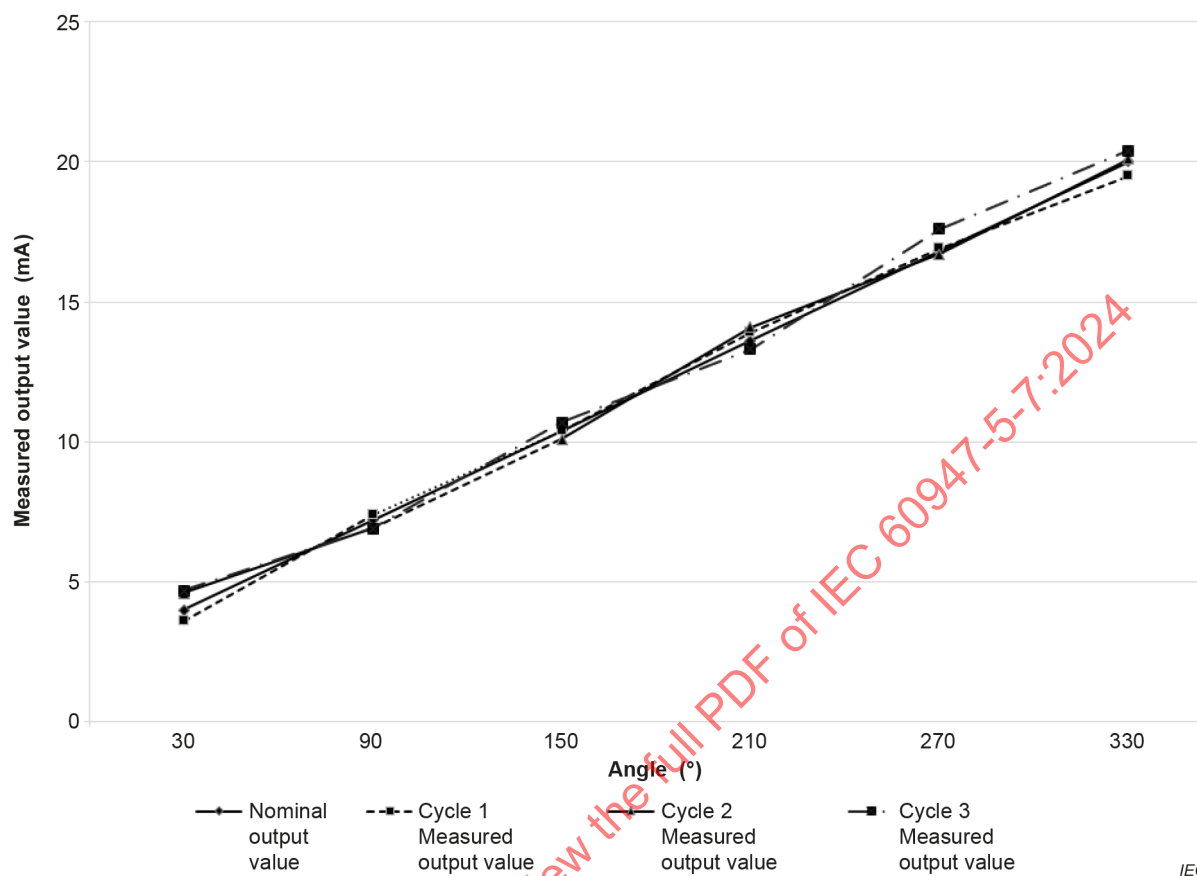
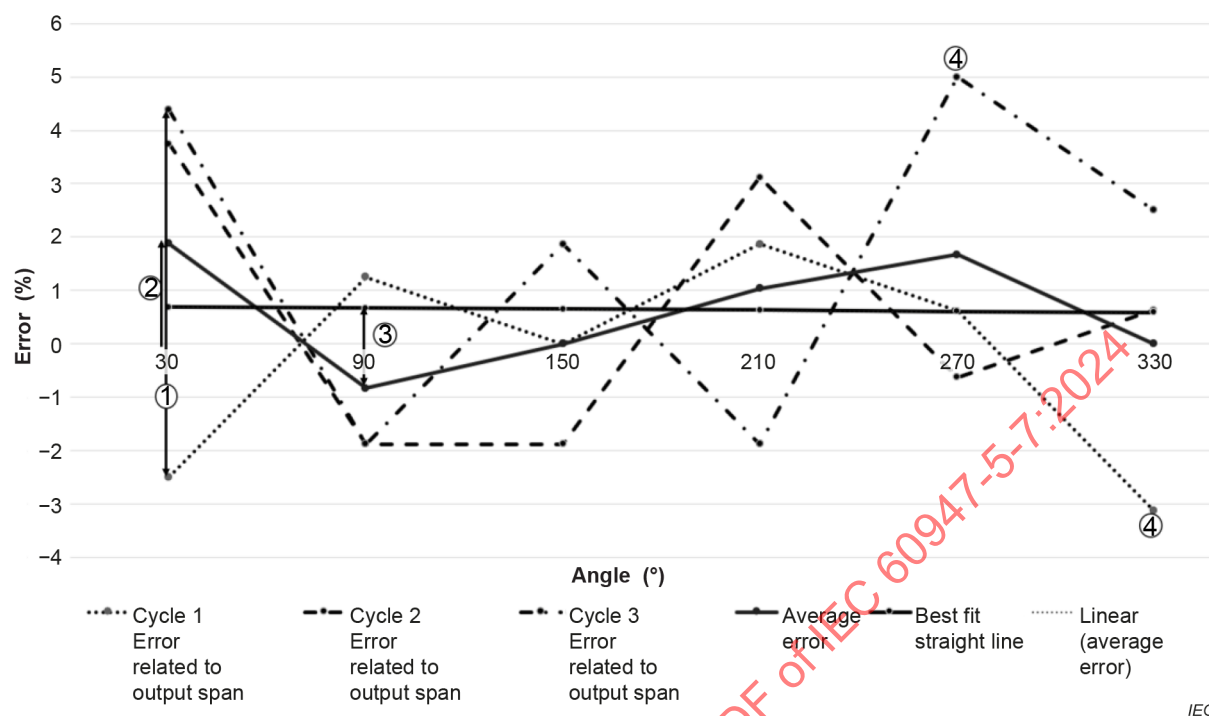


Figure A.1 – Output values diagram corresponding to example of Table A.1

Figure A.2 shows the error curves related to the example of Table A.1.



① Non-repeatability: 6,88 %

② Maximum measured error: 1,88 %

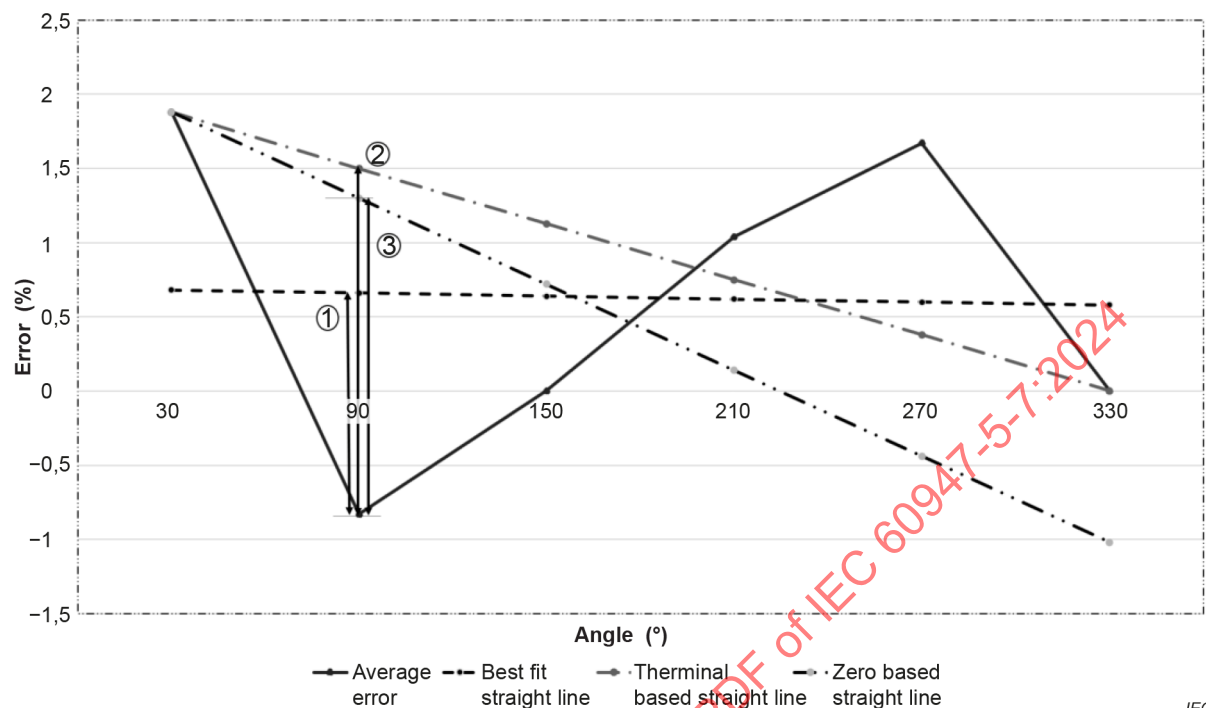
③ Non-linearity: $\pm 1,50$ %

④ Inaccuracy: -3,13 % +5,00 %

NOTE The inaccuracy in the example varies e.g. from -3,13 % to +5,00 %. The inaccuracy specified by the manufacturer can be e.g. $\pm 5,0$ %. It can be handled in the same way for all other values.

Figure A.2 – Error curves corresponding to example of Table A.1

Figure A.3 shows all types of the non-linearity curves of a linear sensor corresponding to the example given in Table A.1.



- ① Best fit (independent) non-linearity: $\pm 1,50$ %
- ② Terminal based non-linearity: $\pm 2,33$ %
- ③ Zero based non-linearity: $\pm 2,13$ %

Figure A.3 – Non-linearity error curves corresponding to the example of Table A.1

A.2 Example 2 of the determination of the conformity of a position sensor, with nonlinear output characteristics

One example of the error tabulation of a non-linear sensor in accordance with 9.8.3 is given in Table A.2.

Sensing distance:
 Lower range value: 0 mm
 Upper range value: 5 mm
 Range of values: 5 mm

Output type: voltage
 Lower limit: 0 V
 Upper limit: 10 V
 Output span: 10 V

Table A.2 – Example table for the errors of a nonlinear sensor

Test point no.	Position	Expected output value	1st Cycle ^a		2nd Cycle ^a		3rd Cycle ^a		Average Error	Best Fit (for Average Error)	Conformity Error
			Measured output value	Error	Measured output value	Error	Measured output value	Error			
	mm	V	V	% ^b	V	% ^b	V	% ^b	% ^b	% ^b	% ^b
1	0	0,0	0,020	0,20	-0,080	-0,80	0,040	0,40	-0,07	-0,23	0,17
2	1	0,8	0,792	-0,08	0,717	-0,83	0,900	1,00	0,03	0,30	-0,27
3	2	3,2	3,100	-1,00	3,423	2,23	3,460	2,60	1,28	0,84	0,44
4	3	5,8	5,490	-3,10	6,000	2,00	6,200	4,00	0,97	1,38	-0,4
5	4	8,2	8,670	4,70	8,480	2,80	7,950	-2,50	1,67	1,91	-0,25
6	5	9,0	9,431	4,31	9,600	6,00	8,800	-2,00	2,77	2,45	0,32

^a Only upscale^b % Related to output spanInaccuracy
= -3,10 % +6,00 %

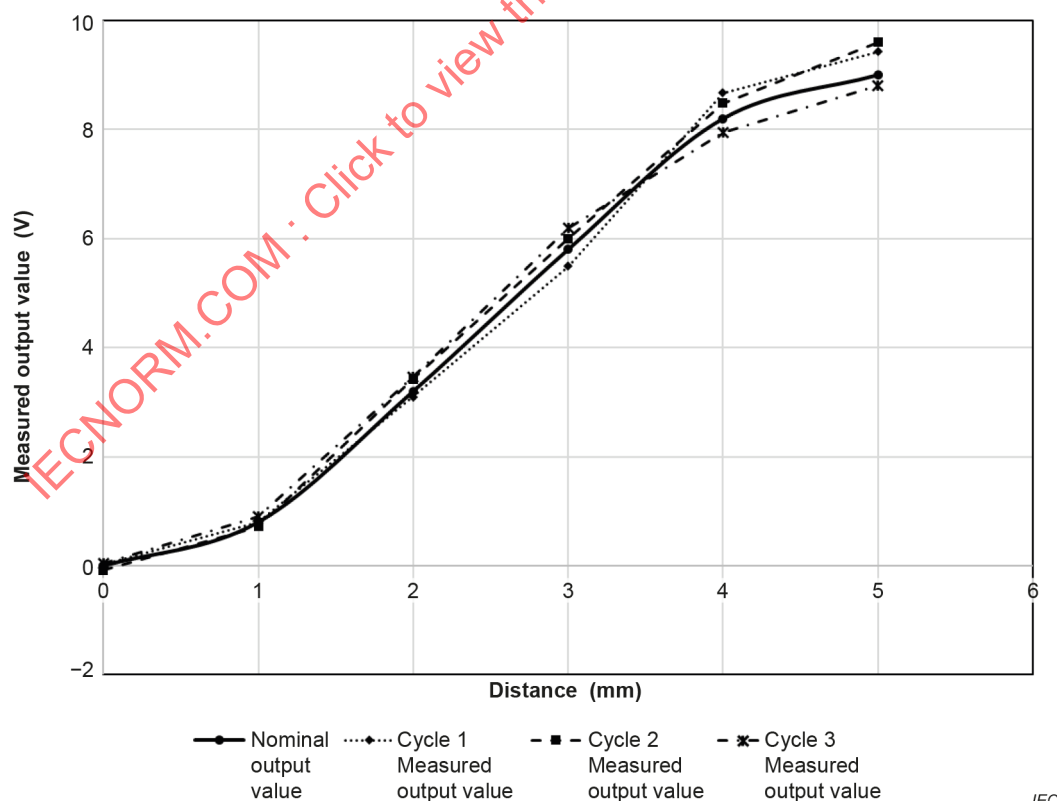
Non-repeatability = 7,20 %

Maximum measured
error = 2,77 %Non-conformity
of output signal curve
= ±0,44 %

IEC

NOTE Load impedance acc. Table 3 and voltage drop of connecting line can have influence.

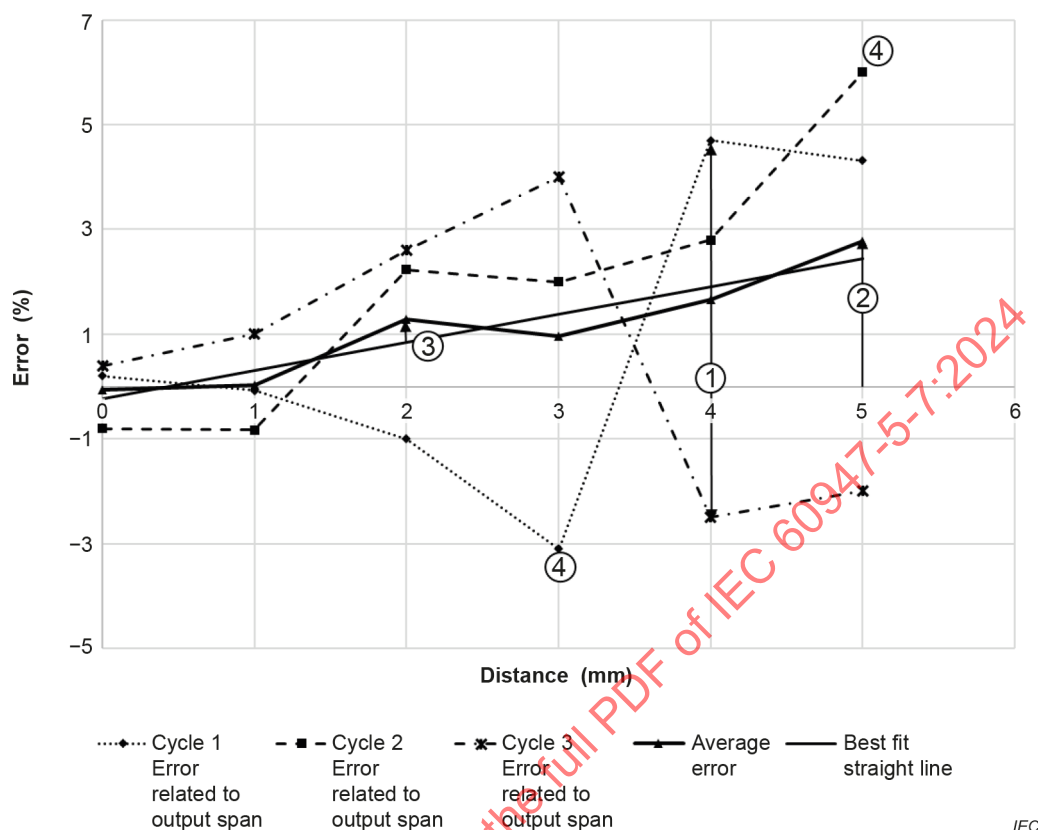
Figure A.4 shows the output value diagram of a non-linear sensor corresponding to the example given in Table A.2.



IEC

Figure A.4 – Output values diagram corresponding to example of Table A.2

Figure A.5 shows the error diagram of a non-linear sensor corresponding to the example given in Table A.2.



- ① Non-repeatability: 7,20 %
- ② Maximum measured error: 2,77 %
- ③ Non-conformity of output signal: $\pm 0,44$ %
- ④ Inaccuracy: -3,10 % +6,00 %

Figure A.5 – Error curves corresponding to example of Table A.2

A.3 Test report and technical documentation

A.3.1 Test report

Subclause 9.8.3 applies.

A.3.2 Technical documentation

Subclause 9.8.3 applies.

A.3.3 Total probable error TPE

A.3.3.1 General

The manufacturer may analyse and evaluate the possible influences of operating conditions on the accuracy of the analog output(s) depending on customer's application. Possible foreseeable operating conditions may be analysed and evaluated.

Values shall be achieved with one EUT based on individual test sequences for each influence parameter. The tolerance value unit shall be stated in %.

$$TPE = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + n^2}$$

A = Inaccuracy

B = Ambient temperature effect

C = Long Term Stability (1 year)

n = Specific errors (e.g. process temperature effect, ambient atmospheric conditions, power supply, etc.)

In case of new prototype devices, a long term stability test of 30 days can be acceptable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

Annex B (informative)

Overview tests and influence quantities

B.1 Tests at the standard reference conditions

Table B.1 summarizes the complete tests to be performed on a proximity device with analog output (PDAO).

Table B.1 – Summary of the tests at the reference conditions

Test Group	Test	Notes on test methods and on information to be reported	Reference clause for:		
			Type tests	Routine tests	Acceptance tests
Accuracy-related factors (subclause 9.8ff)	Test procedure applicable for both analog and digital PDAOs	Three full-range traverse measurements, with at least six points along the measuring range every nearly 20 %. Calculation of the errors and plotting of the error curves.	9.8.3	9.8.3, with only a single traverse test and at least three test points 0 %, 50 %, 100 % of the measuring range	As agreed by the manufacturer
	Inaccuracy	Greatest positive and negative deviations	8.5.2.3, 9.8.3.3, Annex A	8.5.2.3, 9.8.3.3, Annex A	
	Maximum measured error	The maximum value (positive or negative) of all average errors shall be stated as the maximum measured error	9.8.3.3, 9.9.1.4, Annex A	9.8.3.3, 9.9.1.4, Annex A	
	Non-linearity	The maximum positive or negative deviation between the average curve and the selected straight line, expressed in percent of stated output span, is the non-linearity	8.5.2.5, 9.9.1.5.2, Annex A	8.5.2.5, 9.9.1.5.2, Annex A	
	Non-conformity	Non-conformity is the maximum deviation between the average error curve and the stated output characteristic. It is expressed as a positive or negative percentage of the output span.	9.9.1.5.3, Annex A	9.9.1.5.3, Annex A	
	Non repeatability	Non-repeatability is the algebraic difference between the extreme values obtained by a number of consecutive measurements of the output over a short period of time, for the same value of the input, under the same operating conditions. Non-repeatability is usually expressed in percentage of ideal output span and does not include hysteresis.	8.5.2.2, 9.8.3.4	8.5.2.2, 9.8.3.4	

Test Group	Test	Notes on test methods and on information to be reported	Reference clause for:		
			Type tests	Routine tests	Acceptance tests
Static characteristics	General		9.8.1		
	Output type	e.g. current, voltage, communication	Table 4		
	Output signal range	e.g. 4 mA to 20 mA, 0 to 10 V	Table 4		
	Output impedance in output signal range (manufacturer shall specify if this is in the on or off state)	Ω	Table 4		
	Analog output error	Limits of maximum error at $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ in $\pm$ % of output span	Table 4		
	Maximum error over full temperature range	$\pm$ % of output span Only on demand	Table 4		
	Digital resolution of digital value	Number of bits If applicable Only on demand	Table 4		
	Value of a LSB (least significant bit) at the analog output signal after D/A converter	mV, mA If applicable Only on demand	Table 4		
	Output load effect	Vary load resistance from minimum to maximum as specified by manufacturer.	5.3.3, 8.1.1		
	Output ripple	Peak-to-peak values and principle frequency components.	5.3.1.7, 5.3.2.6		
	Overload		9.8.2.2, Table 6		
Dynamic behaviour (6.2.4)	General		6.1.2.1, Table 5		
	Settling time	Input steps corresponding to 80 % and 10 % of output span. Record the step response time and also the time for the output to reach and remain within 1 % of output span of its steady value (settling time).	Figure 2, Table 5		
	Recovery time	Time taken, following the removal of an external influence, for the output signal to return to its previous value within the limits of repeatability as defined in 3.2.10.	Figure 2, Table 5		
	Warm-up time	Duration between the instant when the power supply is energized and the instant when the device can be used, as specified by the manufacturer	3.3.9, Figure 2		
	Long-term drift	Output monitored for 30 days with an input of 90 % of the span.	3.2.8		
	Long-term stability	Drift of zero output signal in percent of full scale limit after a given period of normal operating conditions	3.2.9		

B.2 Tests at ambient and process reference conditions for influence quantities

Table B.2 summarizes relevant influence quantity tests for a PDAO.

Table B.2 – Summary of tests for influence quantities at the operating conditions

Test Group	Test	Notes on test methods and on information to be reported
Influence of atmospheric parameters	Ambient temperature effects	Two or three cycles of the temperature range specified approximately every 20 °C and carry out at each temperature a measuring cycle for increasing and decreasing input values every 25 % of span and record the output error. The test shall be made for a time sufficient for the temperature-rise to reach a steady-state value, but not exceeding 8 h. It is assumed that a steady state is reached when the variation does not exceed 1 K per hour.
	Ambient relative humidity effects	One cycle at 40 °C; 93 % RH and carry out a measuring cycle for increasing and decreasing input values every 25 % of span and record the output error.
Mechanical influences	Vibration	Initial resonance search, endurance conditioning over 60 sweep cycles, and final resonance search, and recording during the test the output deviation with input value of 50 % and after the test the zero and the span deviations.
	Shock, drop and topple	"Drop and topple" procedure in accordance with IEC 60068-2-31 and recording after the test the zero and the span deviations.
	Accelerated operational life test	100 000 cycles of amplitude equal to half the span at frequency with gain not reduced below 0,8. Measure lower range value, span and hysteresis at start and finish of test. Additional measurements during the test may be required if wear or ageing is anticipated (tests Z/S according to 6.1.1).
EMC	Immunity tests	8.2, 9.6, Annex C, C.9.1 For more details see IEC 60947-5-2.
	Emission tests	8.2, 9.6, Annex C, C.8.2 For more details see IEC 60947-5-2.
Further tests	Storage and transportation Enclosure protection against solid, liquid (IP) and Impact (IK) Enclosure protection against corrosive and erosive influences	See for more detail the IEC standards referred in the corresponding subclauses.
Additional tests for digital PDAO only	Compliance to fieldbus protocol	See IEC 61784-1-0, IEC 61784-2-0 and IEC 61158 for more details.
	Interoperability and interchangeability	See IEC 61784-5-1 and IEC 61804-2-0 for more details.

Annex C (normative)

Additional requirements for proximity switches with analog output incorporating a built-in communication interface complying with IEC 61131-9

C.1 General

This annex applies to proximity devices with analog output incorporating a built-in single-drop digital communication interface (SDCI) according to IEC 61131-9:2022 (see Figure 1 proximity device with analog output, schematic diagram structure) and specifies additional requirements.

For an SDCI port with switching element function the relevant requirements of the product standard IEC 60947-5-2:2019 apply in addition.

NOTE The switching element function and the communication function can be combined on one terminal.

C.5 Analog Characteristics

C.5.1 Rated and limiting values for SDCI

Subclauses 5.3.2.2, 5.3.2.4 and 5.4 of IEC 61131-9:2022 apply with the following addition.

NOTE The thresholds given in 5.3.2.2 of IEC 61131-9:2022 are compatible with the definitions of type 1 inputs given in Table S.2 of IEC 60947-1:2020.

Devices providing a port class B shall be compatible with the characteristics of the power supply given in Table 11 of IEC 61131-9:2022.

C.6 Product information

Clause 6 applies with the following addition:

If applicable, interface specific information according to IEC 61131-9:2022 shall be given by the manufacturer.

C.8 Constructional and performance requirements

C.8.1 Constructional requirements

C.8.1.2 Wiring, connectors and power

Subclauses 4.3 of IEC 61131-9:2022, 5.5.1 of IEC 61131-9:2022 and 5.5.2 of IEC 61131-9:2022 apply.

NOTE Information on SDCI communication abilities is available in IEC 61131-9:2022.

C.8.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

For the function of the proximity switch, subclause 8.2.6 of IEC 60947-5-2:2019 shall apply. In addition to that, for the SDCI, subclause H.1 of IEC 61131-9:2022 applies.

C.9 Tests

C.9.1 Kinds of tests

C.9.1.2 Type tests

For the immunity test of the function of the proximity switch, subclause 9.6.2 of IEC 60947-5-2:2019 applies. To verify the immunity of the communication link of the SDCI, subclause H.2.1 of IEC 61131-9:2022 applies.

NOTE Information on the testing of SDCI communication abilities can be found in the IO-Link² test specification, available on the IO-Link Consortium-homepage³.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

² IO-Link™ is a trade name of the "IO-Link Consortium". This Information is given for the convenience of users of this publication and does not constitute an endorsement by IEC of the trade name holder or any of its products. Compliance to this publication does not require use of the registered logos for IO-Link™. Use of the registered logos for IO-Link™ requires permission of the "IO-Link Consortium".

³ See <https://io-link.com>.

Annex D (informative)

Main characteristics for proximity devices with analog output

D.1 Properties of proximity devices with analog output

Annex D defines the main characteristics of proximity devices with analog output. The manufacturer shall provide these properties in his product description if applicable. More properties on the different measurement principles are defined in the IEC 62683 database.

NOTE All terms and definitions are according to IEC 61360, IEC 61987 and IEC 62683.

The main characteristics for proximity devices with analog output are listed in Table D.1.

Table D.1 – Proximity sensing devices with analog output

Class name	Properties of each class	Class ID	Property ID
Output of proximity sensing device		ACC091	
Rated operating condition		ACG167	
	ambient air temperature		ACE440
	warm-up time		ABB026
number of proximity switch outputs			ACE065
Output signal		ACG170	
	designation of the output interface		ACE066
	programmable output		ACE067
	output signal type		ACE068
Current output		ACG171	
	range of analog current signal		ACE338
	maximum influence of ambient temperature		ACE340
	recovery time		ACE342
	ripple content		ACE339
	measured error expressed as percentage		ABB652
	reference base for measured error		ABB005
	resolution of digital/analog-converter		ABF253
	current signal resolution		ABA444
	settling time		ABA999
	non-linearity (independent)		ABB803
	non-conformity (independent)		ABB806
	inaccuracy expressed as percentage		ABB653
	reference base for inaccuracy		ABB654
	non-repeatability		ABA568
	reference base for non-repeatability		ABB779
	maximum load		ABA383

Class name	Properties of each class	Class ID	Property ID
Voltage output		ACG173	
	range of analog voltage signal		ACE341
	maximum influence of ambient temperature		ACE340
	recovery time		ACE342
	ripple content		ACE339
	measured error expressed as percentage		ABB652
	reference base for measured error		ABB005
	resolution of digital/analog-converter		ABF253
	voltage signal resolution		ABA448
	settling time		ABA999
	non-linearity (independent)		ABB803
	non-conformity (independent)		ABB806
	inaccuracy expressed as percentage		ABB653
	reference base for inaccuracy		ABB654
	non-repeatability		ABA568
	reference base for non-repeatability		ABB779
	minimum load at voltage output		ABB154
Communication interface		ACG174	
	physical layer		ACE371
	fieldbus		ACE368
	industrial ethernet bus		ACE369
Digital output performance		ACG176	
	resolution of analog/digital conversion		ABP168
	maximum influence of ambient temperature		ACE340
	recovery time		ACE342
	measured error expressed as percentage		ABB652
	reference base for measured error		ABB005
	settling time		ABA999
	non-linearity (independent)		ABB803
	non-conformity (independent)		ABB806
	inaccuracy expressed as percentage		ABB653
	reference base for inaccuracy		ABB654
	non-repeatability		ABA568
	reference base for non-repeatability		ABB779
Physical representation of sensor input		ACG177	
	lower limit of measuring range		ACE343
	upper limit of measuring range		ACE344
	physical quantity of sensor input		ACE345
	unit of measure		ABA968

D.2 Library of product properties and value lists

D.2.1 Library of properties used in the device classes

Table D.2 lists all relevant properties for proximity switches with analog output.

Table D.2 – Library of properties used in the device classes

Property ID	Preferred name	Definition	Source/ comment	Unit	Data Type	Format
ACF167	Rated operating condition	operating condition that must be fulfilled during measurement in order that an output signal performs as designed Note 1 to entry: Rated operating conditions generally specify intervals of values for a quantity being measured and for any influence quantity.	ISO/IEC Guide 99:2007, 4.9, modified		CLASS_REFERENCE_TYPE(ACG167)	
ACE065	number of proximity switch outputs	cardinality property for the total number of the described outputs of a proximity switch			INT_TYPE	NR1..2
ACF170	output signal	analog or digital representation of the physical quantity value produced by a transducer	IEC 60050-314:2001, 314-04-06, modified		LIST(1,?) OF CLASS_REFERENCE_TYPE(ACG170)	
ACE066	designation of the output interface	alphanumeric character sequence identifying an output interface			NON_TRANSLATABLE_STRING_TYPE	X..8
ACE067	programmable output	ability to select the type of the output interface of the device			ENUM_BOOLEAN_TYPE(0112/2//62683#ACI008)	
ACE068	output signal type	selection of the type of analog or digital representation of the physical quantity value produced by a transducer			ENUM_STRING_TYPE(0112/2///62683#ACI145)	X..32
ACF171	current output	analog signal of the current output of a proximity device			LIST(0,?) OF CLASS_REFERENCE_TYPE(ACG171)	
ACE338	range of analog current signal	all values of the analog current signal between and including defined limits	IEC 60947-5-7:2024, 3.3.1 / 3.3.3	mA	LEVEL(MIN,MAX) OF REAL_MEASURE_TYPE	NR2..2.1
ACE339	ripple content	ratio between the peak-to-peak value of the AC component and the upper limit of the signal value Note 1 to entry: The minimum bandwidth of the ripple measurement is typically 20 MHz.	IEC 60947-5-7:2024, 3.3.8	%	REAL_MEASURE_TYPE	NR2..2.1

Property ID	Preferred name	Definition	Source/ comment	Unit	Data Type	Format
ACE340	maximum influence of ambient temperature	change in output caused by a change in ambient temperature with respect to reference conditions, expressed as the maximum error across the specified ambient temperature range Note 1 to entry: The ambient temperature effect B in % defined in D.3.3.1 is obtained by determining the maximum error of the output signal in % over the range of the operating temperature range as described in subclause 6.3.2 of IEC 62828-1:2017.		%	LEVEL(MAX) OF REAL_MEASURE_TYPE	NR2..2.1
ACF173	voltage output	analog signal of the voltage output of a proximity device			LIST(0..?) OF CLASS_REFERENCE_TYPE(AC G173)	
ACE341	range of analog voltage signal	all values of the analog voltage output between and including defined limits	IEC 60947-5-7:2024, 3.3.2 / 3.3.3	V	LEVEL(MIN,MAX) OF REAL_MEASURE_TYPE	NR2..2.1
ACF174	communication interface	communication functions for the transfer of information between the proximity switch and the system			LIST(0..?) OF CLASS_REFERENCE_TYPE(AC G174)	
ACF176	digital output performance	provision for fitness for purpose that concerns the behaviour of the digital output signal	Derived from ISO/IEC Guide 2:2004, 7.8		CLASS_REFERENCE_TYPE(AC G176)	
ACE342	recovery time	time taken, following the removal of an external influence, for the output signal to return to its previous value within the limits of repeatability	IEC 60947-5-7:2024, 3.3.9	ms	LEVEL(MIN) OF INT_MEASURE_TYPE	NR1..3
ACF177	Physical representation of sensor input	description of the physical quantity measured by the sensor that is represented by the output signal value			CLASS_REFERENCE_TYPE(AC G177)	
ACE343	lower limit of measuring range	minimum input value that can be measured with a specified uncertainty and under defined conditions			REAL_TYPE	NR2..3.2
ACE344	upper limit of measuring range	maximum input value that can be measured with a specified uncertainty and under defined conditions			REAL_TYPE	NR2..3.2
ACE345	physical quantity of sensor input	quantitative description of the physical phenomenon which the sensor converts into an output electric signal			ENUM_STRING_TYPE (0112/2///62683 #ACI144)	X..16
ACE440	ambient air temperature	operating temperature limits, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the complete switching device		°C	LEVEL(MIN,MAX) OF REAL_MEASURE_TYPE	NR2..2.1

Property ID	Preferred name	Definition	Source/ comment	Unit	Data Type	Format
ABB026	warm-up time	duration between the instant when the power supply is energized and the instant when the instrument can be used, as specified by the manufacturer	IEC 60050-311:— ⁴ , 311-03-18	s	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB652	measured error expressed as percentage	largest positive or negative value of error of the average upscale or downscale value at each point of measurement expressed as a percentage of range, span or measured value	IEC 61298 and IEC 60770-2	%	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB005	reference base for measured error	basis for stating a percentage measured error			ENUM_CODE_TYPE(0112/2///61987#ABJ764)	
ABF253	resolution of digital/analog-converter	measure of the accuracy with which a digital system can distinguish between the magnitudes of two samples of a signal	IEC 60050-807:1998, 807-01-02	bit	REAL_MEASURE_TYPE	
ABA444	current signal resolution	smallest detectable increment between two signal values		μA	REAL_MEASURE_TYPE	
ABA999	settling time	time interval between the step change of an input signal and the instant when the resulting variation of the output of the signal does not deviate more than 1% from its final steady state value	IEC 61298-2	s	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB803	non-linearity (independent)	non-linearity determined by drawing a straight line through the average, curve in such a way as to minimize the maximum deviation	IEC 61298-2	%	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB806	non-conformity (independent)	non-conformity determined by drawing a straight line through the average, curve in such a way as to minimize the maximum deviation	IEC 61298-2 MOD	%	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB653	inaccuracy expressed as percentage	maximum positive and negative deviation from the specified characteristic curve observed in testing a device under specified conditions and by a specified procedure, expressed as percentage of ideal span	IEC 61298-1:2008, 3.5	%	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB654	reference base for inaccuracy	basis for stating an inaccuracy			ENUM_CODE_TYPE(0112/2///61987#ABJ764)	
ABA568	non-repeatability	for a device, percentage degree of deviation between the results of successive measurements of a quantity, carried out under the same conditions of measurement	IEC 61298	%	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB779	reference base for non-repeatability	basis for stating a non-repeatability			ENUM_CODE_TYPE(0112/2///61987#ABJ764)	
ABA383	maximum load	maximum load that can be applied to the terminals of the device or will be given by the device to an external device connected to it		Ω	REAL_MEASURE_TYPE	

⁴ Under consideration. Stage at the time of publication: IEC/ACD 60050-311:2024.

Property ID	Preferred name	Definition	Source/ comment	Unit	Data Type	Format
ABA448	voltage signal resolution	smallest detectable increment between two voltage values		mV	REAL_MEASURE_TYPE	
ABB154	minimum load at voltage output	smallest load connected in series with an output circuit which ensures that it operates within the specified accuracy limits		Ω	REAL_MEASURE_TYPE	
ACE371	physical layer	layer 1 in the Open System Interconnection (OSI) architecture that provides services to transmit bits or groups of bits over a transmission link between open systems and which entails electrical, mechanical and handshaking procedures	IEC 60728-7-3:2009, 3.1.4		ENUM_STRING_TYPE(0112/2///62683#ACI137)	X..32
ACE368	fieldbus	communication system based on serial data transfer as typically used in industrial automation and process control applications	IEC 61158-1:2014, 3.1.2		ENUM_STRING_TYPE(0112/2///62683#ACI057)	X..32
ACE369	industrial ethernet bus	specific combination of physical and data link layer protocols as defined in IEEE 802.3 that allow multiple systems to gain access to a shared medium and communicate with one another	ISO 14827-2:2005, 3.8		ENUM_STRING_TYPE(0112/2///62683#ACI134)	X..32
ABP168	resolution of analog/digital conversion	number of bits with which an analog signal is converted to digital signal		bit	REAL_MEASURE_TYPE	
ABA968	unit of measure	engineering units associated with a variable, display, scale, graduation or any other means of indicating a value	IEC 61987		STRING_TYPE	

D.2.2 Value lists of properties

Table D.3 lists all values of the relevant properties for the proximity switch class with analog output.

Table D.3 – Value lists of properties

ENUM. ID	Applicable property	Value list	Source
ACI008	ACE067 programmable output	yes no	
ACI145	ACE068 output signal type	current voltage communication interface	
ABJ764	ABB005 reference base for measured error ABB654 reference base for inaccuracy ABB779 reference base for non-repeatability	relative to calibrated span relative to full scale relative to measured value relative to measuring upper range-limit relative to span others	

ENUM. ID	Applicable property	Value list	Source
ACI137	ACE371 physical layer	IO-Link parallel RS-232 RS-422 SSI RS-485 other physical layer	
ACI057	ACE368 fieldbus	AS-I CAN CC-Link DeviceNet INTERBUS Modbus Profibus PROFINET PROFIsafe other fieldbus	
ACI134	ACE369 industrial ethernet bus	EtherCAT Ethernet/IP POWERLINK Modbus TCP MQTT OPC UA Sercos other industrial ethernet	
ACI144	ACE345 physical quantity of sensor input	distance level temperature frequency rotation speed angular angular speed force acceleration pressure flow other	

Bibliography

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 61131-2:2017, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61784-1-0, *Industrial networks – Profiles – Part 1-0: Fieldbus profiles – General concepts and terminology*

IEC 61784-2-0, *Industrial networks – Profiles – Part 2-0: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – General concepts and terminology*

IEC 61784-5-1, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-1: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 1*

IEC 61804-2, *Function blocks (FB) for process control and electronic device description language (EDDL) – Part 2: Specification of FB concept*

IEC 62683-1:2017, *Low-voltage switchgear and controlgear – Product data and properties for information exchange – Part 1: Catalogue data*

IEC 62828-1:2017, *Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters – Part 1: General procedures for all types of transmitters*

IEC 62828-4:2020, *Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters – Part 4: Specific procedures for level transmitters*

IEC TS 63058:2021, *Switchgear and controlgear and their assemblies for low voltage – Environmental aspects*

IEC TR 63201:2019, *Low-voltage switchgear and controlgear – Guidance for the development of embedded software*

IEC GUIDE 115:2023, *Application of measurement uncertainty to conformity assessment activities in the electrotechnical sector*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	55
3 Termes, définitions et liste des abréviations	55
3.1 Définitions fondamentales	56
3.2 Fonctionnement d'un détecteur de proximité	56
3.3 Caractéristiques de l'élément de sortie	60
3.4 Liste des abréviations	63
4 Classification	64
4.1 Généralités	64
5 Caractéristiques analogiques	64
5.1 Généralités	64
5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le détecteur de proximité et les éléments de sortie	64
5.3.1 Tensions	64
5.3.2 Courants	64
5.3.3 Conditions de charge	65
5.3.4 Linéarité	65
6 Informations sur le matériel	65
6.1 Nature des informations – Identification	65
6.1.1 Ajout d'informations	65
6.1.2 Informations spécifiques du 6.1.1 bc) Caractéristiques de sortie	66
6.4 Informations relatives à l'environnement	66
6.4.1 Processus d'écoconception (processus ECD)	66
6.4.2 Procédure pour établir la déclaration des matériaux	66
7 Conditions normales de service, de montage et de transport	67
8 Exigences relatives à la construction et aux performances	67
8.1 Généralités	67
8.1.1 Conditions de charge	67
8.1.18 Aspects relatifs à la sécurité	67
8.1.19 Logiciels intégrés	67
8.2 Exigences relatives aux performances	67
8.2.1 Critères d'acceptation	67
8.5 Valeurs limites de sortie analogique	68
8.5.1 Généralités	68
8.5.2 Conditions d'environnement pour les essais	68
9 Essais	69
9.1 Généralités	69
9.3.1 Séquences d'essais	70
9.6 Vérification de la compatibilité électromagnétique	70
9.6.1 Généralités	70
9.8 Exigences supplémentaires pour les détecteurs de proximité à sortie analogique	70
9.8.1 Exigences pour les programmes d'essais et les procédures de vérification du bon fonctionnement (PFVP)	70
9.8.2 Vérification de la sortie analogique	71
9.8.3 Précision et facteurs associés	72

9.9	Essais des capacités de détection de dimensions physiques telles que la portée, la vitesse, la vitesse de rotation, la fréquence, etc.	73
9.9.1	Généralités	73
Annexe A (informative)	Exemple de détermination de la conformité	76
A.1	Exemple 1 de détermination de la conformité d'un capteur d'angle présentant des caractéristiques de sortie linéaires	76
A.2	Exemple 2 de détermination de la conformité d'un capteur de position présentant des caractéristiques de sortie non linéaires	79
A.3	Rapport d'essai et documentation technique	81
A.3.1	Rapport d'essai	81
A.3.2	Documentation technique	81
A.3.3	Erreur totale probable (TPE)	81
Annexe B (informative)	Vue d'ensemble des essais et grandeurs d'influence	83
B.1	Essais dans les conditions de référence normalisées	83
B.2	Essais dans les conditions ambiantes et de référence du processus pour les grandeurs d'influence	85
Annexe C (normative)	Exigences supplémentaires pour les détecteurs de proximité à sortie analogique qui comportent une interface de communication intégrée conforme à l'IEC 61131-9	86
C.1	Généralités	86
C.5	Caractéristiques analogiques	86
C.5.1	Valeurs assignées et valeurs limites pour les SDCI	86
C.6	Informations sur le matériel	86
C.8	Exigences relatives à la construction et aux performances	86
C.8.1	Exigences relatives à la construction	86
C.8.2	Compatibilité électromagnétique (CEM)	86
C.9	Essais	87
C.9.1	Nature des essais	87
Annexe D (informative)	Caractéristiques principales des détecteurs de proximité à sortie analogique	88
D.1	Propriétés des détecteurs de proximité à sortie analogique	88
D.2	Bibliothèque des propriétés des produits et listes des valeurs	90
D.2.1	Bibliothèque des propriétés utilisées dans les classes d'appareils	90
D.2.2	Listes des valeurs des propriétés	94
Bibliographie		96
Figure 1	Détecteur de proximité à sortie analogique (PDAO), schéma fonctionnel de la structure	54
Figure 2	Schéma de principe des valeurs temporelles et de leurs significations	62
Figure 3	Schéma de principe des valeurs limites et de leurs domaines	63
Figure 4	Valeurs limites des signaux de sortie analogiques	68
Figure A.1	Diagramme des valeurs de sortie correspondant à l'exemple du Tableau A.1	77
Figure A.2	Courbes d'erreur correspondant à l'exemple du Tableau A.1	78
Figure A.3	Courbes d'erreur de non-linéarité correspondant à l'exemple du Tableau A.1	79
Figure A.4	Diagramme des valeurs de sortie correspondant à l'exemple du Tableau A.2	80
Figure A.5	Courbes d'erreur correspondant à l'exemple du Tableau A.2	81

Tableau 1 – Domaine des signaux analogiques en tension	64
Tableau 2 – Domaine des signaux analogiques en courant	65
Tableau 3 – Conditions de charge.....	65
Tableau 4 – Caractéristiques statiques des signaux de sortie analogiques.....	66
Tableau 5 – Caractéristiques dynamiques des sorties analogiques	66
Tableau 6 – Essai d'immunité aux surcharges des sorties analogiques	72
Tableau 7 – Nombre de cycles de mesure et nombre/positions des points d'essai	73
Tableau A.1 – Exemple de tableau pour les erreurs d'un capteur linéaire.....	76
Tableau A.2 – Exemple de tableau pour les erreurs d'un capteur non linéaire	80
Tableau B.1 – Récapitulatif des essais dans les conditions de référence	83
Tableau B.2 – Récapitulatif des essais des grandeurs d'influence dans les conditions de fonctionnement	85
Tableau D.1 – Détecteurs de proximité à sortie analogique.....	88
Tableau D.2 – Bibliothèque des propriétés utilisées dans les classes d'appareils.....	90
Tableau D.3 – Liste des valeurs des propriétés.....	94

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

**Partie 5-7: Appareils et éléments
de commutation pour circuits de commande –
DéTECTEURS de proximité à sortie analogique**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet.

L'IEC 60947-5-7 a été établie par le sous-comité 121A: Appareillage à basse tension, du comité d'études 121 de l'IEC: Appareillages et ensembles d'appareillages basse tension. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition parue en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) nouvelle structure;
- b) mise à jour et développement des définitions relatives aux propriétés de sortie analogiques;
- c) développement des exigences relatives aux performances des sorties analogiques;
- d) mise à jour et ajout de nouvelles références normatives;
- e) mise à jour des exigences de CEM;
- f) harmonisation avec la série IEC 62828;
- g) harmonisation avec les définitions de l'IEC 62683 et l'IEC 61987;
- h) harmonisation avec les exigences de l'IEC 61131-2;
- i) mise à jour de l'Annexe A (ancienne Annexe G), Exemple de détermination de la conformité;
- j) ajout de l'Annexe B, Vue d'ensemble des essais et grandeurs d'influence;
- k) ajout de l'Annexe C, Exigences supplémentaires pour les détecteurs de proximité à sortie analogique qui comportent une interface de communication intégrée conforme à l'IEC 61131-9;
- l) ajout de l'Annexe D, Caractéristiques principales des détecteurs de proximité à sortie analogique.

La présente Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 60947-5-2:2019.

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

Projet	Rapport de vote
121A/592/FDIS	121A/604/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60947, publiées sous le titre général *Appareillage à basse tension*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

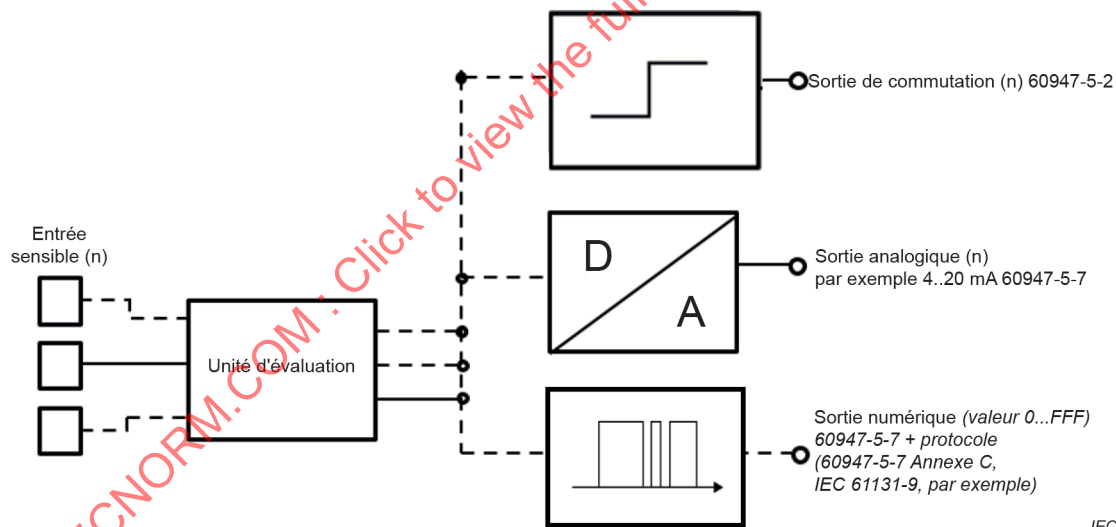
APPAREILLAGE À BASSE TENSION –

Partie 5-7: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – DéTECTEURS DE PROXIMITÉ À SORTIE ANALOGIQUE

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60947 établit les exigences relatives aux détecteurs de proximité relevant du domaine d'application de l'IEC 60947-5-2:2019 qui comportent une sortie analogique (PDAO, *Proximity Devices with Analog Output*) et/ou une sortie numérique pour transmettre une valeur numérique correspondante qui représente l'entrée sensible détectée. Ces appareils peuvent fournir des paramètres supplémentaires. La Figure 1 représente le schéma de principe d'un tel appareil. Ces dispositifs peuvent être constitués d'une ou de plusieurs parties.

Les exigences de l'IEC 60947-5-2, *Appareillage à basse tension – Partie 5-2: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Détecteurs de proximité* s'appliquent, avec les ajouts et les modifications indiqués dans le présent document. La numérotation des articles du présent document suit la numérotation utilisée dans l'IEC 60947-5-2, modifiée si nécessaire.



IEC

Légende

unité d'évaluation évaluation des circuits électroniques, par exemple MCU, composant de circuit intégré spécifique...

**Figure 1 – Détecteur de proximité à sortie analogique (PDAO),
schéma fonctionnel de la structure**

Le présent document ne s'applique pas aux transmetteurs de mesure de processus industriels selon la série IEC 62828.

Exemples d'applications types pour les produits relevant du domaine d'application du présent document:

- secteur des machines et de l'automatisation des usines;
- secteur de la logistique et de l'emballage;
- tapis roulants, élévateurs;
- industrie des procédés;
- centrales électriques.

Certaines applications spécifiques (par exemple, en atmosphères corrosives) peuvent impliquer des exigences supplémentaires.

Il est prévu que les produits relevant du domaine d'application du présent document soient choisis, installés et entretenus par du personnel qualifié uniquement.

NOTE 1 Les détecteurs de proximité analogiques peuvent être linéaires ou non linéaires.

NOTE 2 Les exigences, les caractéristiques et les procédures d'essai spécifiques à une interface de sortie numérique qui sont décrites dans les Articles 5, 6 et 9 du présent document, reposent sur les exigences établies dans l'IEC 61131-2:2017.

2 Références normatives

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

IEC 60947-5-2:2019, *Appareillage à basse tension – Partie 5-2: Appareils et éléments de commutation pour circuits de commande – Détecteurs de proximité*

IEC 61131-9:2022, *Automates programmables – Partie 9: Interface de communication numérique point à point pour petits capteurs et actionneurs (SDCI)*

IEC 62443 (toutes les parties), *Réseaux industriels de communication – Sécurité dans les réseaux et les systèmes*

IEC TS 63208:2020, *Low-voltage switchgear and controlgear – Security aspects* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et liste des abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60947-5-2:2019 ainsi que les 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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1 Définitions fondamentales

3.1.1

détecteur de proximité à sortie analogique

PDAO

appareil qui produit un signal de sortie qui varie de façon continue en fonction de la grandeur physique (par exemple, distance, vitesse, rotation, etc.) détectée/calculée par le détecteur de proximité selon sa ou ses cibles

Note 1 à l'article: L'abréviation "PDAO" est dérivée du terme anglais développé correspondant "proximity device with analog output".

3.1.2

valeur minimale du domaine

valeur d'entrée minimale déclarée au-dessus de laquelle le signal de sortie varie continuellement

3.1.3

valeur maximale du domaine

valeur d'entrée maximale déclarée au-dessous de laquelle le signal de sortie varie continuellement

3.1.4

domaine des valeurs d'entrée

domaine défini par la valeur minimale du domaine et les valeurs maximales du domaine de capacité de détection de l'élément de détection, ou valeur calculée (par exemple distance, vitesse, tours par minute, etc.), où les limites d'incertitude du détecteur de proximité sont spécifiées

Note 1 à l'article: La Figure 3 représente un schéma de principe qui décrit les termes définis du 3.1.2 au 3.1.4.

3.1.5

intervalle (de mesure)

domaine des valeurs d'entrée

différence algébrique entre les valeurs de la limite supérieure et de la limite inférieure du domaine de mesure

Note 1 à l'article: Les limites supérieure et inférieure ne reflètent pas la capacité de détection de l'appareil, mais les valeurs supérieure et inférieure pertinentes pour l'application.

Note 2 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange de données informatisé est ABB785, modifié ("autres variables" supprimé).

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-13, modifié – "de l'étendue de mesure" a été remplacé par "du domaine de mesure" dans la définition, et les Notes à l'article ont été ajoutées.]

3.2 Fonctionnement d'un détecteur de proximité

3.2.1

linéarité

aptitude d'un détecteur de proximité à fournir une indication ayant une relation linéaire avec une grandeur définie autre qu'une grandeur d'influence

Note 1 à l'article: Le mode d'expression du défaut de linéarité, étant différent suivant les différents types d'appareils, est fixé dans chaque cas particulier.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-05, modifié – "appareil de mesure" a été remplacé par "détecteur de proximité".]

3.2.2

conformité de la courbe du signal de sortie

aptitude d'un détecteur de proximité à fournir une indication avec une courbe caractéristique spécifiée qui peut être linéaire, logarithmique, parabolique, etc.

3.2.3

non-linéarité

écart par rapport au comportement idéal pour les appareils ayant une relation linéaire entre l'entrée et la sortie, déterminé par la courbe qui a été tracée à partir de la moyenne globale des erreurs des échelles supérieure et inférieure correspondantes

Note 1 à l'article: la non-linéarité peut être calculée et exprimée de trois manières: – indépendante: droite placée de manière à réduire le plus possible l'écart maximal; – basée sur le terminal: droite placée de sorte que cette courbe coïncide avec la courbe caractéristique réelle aux valeurs maximale et minimale du domaine; – basée sur zéro: droite placée de sorte que cette courbe coïncide avec la courbe caractéristique réelle à la valeur minimale du domaine.

Note 2 à l'article: Les propriétés correspondantes peuvent être consultées dans le CDD.

Note 3 à l'article: La linéarité est définie dans l'IEC 60050-300:2001, 311-06-06.

Note 4 à l'article: La non-linéarité ne comprend pas l'hystérésis.

Note 5 à l'article: La conformité est souvent utilisée conjointement avec des courbes non linéaires.

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modifié – Les Notes à l'article ont été ajoutées.]

3.2.4

non-conformité de la courbe du signal de sortie

écart par rapport au comportement idéal pour les appareils ayant une relation non linéaire entre l'entrée et la sortie, déterminé par la courbe qui a été tracée à partir de la moyenne globale des erreurs des échelles supérieure et inférieure correspondantes

Note 1 à l'article: La non-conformité est définie comme la proximité avec laquelle une courbe d'erreur moyenne s'approche d'une courbe caractéristique spécifiée (qui peut être linéaire, logarithmique, parabolique, etc.).

3.2.5

valeur vraie

<d'une grandeur physique> valeur compatible avec la définition d'une grandeur particulière donnée

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche "valeur vraie".

Note 2 à l'article: C'est une valeur que l'on obtiendrait par une mesure parfaite.

Note 3 à l'article: Toute valeur vraie est par nature indéterminée.

Note 4 à l'article: L'article indéfini "une" plutôt que l'article défini "la" est utilisé en conjonction avec "valeur vraie" parce qu'il peut y avoir plusieurs valeurs correspondant à la définition d'une grandeur particulière donnée.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-04]

3.2.6

valeur vraie conventionnelle

<d'une grandeur physique> valeur attribuée à une grandeur particulière et acceptée, parfois par convention, comme ayant une incertitude appropriée pour un objectif donné

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé dans l'approche "incertitude".

Note 2 à l'article: La "valeur vraie conventionnelle" est parfois appelée "valeur attribuée", "meilleure estimation de la valeur", "valeur conventionnelle" ou "valeur de référence". Il convient de ne pas confondre le terme "valeur de référence" dans ce sens avec le terme "valeur de référence" dans le sens utilisé dans l'IEC 60050-311:2001, 311-07-01.

Note 3 à l'article: Généralement, un grand nombre de résultats de mesure d'une grandeur est utilisé pour établir une valeur vraie conventionnelle.

Note 4 à l'article: Un concept alternatif d'incertitude de mesure utilisé pour les appareils de mesure est décrit dans le Guide 115:2021 de l'IEC, *Application de l'incertitude de mesure aux activités d'évaluation de la conformité dans le secteur électrotechnique*.

3.2.7

imprécision

écart positif ou négatif maximal à partir de la courbe caractéristique spécifiée, observé quand un dispositif est essayé dans les conditions spécifiées et suivant une procédure spécifiée

Note 1 à l'article: La précision est définie dans l'IEC 60050-311:2001, 311-06-08.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008, 3.5]

3.2.8

dérive à long terme

dérive de la sortie surveillée pendant 30 jours, à 90 % de l'intervalle

[SOURCE: IEC 61987-1:2008, 3.22]

3.2.9

stabilité à long terme

dérive du signal de sortie zéro en pourcentage de la limite pleine échelle après une période donnée de conditions normales de fonctionnement

Note 1 à l'article: La stabilité à long terme peut être évaluée sur différentes périodes, par exemple 6 mois, 1, 2 ou 5 ans. Les fabricants déclarent parfois une stabilité sur la durée de vie.

Note 2 à l'article: Selon le type de détecteur de proximité, la dérive peut se rapporter à une limite supérieure du domaine, une valeur fixe, une pleine échelle, etc.

3.2.10

répétabilité

valeur de la variation du signal de sortie dans des conditions spécifiées, exprimée en pourcentage de l'intervalle

Note 1 à l'article: Cette définition est plus générale et n'est pas équivalente à la définition de l'IEC 60947-5-2:2019.

3.2.11

valeur de résolution

résolution de la valeur d'une grandeur physique

Note 1 à l'article: La valeur de résolution peut être très différente entre la valeur de sortie numérique et la valeur de sortie analogique.

3.2.12**erreur**

écart entre une valeur ou condition calculée, observée ou mesurée et la valeur ou condition vraie, spécifiée ou théoriquement correcte

Note 1 à l'article: Une erreur dans un système peut être causée par une défaillance d'un ou de plusieurs de ses composants ou par l'activation d'une panne systématique.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-03-02]

3.2.13**erreur de linéarité de la sortie numérique**

écart maximal entre la courbe réelle et la courbe idéale de la sortie numérique

3.2.14**erreur de linéarité de la sortie analogique**

écart maximal entre la courbe réelle et la courbe idéale de la sortie analogique

3.2.15**base de référence pour l'erreur de linéarité**

base pour l'établissement de l'erreur de linéarité d'une sortie analogique

Note 1 à l'article: La base de référence peut être l'intervalle de sortie, la pleine échelle, ou une définition du fabricant.

3.2.16**erreur à la montée**

moyenne arithmétique des erreurs à chaque valeur de chaque cycle de mesure avec une valeur d'entrée croissante

3.2.17**erreur à la descente**

moyenne arithmétique des erreurs à chaque valeur de chaque cycle de mesure avec une valeur d'entrée décroissante

3.2.18**erreur moyenne**

moyenne arithmétique de toutes les lectures relevées à la montée et à la descente pour chaque valeur

3.2.19**erreur maximale mesurée**

valeur positive ou négative la plus élevée parmi les erreurs des valeurs moyennes, mesurées à la montée ou à la descente à chaque point de mesure

Note 1 à l'article: Synonyme d'erreur mesurée exprimée en pourcentage, AAB652 de l'IEC 61987.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.2.20

erreur totale probable

TPE

nombre obtenu en prenant la racine carrée de la somme totale des carrés des différents facteurs d'erreur, adopté pour comparer de façon cohérente les performances de deux appareils (ou plus)

Note 1 à l'article: Il est admis par hypothèse que les variables des différentes erreurs sont indépendantes.

Note 2 à l'article: Lors de la combinaison de l'ensemble des facteurs d'erreur, les unités de mesure doivent toutes être identiques.

Note 3 à l'article: L'abréviation "TPE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "total probable error".

3.3 Caractéristiques de l'élément de sortie

3.3.1

signal analogique en courant

signal sous forme d'un courant qui varie de manière continue dans son domaine

3.3.2

signal analogique en tension

signal sous forme d'une tension qui varie de manière continue dans son domaine

3.3.3

domaine d'un signal analogique

toutes les valeurs du signal comprises entre les limites définies, celles-ci étant incluses

3.3.4

intervalle de sortie

différence algébrique entre les valeurs de la limite supérieure et de la limite inférieure du signal de sortie

3.3.5

limite inférieure du signal de sortie

valeur minimale spécifiée du domaine

Note 1 à l'article: La limite inférieure peut être zéro ou une valeur spécifiée; lorsque la valeur zéro est utilisée, il est question d'un "zéro vrai"; lorsqu'une valeur est spécifiée, il est question d'un "zéro décalé".

3.3.6

limite supérieure du signal de sortie

valeur maximale spécifiée du domaine

3.3.7

impédance de charge

<charge maximale (courant), charge minimale (tension)> impédance ou impédances pour lesquelles les caractéristiques de sortie du détecteur de proximité sont spécifiées

3.3.8

ondulation

rapport de la valeur crête à crête de la composante alternative à la limite supérieure de la valeur du signal

3.3.9

temps de recouvrement

temps nécessaire au signal de sortie pour retourner à sa valeur précédente dans les limites de la répétabilité définie au 3.2.10, après suppression d'une influence extérieure

3.3.10**durée de préchauffage**

durée comprise entre l'instant où l'alimentation est mise sous tension et l'instant où l'appareil peut être utilisé, comme cela est spécifié par le fabricant

[SOURCE: IEC 61987 DB: identifiant IECABB026, voir la Figure 2]

3.3.11**durée d'établissement**

intervalle de temps compris entre la variation en échelon d'un signal de sortie et l'instant où la variation résultante de la sortie du signal ne s'écarte pas de plus de 1 % de sa valeur finale en régime établi

[SOURCE: IEC 61987 DB: identifiant IECABA999, voir la Figure 2]

3.3.12**signal de sortie**

représentation analogique ou numérique de la valeur d'une grandeur physique fournie par un transducteur

Note 1 à l'article: Un transmetteur est un transducteur à sortie normalisée, voir IEC 60050-351:2013, 351-56-29.

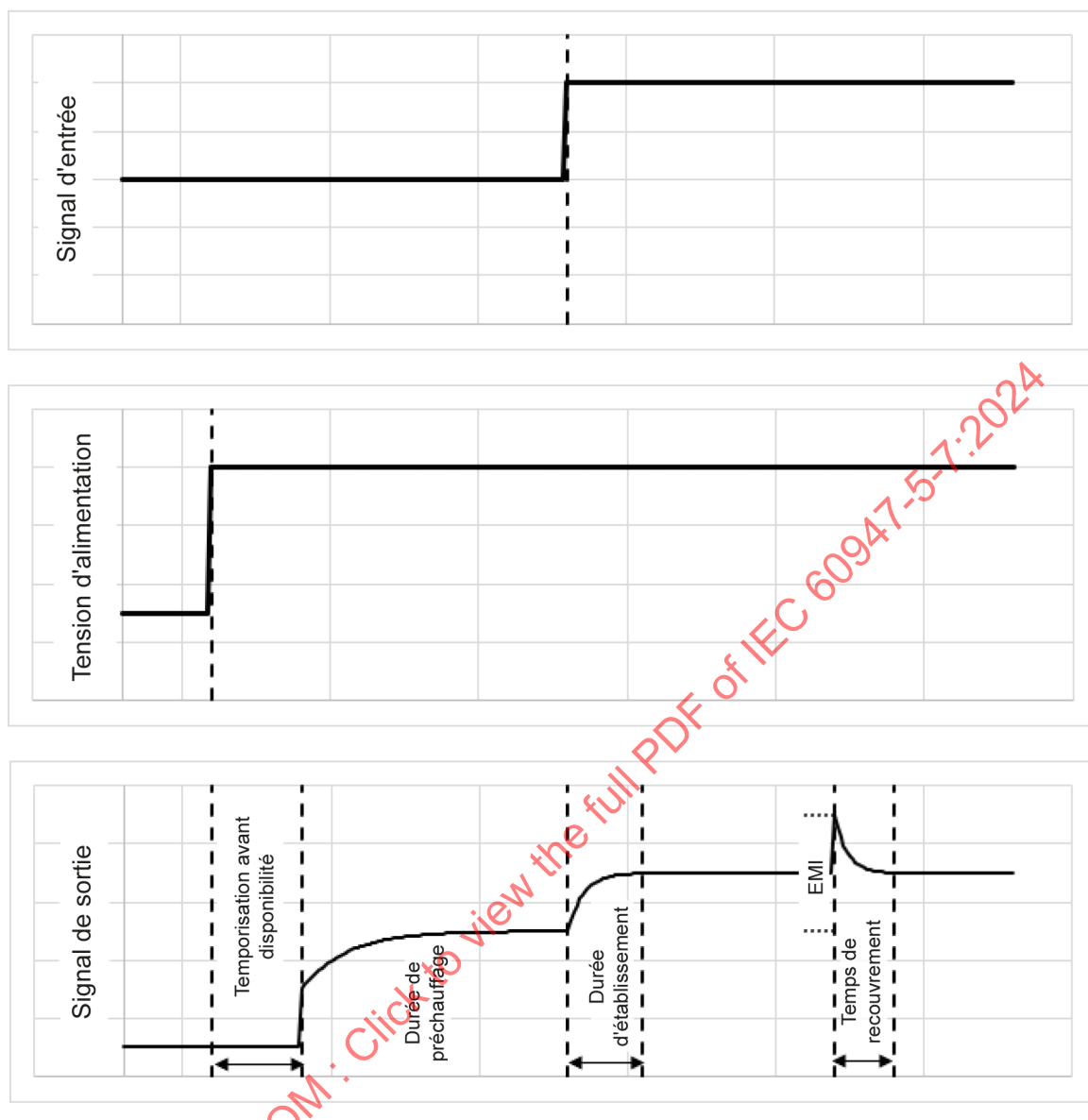
[SOURCE: IEC 60050-314:2001, 314-04-06, modifié – "du mesurande" a été remplacé par "de la valeur d'une grandeur physique".]

3.3.13**région de transition**

partie du domaine de sortie entre la valeur minimale (ou maximale) spécifiée et le signal inférieur (ou supérieur) qui caractérise une défaillance du produit

Note 1 à l'article: La Figure 4a) et la Figure 4b) représentent un schéma de principe.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

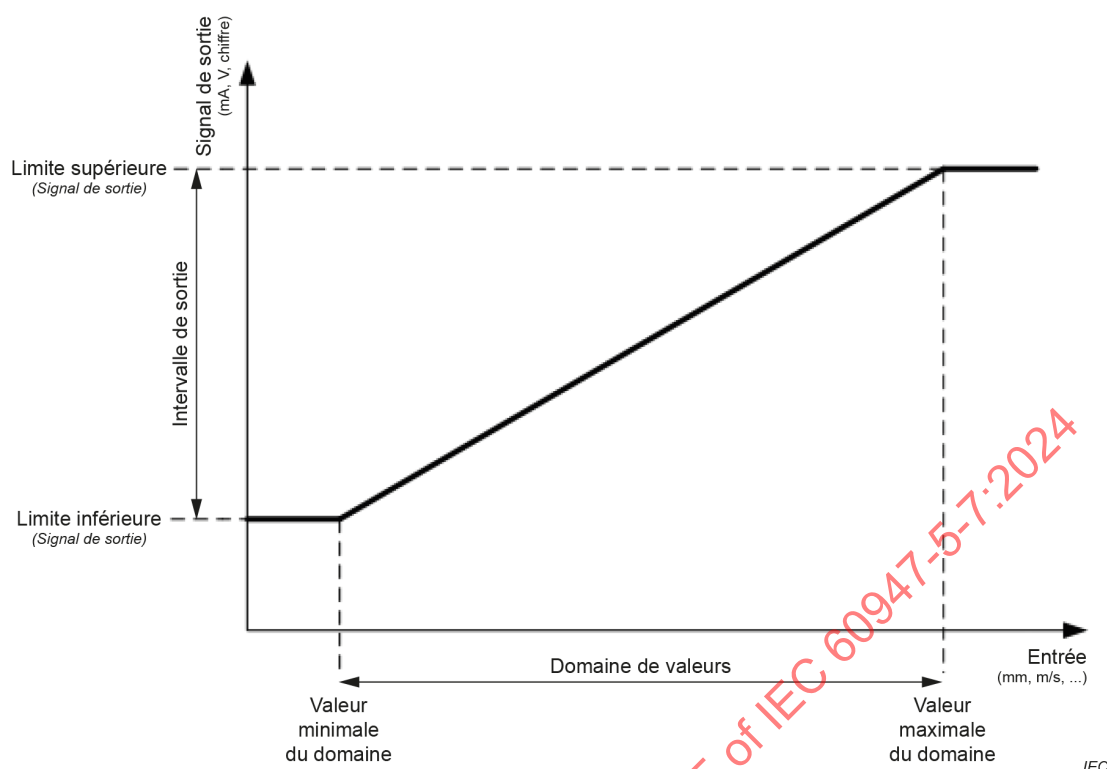


IEC

Légende

t temps

Figure 2 – Schéma de principe des valeurs temporelles et de leurs significations



3.3.14

interface de communication numérique point à point (SDCI)

interface de communication numérique pour appareils de connexion 24 V (par exemple, IO-Link™¹) qui définit une liaison de communication point à point pour le raccordement de capteurs et d'actionneurs à une unité maître

Note 1 à l'article: L'abréviation "SDCI" est dérivée du terme anglais développé correspondant "single drop digital communication interface".

3.4 Liste des abréviations

ASIC (Application Specific Integrated Circuit)	Circuit intégré spécifique
CDD (Common Data Dictionary)	Dictionnaire de données communes
ECD (Environmentally Conscious Design process)	Processus d'écoconception
CEM	Compatibilité électromagnétique
EUT (Equipment Under Test)	Matériel en essai
IOL	IO-Link
LSB (Least Significant Bit)	Bit de poids faible
MCU (Microcontroller Unit)	Microcontrôleur
PDAO (Proximity Device with Analog Output)	Détecteur de proximité à sortie analogique
PFVP (Proper Functioning Verification Procedures)	Procédures de vérification du bon fonctionnement

¹ IO-Link™ est une appellation commerciale du "Consortium IO-Link". Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente publication et ne signifie nullement que l'IEC approuve l'emploi du détenteur de l'appellation commerciale ou de ses produits. La conformité à la présente publication n'exige pas l'emploi des logos enregistrés pour IO-Link™. L'utilisation des logos enregistrés pour IO-Link™ exige l'autorisation du "Consortium IO-Link".

SDCI (Single-Drop digital Communication Interface)	Interface de communication numérique point à point
TPE (Total Probable Error)	Erreur totale probable

4 Classification

4.1 Généralités

La classification doit être conforme au Tableau 1 de l'IEC 60947-5-2:2019, avec les spécifications et les ajouts suivants dans les colonnes:

- 4^e pos./1 signe "Fonction d'élément de commutation (sortie) 4.5": valeur "S" = autre
- 5^e pos./1 signe Type de sortie 4.6: valeur supplémentaire "A" = sortie analogique, "C" = communication / sortie numérique
- Des combinaisons de signaux de sortie sont décrites: 4^e pos./1 signe, valeur S = autre 5^e pos. valeur S = autre
- Insérer le 7^e signe "n" = nombre de signaux de sortie (1, 2, etc.)

5 Caractéristiques analogiques

5.1 Généralités

Les caractéristiques doivent être conformes à l'Article 5 de l'IEC 60947-5-2:2019, avec les ajouts suivants.

Les caractéristiques principales des sorties analogiques des détecteurs de proximité sont décrites à l'Annexe D.

5.3 Valeurs assignées et valeurs limites pour le détecteur de proximité et les éléments de sortie

5.3.1 Tensions

5.3.1.6 Domaine des signaux analogiques en tension

Le domaine des signaux analogiques en tension doit être le domaine donné dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Domaine des signaux analogiques en tension

Limite inférieure ^a	Limite supérieure ^a
[V]	[V]
0	+10
^a D'autres limites de tension peuvent être utilisées par accord spécifique entre le fabricant et l'utilisateur.	

5.3.1.7 Ondulation de la tension de sortie

L'ondulation maximale doit être déclarée par le fabricant.

5.3.2 Courants

5.3.2.5 Domaine des signaux analogiques en courant

Le domaine des signaux analogiques en courant doit être l'un des domaines donnés dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Domaine des signaux analogiques en courant

Limite inférieure ^a	Limite supérieure ^a
[mA]	[mA]
4	20
^a D'autres limites de courant peuvent être utilisées par accord spécifique entre le fabricant et l'utilisateur	

5.3.2.6 Ondulation du courant de sortie

L'ondulation maximale doit être déclarée par le fabricant. La bande passante de l'appareil de mesure peut être fournie comme information supplémentaire.

5.3.3 Conditions de charge

Les valeurs assignées du domaine des signaux de sortie analogiques et de l'impédance de charge pour les sorties analogiques correspondantes du matériel de commande doivent être conformes aux valeurs spécifiées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Conditions de charge

Domaine des signaux de sortie	Limites d'impédance de charge	Éléments normatifs
0 V à 10 V	$\geq 2\,000\ \Omega$	^a
4 mA à 20 mA	$\leq 500\ \Omega$	^a
^a les sorties doivent supporter une surcharge du circuit ouvert au court-circuit		

5.3.4 Linéarité

La non-linéarité doit être égale à $\pm 10\%$ de l'intervalle (voir le 3.2.3).

6 Informations sur le matériel**6.1 Nature des informations – Identification**

L'Article 6 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique, avec les ajouts suivants:

6.1.1 Ajout d'informations

Les informations suivantes doivent être fournies dans la documentation du fabricant, le cas échéant.

- bc) caractéristiques de sortie selon le Tableau 4 et le Tableau 5
- bd) domaine de la valeur déclarée (par exemple, distance, vitesse, tours par minute, etc.)
- be) ondulation
- bf) non-linéarité/non-conformité (y compris caractéristique de la courbe, par exemple parabolique, exponentielle, etc.)
- bg) temps de recouvrement
- bh) durée d'établissement
- bi) durée de préchauffage
- bj) imprécision
- bk) non-répétabilité

bl) conditions de charge

6.1.2 Informations spécifiques du 6.1.1 bc) Caractéristiques de sortie

6.1.2.1 Informations relatives aux caractéristiques statiques des sorties analogiques

Le fabricant doit fournir les informations appropriées du Tableau 4, en ce qui concerne les sorties analogiques.

Tableau 4 – Caractéristiques statiques des signaux de sortie analogiques

Caractéristiques statiques		Unités et exemples
Type de sortie		par exemple, courant, tension
Domaine des signaux de sortie		par exemple, 4 mA à 20 mA, 0 V à 10 V
Impédance de sortie dans le domaine des signaux de sortie (le fabricant doit la spécifier selon les conditions de charge définies dans le Tableau 3)		Ω
Erreur maximale mesurée	Limites de l'erreur maximale à $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$	$\pm$ % de l'intervalle de sortie
Erreur maximale sur l'ensemble de la plage de températures ^b		$\pm$ % de l'intervalle de sortie
Résolution du convertisseur numérique/analogique (CNA) ^{a, b}		Nombre de bits
Valeur d'un LSB (bit de poids faible) au niveau du signal de sortie analogique après le convertisseur N/A ^a		mV, mA
^a Le cas échéant		
^b Seulement sur demande		

6.1.2.2 Informations relatives aux caractéristiques dynamiques des sorties analogiques

Le fabricant doit fournir les informations appropriées du Tableau 5, en ce qui concerne les sorties analogiques.

Tableau 5 – Caractéristiques dynamiques des sorties analogiques

Caractéristiques dynamiques	Unités et exemples
Durée d'établissement pour une variation sur l'ensemble du domaine ^a	ms
Temps de recouvrement	ms
^a La durée d'établissement peut être déterminée en simulant le signal d'entrée en échelon	

6.4 Informations relatives à l'environnement

Le 6.4 de l'IEC 60947-5-2:2019 est remplacé par ce qui suit:

6.4.1 Processus d'écoconception (processus ECD)

L'Article 4 de l'IEC TS 63058:2021 et l'Article 5 de l'IEC TS 63058:2021 fournissent des conseils pour prendre en compte les aspects liés à l'environnement dans le cadre des produits relevant du domaine d'application du présent document.

6.4.2 Procédure pour établir la déclaration des matériaux

La fourniture de la déclaration des matériaux est laissée à la discrétion du fabricant. Lorsqu'une déclaration des matériaux est fournie, l'Article 7 de l'IEC TS 63058:2021 spécifie le contenu et la forme de cette déclaration.

7 Conditions normales de service, de montage et de transport

L'Article 7 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique.

8 Exigences relatives à la construction et aux performances

8.1 Généralités

L'Article 8 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique, avec les modifications et les ajouts suivants.

8.1.1 Conditions de charge

Les conditions de charge minimale et maximale de référence lors des essais d'évaluation doivent respecter les limites indiquées dans le Tableau 3 et doivent être spécifiées par le fabricant.

8.1.18 Aspects relatifs à la sécurité

Le 8.1.18 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique, avec l'ajout suivant.

Outre les parties pertinentes de la série IEC 62443, l'IEC TS 63208:2020 doit s'appliquer, le cas échéant.

8.1.19 Logiciels intégrés

Le cas échéant, les informations et les exigences minimales recommandées relatives aux logiciels intégrés qui prennent en charge les fonctions principales des détecteurs de proximité à sortie analogique peuvent être obtenues dans l'IEC TR 63201:2019.

8.2 Exigences relatives aux performances

8.2.1 Critères d'acceptation

Le Tableau 9 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique, avec la modification suivante:

Le contenu de la cellule:

"Comportement général / Critères d'acceptation A"

doit être remplacé par le texte suivant:

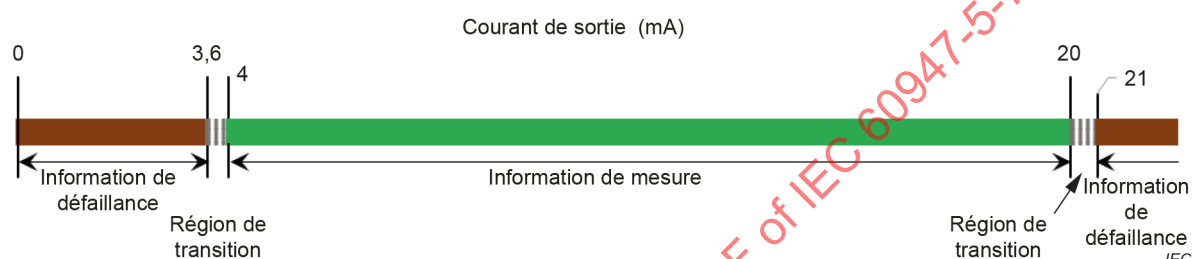
L'écart du signal de sortie analogique ne doit pas dépasser $\pm 10\%$ de l'intervalle de sortie déclaré. Le signal de sortie doit revenir à sa valeur nominale avec la conformité spécifiée, dans le temps de recouvrement indiqué dans la documentation du détecteur de proximité.

EXEMPLE: Pour une sortie analogique de 4..20 mA, l'intervalle de sortie est de 16 mA et $\pm 10\%$ de l'intervalle de sortie signifie $\pm 1,6$ mA.

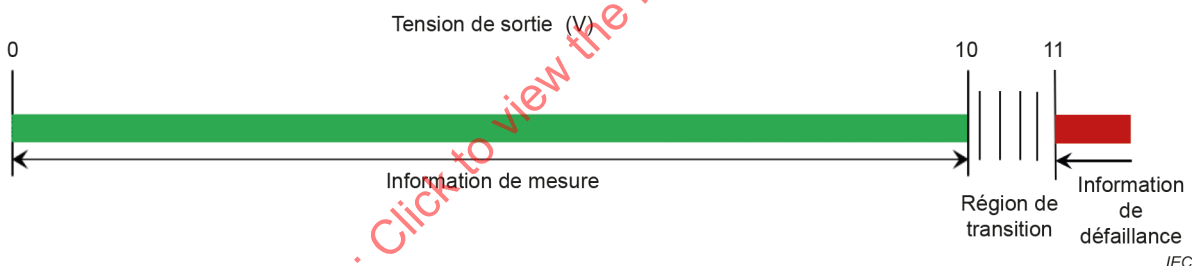
8.5 Valeurs limites de sortie analogique

8.5.1 Généralités

La valeur de sortie analogique d'un capteur représente l'information mesurée. La Figure 4a) et la Figure 4b) définissent les informations de défaillance normalisées et la région de transition par rapport à l'information mesurée. Les informations de défaillance peuvent être dues, par exemple, à un dysfonctionnement du convertisseur de mesure, à une erreur de câblage des conducteurs, à la défaillance d'une source d'énergie auxiliaire, à une erreur en dehors du domaine, etc. Les informations de défaillance indiquent qu'il y a une erreur dans le système de mesure. Une valeur qui se situe en dehors des limites comme cela est défini dans les exemples de la Figure 4a) (courant de sortie de 4 mA à 20 mA) et de la Figure 4b) (tension de sortie de 0 V à 10 V) est considérée comme non valide et est donc interprétée comme une information de défaillance. D'autres limites peuvent être utilisées pour la région de transition et les informations de défaillance, par accord spécifique entre le fabricant et l'utilisateur.



a) Valeurs limites de sortie analogique, par exemple 4..20 mA



b) Valeurs limites de sortie analogique, par exemple 0..10 V

Figure 4 – Valeurs limites des signaux de sortie analogiques

8.5.2 Conditions d'environnement pour les essais

8.5.2.1 Généralités

Le détecteur de proximité à sortie analogique doit être évalué en utilisant les conditions de fonctionnement limites définies par le fabricant. En l'absence de spécification, le 7.1.3 et le 7.1.4 de l'IEC 60947-5-2:2019 doivent s'appliquer.

8.5.2.2 Non-répétabilité

La non-répétabilité est la différence algébrique entre les valeurs extrêmes obtenues par plusieurs mesurages consécutifs de la sortie sur une courte période, pour la même valeur d'entrée, dans les mêmes conditions de fonctionnement, en approchant dans la même direction, sur des parcours complets. La non-répétabilité est habituellement exprimée en pourcentage de l'intervalle de sortie idéal et ne comprend pas l'hystérésis. La non-répétabilité est déterminée à partir de la différence maximale en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré, entre toutes les valeurs de sortie pour chaque valeur d'entrée. La valeur maximale est consignée comme la non-répétabilité et ne doit pas dépasser 10 % de l'intervalle de sortie.

8.5.2.3 Imprécision

L'imprécision est déterminée en choisissant les écarts positif et négatif maximaux de toute valeur mesurée par rapport à la valeur déclarée, pour les entrées croissante et décroissante, pour chaque cycle d'essai séparément, et en consignnant ces écarts en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré; elle ne doit pas dépasser $\pm 10\%$ de l'intervalle de sortie.

8.5.2.4 Limite supérieure du signal de sortie

Le signal de sortie d'un détecteur de proximité analogique ne doit pas diminuer lorsque la cible est déplacée jusqu'à la limite supérieure déclarée par le fabricant et au-dessus de celle-ci.

NOTE Cette exigence vise à s'assurer qu'il ne peut pas y avoir deux ou plusieurs distances qui correspondent au même signal de sortie.

8.5.2.5 Non-linéarité

Pour les capteurs ayant une relation non linéaire entre l'entrée et la sortie, la non-linéarité est déterminée par la courbe qui a été tracée à partir de la moyenne globale des erreurs moyennes des échelles supérieure et inférieure correspondantes (voir l'exemple fourni à l'Annexe A et la Figure A.3 associée).

L'écart positif ou négatif maximal entre la courbe moyenne et la ligne droite choisie, exprimé en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré, est la non-linéarité qui est indépendante de l'hystérésis.

Les différentes expressions de la non-linéarité ci-dessous sont couramment utilisées.

a) Non-linéarité basée sur le terminal

La non-linéarité basée sur le terminal est déterminée en traçant une ligne droite de sorte qu'elle coïncide avec la courbe d'étalonnage moyenne aux valeurs maximale et minimale du domaine.

NOTE En cas d'étalonnages en atelier et de réglages sur le terrain, seule la non-linéarité basée sur le terminal présente un intérêt pratique.

b) Non-linéarité indépendante (meilleur ajustement)

La non-linéarité indépendante est déterminée en traçant une ligne droite à travers la courbe moyenne de manière à réduire le plus possible l'écart maximal. Il n'est pas nécessaire que la ligne droite soit horizontale ni qu'elle passe par les points d'extrémité de la courbe d'étalonnage moyenne.

c) Non-linéarité basée sur zéro

La non-linéarité basée sur zéro est déterminée en traçant une ligne droite de sorte qu'elle coïncide avec la courbe d'étalonnage moyenne à la valeur minimale (zéro) du domaine et de manière à réduire le plus possible l'écart maximal.

Dans toute déclaration relative au calcul de la linéarité et de la précision, la non-linéarité indépendante (cas b)) doit toujours être utilisée. Sur demande du client, le cas a) et le cas b) peuvent également être pris en compte par le fabricant.

9 Essais

9.1 Généralités

L'Article 9 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'applique, avec les modifications et les remplacements suivants.

Les conditions du 9.1.1 de l'IEC 60947-5-2:2019 doivent s'appliquer aux procédures d'essai et doivent être réalisées à la tension d'alimentation spécifiée par le fabricant.

Les tableaux de l'Annexe B informative fournissent une liste complète des procédures d'essai décrites dans le présent article, effectuées dans les conditions de référence normalisées et dans les conditions de référence de fonctionnement respectivement. Ces tableaux récapitulent les procédures, en précisant les particularités de chaque essai et en indiquant quels essais doivent être envisagés comme essais de type et/ou comme essais d'acceptation et/ou comme essais individuels de série.

9.3.1 Séquences d'essais

Les séquences d'essais du 9.3.1 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'appliquent aux détecteurs de proximité à sortie analogique, à l'exception des essais spécifiques aux sorties numériques, par exemple cycles de fonctionnement numérique conformément au 9.5 de l'IEC 60947-5-2:2019, portées conformément au 9.4 de l'IEC 60947-5-2:2019 et pouvoirs de fermeture et de coupure conformément au 9.3.3.5 de l'IEC 60947-5-2:2019. Pour les échantillons n° 2 à 5, le 9.8 du présent document doit s'appliquer en lieu et place de l'essai relatif aux portées (9.4 de l'IEC 60947-5-2:2019). Pour l'échantillon n° 5 des séquences d'essais, le 9.6 du présent document s'applique.

9.6 Vérification de la compatibilité électromagnétique

9.6.1 Généralités

Les dispositions relatives à l'émission et à l'immunité données au 9.6 de l'IEC 60947-5-2:2019 s'appliquent, avec les critères d'acceptation définis au 8.2.

Les essais doivent être effectués dans les conditions suivantes:

- le détecteur de proximité monté à l'air libre doit être raccordé à une impédance de charge spécifiée dans la documentation du fabricant et alimenté à sa tension assignée d'emploi (U_e) (ou à la tension maximale de sa plage de tensions);
- les conducteurs de raccordement doivent mesurer $2^{+0,1}_0$ m. Pour les détecteurs de proximité qui ne comportent pas de câbles intégrés, le type de câble utilisé doit être spécifié par le fabricant et consigné dans le rapport d'essai;
- l'essai doit être réalisé avec la cible ou la valeur d'entrée réglée à 50 % de l'intervalle de sortie déclaré ou sur une autre position significative déclarée par le fabricant;
- le cas échéant, les cibles définies selon l'IEC 60947-5-2:2019 doivent être utilisées avec le principe de capteur pertinent.

Pour l'essai conformément au 8.2.6.2.4 de l'IEC 60947-5-2:2019, les conditions de montage supplémentaires suivantes s'appliquent:

- les détecteurs de proximité cylindriques doivent être montés non noyés conformément à la Figure A.6 (IA, IB) b) de l'IEC 60947-5-2:2019. Un support métallique percé, bloqué entre les contre-écrous du détecteur, doit être connecté au plan de masse de référence;
- les détecteurs de proximité rectangulaires doivent être montés non noyés sur une plaque métallique qui doit être connectée au plan de masse de référence;
- la méthode de connexion au plan de masse de référence doit être conforme aux instructions du fabricant, lorsqu'elles sont données, et elle doit être déclarée dans le rapport d'essai.

9.8 Exigences supplémentaires pour les détecteurs de proximité à sortie analogique

9.8.1 Exigences pour les programmes d'essais et les procédures de vérification du bon fonctionnement (PFVP)

Exigences pour les programmes d'essais et les procédures de vérification du bon fonctionnement (PFVP) que le fabricant doit fournir.

Pendant les essais de type, aucun des événements ne doit se produire:

- destruction du matériel;
- modification du système d'exploitation et des programmes d'essais et/ou altération de leur exécution;
- modification involontaire du système et des données d'application stockées ou échangées; comportement imprévisible ou indésirable de l'EUT (matériel en essai);
- écart des E/S analogiques en dehors des limites spécifiées selon le Tableau 5.

Toutes les fonctions et parties pertinentes de l'EUT (c'est-à-dire les unités et les modules) doivent fonctionner de telle manière que les chemins d'informations depuis/vers ces fonctions et parties soient empruntés.

L'ensemble des E/S et des canaux de communication de l'EUT doit être utilisé.

L'essai de type n'est pas destiné à évaluer chaque mode de fonctionnement ou capacité possible de l'EUT. L'objet de cet essai de type est de faire fonctionner l'EUT aux limites de son ou ses modes de fonctionnement et/ou de sa ou ses capacités. Par conséquent, une appréciation technique est nécessaire pour définir à la fois la configuration de l'essai et la vérification, afin de démontrer la capacité globale, sans effectivement évaluer toutes les possibilités, c'est-à-dire avec un ensemble pratique d'essais et de résultats.

La liste non exhaustive suivante contient des exemples d'éléments à prendre en considération pour définir les essais de type, en ce qui concerne l'utilisation de l'EUT.

a) Configuration de l'EUT:

- moyens d'indication internes et externes des informations d'état;
- affichages;
- signaux d'alarme;
- registres des résultats d'autotests;
- E/S;
- durée des programmes d'essais;
- modes fonctionnement, par exemple démarrage, arrêt, redémarrage à chaud/à froid, exploitation normale;
- performances.

b) L'essai de type doit se concentrer sur les conditions les moins favorables pour l'EUT, afin d'évaluer ses limites. Par conséquent, différents montages d'essai peuvent être nécessaires pour vérifier les limites de l'EUT en fonction des conditions de CEM ou des conditions climatiques, par exemple.

c) Pour chaque EUT, une spécification doit préciser comment et où les limites de bon fonctionnement peuvent être identifiées.

9.8.2 Vérification de la sortie analogique

9.8.2.1 Essais relatifs au domaine de fonctionnement

Vérifier que toutes les exigences relatives à la sortie analogique et aux limites spécifiées dans le présent document ou dans la spécification technique conformément à la fiche technique sont contrôlées. Un récapitulatif des exigences applicables est donné à titre d'exemple à l'Annexe A. Il est reconnu qu'une sortie analogique offre un ensemble de possibilités de vérification plus ou moins infini. Un sous-ensemble pratique simple doit être soumis à un essai, qui couvre la capacité fondamentale ou la capacité la plus importante de la sortie analogique. L'essai simplifié n'a pas pour objet d'éliminer l'exigence qu'un paramètre spécifique soit conforme à sa caractéristique assignée spécifiée; il s'agit simplement d'une reconnaissance d'un sous-ensemble pratique d'essais de type.

Exemple d'un sous-ensemble pratique simple, procédure d'essai:

Tous les types de domaines indiqués dans la fiche technique du fabricant doivent être vérifiés. Soumettre à l'essai tous les types de domaines de résolution et de précision. Soumettre à l'essai au moins 6 points dans le domaine de mesure (de 0 à 100 % par pas de 20 % du domaine). Réaliser l'essai à la température minimale de fonctionnement, à la température maximale de fonctionnement et à $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Les résultats doivent être conformes à la fiche technique du matériel.

NOTE Cette vérification peut être combinée aux essais de type de température.

Toutes les spécifications de paramètres définies dans la documentation du fabricant doivent être vérifiées et consignées dans le rapport d'essai.

9.8.2.2 Essai d'immunité aux surcharges des sorties analogiques

Le mesurage et la vérification doivent être effectués conformément au Tableau 6, doivent s'appliquer à l'échantillon n° 5 des séquences d'essais et doivent être combinés conformément à l'essai n° 3 du 9.3.1 de l'IEC 60947-5-2:2019.

Tableau 6 – Essai d'immunité aux surcharges des sorties analogiques

Essai de référence	Remarque
Configuration de l'EUT	Selon les spécifications du fabricant
État initial	La charge est appliquée jusqu'à la stabilisation de la ou des températures de toutes les parties concernées (3 lectures de la température des parties concernées)
Charge appliquée	Selon la surcharge (résistive, capacitive ou inductive) maximale spécifiée par le fabricant
Nombre de lectures	3 fois sur la ou les parties concernées
Intervalle de lecture	Toutes les 2 min jusqu'à ce que la valeur ne varie pas de plus de 1 K
Réussite / échec	Aucun dommage physique ni dégradation des performances, en dehors de ce qui est spécifié dans la fiche technique du fabricant, ne doit être détecté
Après l'essai	La précision doit être vérifiée pour les valeurs minimale et maximale du domaine, conformément aux PFVP, voir le 9.8.1

9.8.2.3 Essai en court-circuit et essai en circuit ouvert

Les essais en court-circuit et en circuit ouvert doivent s'appliquer à l'échantillon n° 5 des séquences d'essais et doivent être combinés conformément à l'essai n° 2 du 9.3.1 de l'IEC 60947-5-2:2019.

Lorsque le court-circuit ou le circuit ouvert est appliqué, aucun dommage physique ni phénomène anormal ne doit être détecté. Après l'essai, réaliser la PFVP (voir le 9.8.1).

9.8.3 Précision et facteurs associés

9.8.3.1 Cycles de mesure

Les essais doivent être effectués avec l'ajustement de l'intervalle réglé à 100 % (égal à la valeur maximale du domaine spécifiée par le fabricant). La valeur minimale du domaine doit être réglée à 0 % (égale à la valeur minimale spécifiée par le fabricant). Des parcours de mesure avant les essais réels ne sont pas nécessaires si la précision n'est pas influencée.

L'appareil de mesure est considéré comme fournissant la valeur vraie conventionnelle. L'appareil doit avoir une incertitude meilleure qu'un tiers et de préférence un dixième de l'erreur admissible du matériel en essai. Le matériel en essai (EUT) et l'appareil de mesure de référence doivent être réglés sur un point zéro commun. Le Tableau 7 spécifie le nombre de cycles de mesure et, ainsi que le nombre et les positions des points d'essai de mesure pour les procédures d'essai respectives qui suivent (par exemple, détermination de la non-répétabilité, détermination de l'imprécision).

Tableau 7 – Nombre de cycles de mesure et nombre/positions des points d'essai

Nature de l'essai	Nombre de cycles de mesure	Nombre de points d'essai	Position du point d'essai ^b (% du domaine de mesure spécifié)
Essai de type ^a	3	6	0, 20, 40, 60, 80, 100
Essai individuel de série ^a	1	3	0, 50, 100
Essai d'acceptation	Selon accord entre l'utilisateur et le fabricant	Selon accord entre l'utilisateur et le fabricant	Selon accord entre l'utilisateur et le fabricant
^a Pour des raisons techniques, le nombre et les positions des points d'essai peuvent être adaptés, par exemple 7 points d'essai pour un codeur à 360° (0°, 60°, 120°, 180°, 240°, 300°, 360°).			
^b Pour des raisons techniques, les mesurages peuvent être effectués de 5 % à 95 % du domaine de mesure.			

En cas d'écart par rapport aux procédures d'essai normalisées définies, le fabricant doit indiquer et justifier les modifications dans sa documentation technique.

9.8.3.2 Traitement des valeurs mesurées

Les erreurs doivent être exprimées en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré. Il est recommandé de déclarer la valeur de mesure par rapport à la valeur vraie en combinaison avec l'erreur maximale absolue, exprimée comme une valeur absolue.

Sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, l'erreur totale probable (TPE) peut être déclarée conformément au A.3.3.

9.8.3.3 Détermination de la précision

Les erreurs doivent être exprimées en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré.

L'erreur maximale mesurée est déterminée en choisissant la valeur positive ou négative la plus élevée parmi les erreurs à la montée.

9.8.3.4 Détermination de la non-répétabilité

Différence entre la valeur de sortie la plus grande et la valeur de sortie la plus faible mesurée au niveau des points d'essai appropriés selon le Tableau 7 à la même position.

9.9 Essais des capacités de détection de dimensions physiques telles que la portée, la vitesse, la vitesse de rotation, la fréquence, etc.

9.9.1 Généralités

9.9.1.1 Vue d'ensemble

Les spécifications d'essai pour tous les mesurages de dimensions concevables doivent être décrites par le fabricant dans sa documentation technique et appliquées en fonction des variables mesurées définies. Les paragraphes suivants décrivent, à titre d'exemple, un montage d'essai pour un capteur de distance. Dans des cas significatifs, le signal d'entrée de la détection physique peut être simulé par un générateur de signaux.

9.9.1.2 Méthode de mesure avec l'exemple d'un capteur de distance

Un détecteur de proximité à l'état neuf est monté conformément aux instructions du fabricant et la cible normalisée conforme au 9.3.2.1 de l'IEC 60947-5-2:2019 est déplacée en se rapprochant et en s'éloignant de la face sensible du détecteur de proximité dans une direction axiale. Les points d'essai pour déterminer les caractéristiques de performances d'un appareil doivent être équidistants dans le domaine des distances. Au moins le nombre de points d'essai indiqué dans le Tableau 7 est nécessaire. Les valeurs de sortie pour chaque distance donnée doivent être consignées pour au moins trois parcours complets du mouvement de la cible. Un exemple est donné à l'Annexe A.

9.9.1.3 Mode de représentation des erreurs

La différence entre chaque valeur de sortie consignée et sa valeur de sortie correspondante prévue doit être déterminée. Ces différences représentent les erreurs et doivent être exprimées en pourcentage de l'intervalle de sortie. Une erreur positive signifie que la valeur de sortie observée est plus grande que la valeur de sortie prévue.

Les valeurs suivantes doivent être calculées:

- erreur moyenne;
- moyenne arithmétique de toutes les lectures relevées pour chaque valeur du domaine.

Lorsque la caractéristique distance/sortie est réglable, le fabricant doit alors déclarer la caractéristique utilisée pour mesurer la linéarité/conformité du signal de sortie.

Un exemple est donné à l'Annexe A.

9.9.1.4 Erreur maximale mesurée

La valeur maximale (positive ou négative) de toutes les erreurs moyennes doit être déclarée comme l'erreur maximale mesurée. Un exemple est donné à l'Annexe A.

9.9.1.5 Détermination de la non-linéarité et de la non-conformité

9.9.1.5.1 Généralités

En cas de relation linéaire entre la variable d'entrée et le signal de sortie, la non-linéarité doit être déterminée comme cela est décrit au 9.9.1.5.2. Pour les relations non linéaires, la non-conformité doit être déterminée comme cela est décrit au 9.9.1.5.3.

9.9.1.5.2 Linéarité

L'écart positif ou négatif maximal entre la courbe moyenne et la ligne droite choisie, exprimé en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré, est la non-linéarité.

Un exemple est représenté sur la Figure A.3.

Si aucune autre spécification n'est définie, toute déclaration relative au calcul de la linéarité et de la précision doit utiliser la non-linéarité indépendante. Sinon, le type de méthode de détermination de la non-linéarité décrit au 8.5.2.5 doit être indiqué dans la documentation utilisateur.

La Figure A.3 représente un exemple en fonction des différentes méthodes de détermination de la non-linéarité.

9.9.1.5.3 Conformité du signal de sortie

La non-conformité doit être déterminée par calcul, ou comme suit. La caractéristique de sortie déclarée doit être tracée de sorte que cette courbe coïncide avec la courbe d'erreur moyenne aux valeurs maximale et minimale du domaine.

La non-conformité est l'écart maximal entre la courbe d'erreur moyenne et la caractéristique de sortie déclarée. Elle est exprimée en pourcentage positif ou négatif de l'intervalle de sortie. L'Article A.2 fournit un exemple de non-conformité.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60947-5-7:2024

Annexe A (informative)

Exemple de détermination de la conformité

A.1 Exemple 1 de détermination de la conformité d'un capteur d'angle présentant des caractéristiques de sortie linéaires

Méthode de mesure: conformément au 9.8.3, en utilisant 6 points d'essai et trois parcours complets.

Un exemple de mode de représentation des erreurs conforme au 9.8.3 est fourni dans le Tableau A.1.

Angle de détection

Valeur minimale du domaine: 30°
Valeur maximale du domaine: 330°
Domaine des valeurs d'entrée: 300°

NOTE Dans le cas d'un domaine de mesure compris entre 0° et 360°, 7 points d'essai par pas de 60° sont également possibles.

Type de sortie: courant
Limite inférieure: 4 mA
Limite supérieure: 20 mA
Intervalle de sortie: 16 mA

Tableau A.1 – Exemple de tableau pour les erreurs d'un capteur linéaire

Point d'essai n°	Angle	Valeur de sortie prévue	1er cycle ^a		2e cycle ^a		3e cycle ^a		Erreur moyenne	Meilleur ajustement (pour l'erreur moyenne)	Erreur de linéarité
			Valeur de sortie mesurée	Erreur	Valeur de sortie mesurée	Erreur	Valeur de sortie mesurée	Erreur			
	°	mA	mA	% ^b	mA	% ^b	mA	% ^b	% ^b	% ^b	% ^b
1	30	4,0	3,6	-2,50	4,6	3,75	4,7	4,38	1,88	0,69	1,19
2	90	7,2	7,4	1,25	6,9	-1,88	6,9	-1,88	-0,83	0,67	-1,50
3	150	10,4	10,4	0,00	10,1	-1,88	10,7	1,87	0,00	0,65	-0,65
4	210	13,6	13,9	1,87	14,1	3,12	13,3	-1,88	1,04	0,63	0,41
5	270	16,8	16,9	0,62	16,7	-0,63	17,6	5,00	1,67	0,61	1,06
6	330	20,0	19,5	-3,13	20,1	0,63	20,4	2,50	0,00	0,59	-0,59

^a Seulement à la montée

^b % de l'intervalle de sortie

Non-répétabilité = 6,88 %

Non-linéarité = ±1,50 %

Imprécision = -3,13 % +5,00 %

Erreur maximale mesurée = 1,88 %
IEC

La Figure A.1 représente le diagramme des valeurs de sortie d'un capteur linéaire correspondant à l'exemple fourni dans le Tableau A.1.

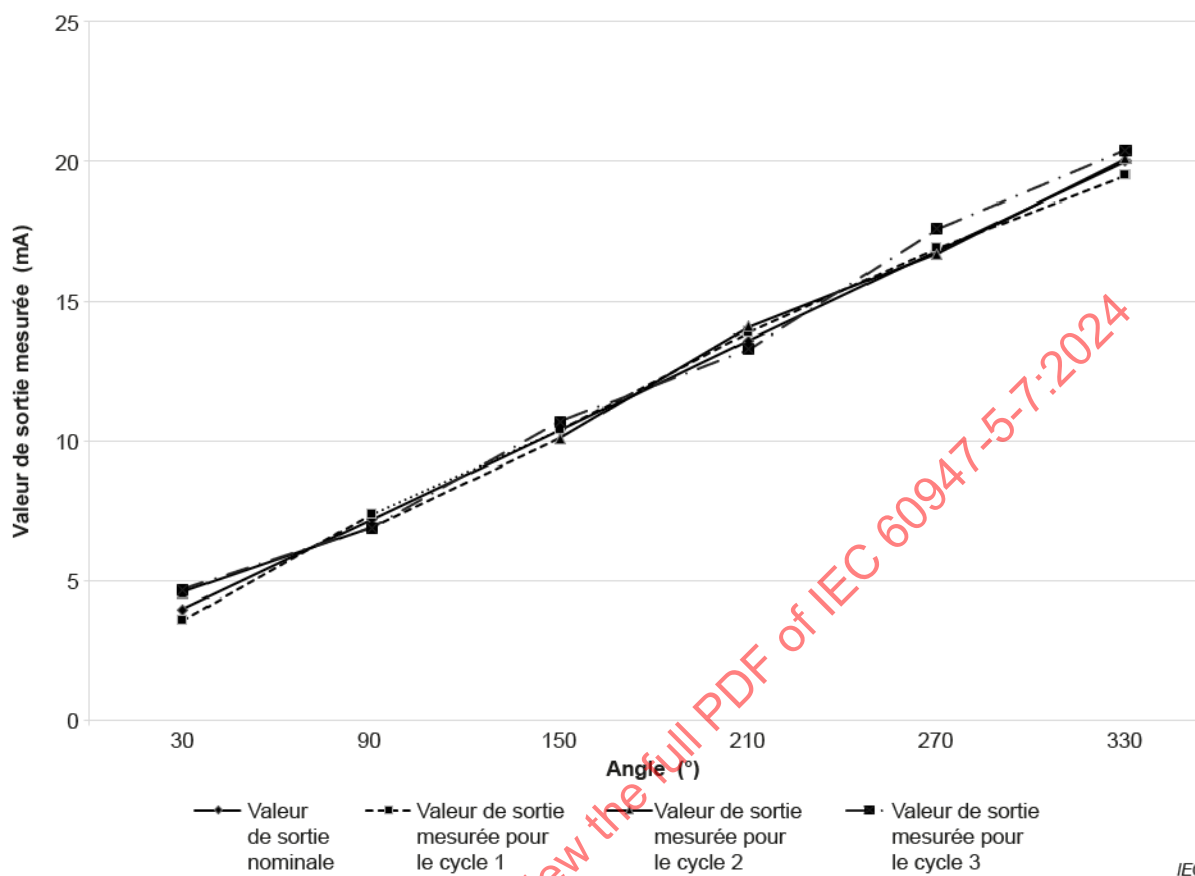
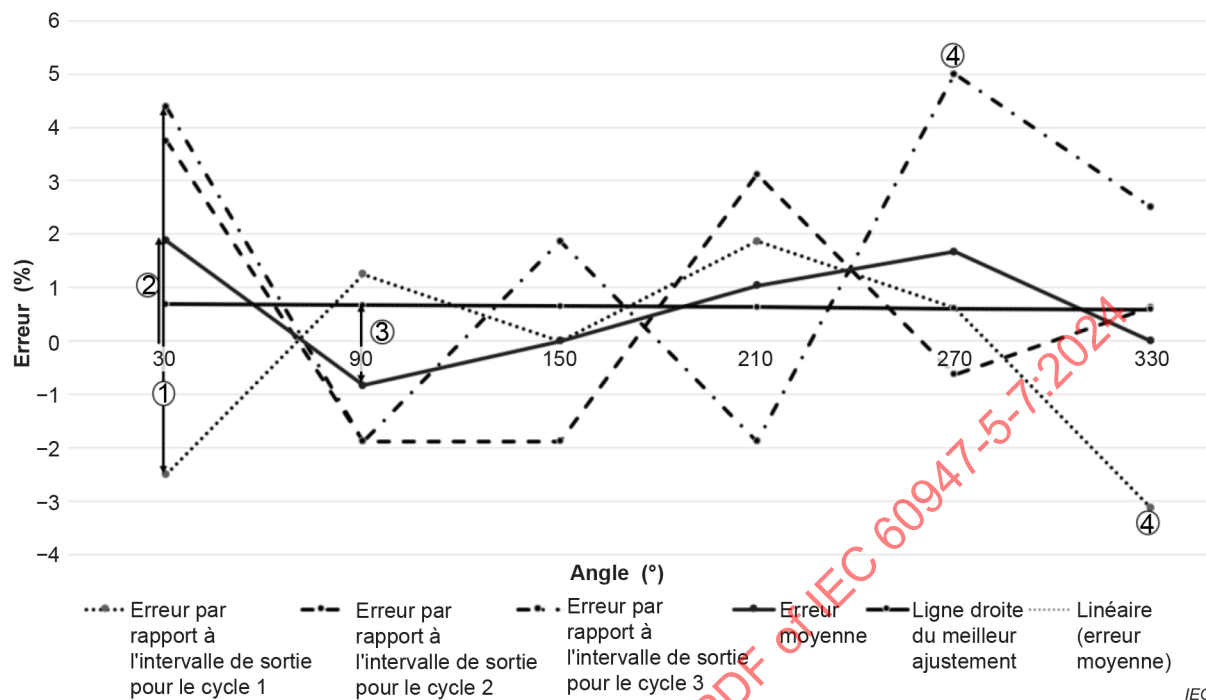


Figure A.1 – Diagramme des valeurs de sortie correspondant à l'exemple du Tableau A.1

La Figure A.2 représente les courbes d'erreur correspondant à l'exemple fourni dans le Tableau A.1.



① Non-répétabilité: 6,88 %

② Erreur maximale mesurée: 1,88 %

③ Non-linéarité: $\pm 1,50$ %

④ Imprécision: -3,13 % +5,00 %

NOTE Dans l'exemple, l'imprécision varie par exemple de -3,13 % à +5,00 %. L'imprécision spécifiée par le fabricant peut être de $\pm 5,0$ %, par exemple. Elle peut être traitée de la même manière pour toutes les autres valeurs.

Figure A.2 – Courbes d'erreur correspondant à l'exemple du Tableau A.1