

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters –

Part 1: General procedures for all types of transmitters

Conditions de référence et procédures pour l'essai des transmetteurs de mesure industrielle et de processus –

Partie 1: Procédures générales pour tous les types de transmetteurs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters –

Part 1: General procedures for all types of transmitters

Conditions de référence et procédures pour l'essai des transmetteurs de mesure industrielle et de processus –

Partie 1: Procédures générales pour tous les types de transmetteurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.020; 25.040.40

ISBN 978-2-8322-5018-1

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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.1.1 Terms related to accuracy	11
3.1.2 Terms related to the uncertainty	16
3.1.3 Terms regarding operation and practical installation	17
3.1.4 Terms related to test procedures	19
3.2 Abbreviated terms.....	19
3.3 Reference to CDD.....	19
4 General description of the PMT	20
5 Reference test conditions	20
5.1 General.....	20
5.2 Standard reference test conditions.....	21
5.2.1 General	21
5.2.2 Environmental test conditions	21
5.2.3 Power supply conditions	21
5.2.4 Load conditions	21
5.2.5 Mounting positions.....	21
5.3 Reference test conditions for ambient and process quantities influencing operation	22
5.3.1 General	22
5.3.2 Process conditions	22
5.3.3 Environmental atmospheric conditions	22
5.3.4 Mechanical vibration.....	23
5.3.5 Shock, drop and topple	24
5.3.6 Power supply.....	24
5.3.7 Electromagnetic compatibility (EMC)	24
5.4 Reference design criteria	25
5.4.1 General	25
5.4.2 Enclosure protection against solid, liquid (IP) and impact (IK).....	25
5.4.3 Enclosure protection against corrosive and erosive influences.....	25
5.4.4 Electrical safety (insulation resistance, dielectric strength)	25
5.4.5 Hazardous environment (for application in explosive atmosphere)	25
5.4.6 Functional safety	25
6 Test procedures	25
6.1 General.....	25
6.1.1 Overview	25
6.1.2 Classification of the tests.....	26
6.1.3 Preparation of the tests	27
6.1.4 Preliminary assessment.....	28
6.2 Type tests at standard reference test conditions	35
6.2.1 General	35
6.2.2 Accuracy and related factors	35

6.2.3	Static behaviour.....	41
6.2.4	Dynamic behaviour	44
6.3	Type tests at operating reference test conditions	49
6.3.1	General	49
6.3.2	Ambient temperature effects	49
6.3.3	Ambient relative humidity effects	50
6.3.4	Vibration effects	51
6.3.5	Shock, drop and topple	53
6.3.6	Accelerated operational life test.....	53
6.3.7	EMC tests.....	53
6.3.8	Further test procedures	54
6.3.9	Additional tests for digital transmitters	54
6.4	Routine tests.....	56
6.5	Acceptance, integration, periodic and maintenance tests	56
6.5.1	General	56
6.5.2	Periodical verification	56
6.5.3	Periodical calibration	56
7	Test report and technical documentation	56
7.1	Test report	56
7.2	Technical documentation	57
7.3	Total probable error	57
Annex A	(informative) General description of a PMT	58
A.1	General description of a PMT	58
A.2	Sensor subsystem	60
A.3	Data processing.....	60
A.4	Output subsystem	60
A.5	Human interface	60
A.6	External system interface.....	61
A.7	Power supply assembly.....	61
Annex B	(informative) Tests at the standard reference conditions	62
Annex C	(informative) Tests at ambient and process reference conditions for influence quantities.....	63
Annex D	(informative) Function block testing	64
D.1	General.....	64
D.2	General qualitative checks	64
D.3	Time-dependent function blocks.....	64
D.4	Time-independent function blocks	64
Annex E	(informative) Measurement uncertainty	65
E.1	Example of determination of the measurement uncertainty.....	65
E.2	Single values influencing the uncertainty measurement	65
E.3	Estimation of standard measurement uncertainty (u)	65
E.4	Combined standard measurement uncertainty (u_c).....	65
E.5	Expanded measurement uncertainty (U)	65
Annex F	(informative) Dependability testing method.....	66
F.1	General.....	66
F.2	Design analysis.....	66
F.3	Reference conditions	66
F.4	Fault injection test for internal PMT failures	68

F.5	Observations	69
F.5.1	General	69
F.5.2	Reporting and ranking of fault behaviour	69
F.6	Human faults	71
F.6.1	Mis-operation test	71
F.6.2	Maintenance error test	71
F.6.3	Expectations and reporting	72
Annex G (informative)	Throughput testing for digital PMT	73
G.1	General	73
G.2	PMT throughput in stand-alone conditions	74
G.2.1	Reference conditions	74
G.2.2	Test conditions	74
G.2.3	Observations and measurements	74
G.3	Throughput in a fieldbus configuration	75
G.3.1	Reference conditions	75
G.3.2	Test conditions	75
G.3.3	Observations and measurements	76
G.3.4	Precautions	76
Annex H (informative)	FAT, SAT and SIT	77
H.1	General	77
H.2	Factory acceptance tests FAT (accuracy measurement and others)	77
H.3	Site acceptance tests SAT (visual inspection and calibration test)	77
H.4	Site integration tests SIT (additional test for communications)	77
Annex I (informative)	Technical documentation	78
I.1	General	78
I.2	Technical datasheet	78
I.3	User manual	81
I.4	Safety manual	81
I.5	Commissioning, periodic and maintenance tests	81
I.5.1	General	81
I.5.2	Storage conditions	81
I.5.3	Transportation conditions	81
I.5.4	Mounting position	81
I.5.5	Process connections	82
I.5.6	Mechanical connections	82
I.5.7	Output connections	82
I.6	EC declaration of conformity	82
I.7	Certificates for application in hazardous area	82
I.8	Calibration certificates	82
I.9	Spare parts list	82
I.10	Marking	82
Annex J (informative)	Total Probable Error calculation	83
Bibliography		84

Figure 1 – Example of limit operation region in terms of output load resistance versus supply voltage	18
Figure 2 – Block diagram of a generic PMT	20
Figure 3 – Error curves corresponding to the example of Table 17	39

Figure 4 – Example of responses to a step input with overshoot	45
Figure 5 – Example of responses to a step input without overshoot	46
Figure 6 – Example 1 of frequency response	47
Figure 7 – Example 2 of frequency response	48
Figure 8 – Example of diagram of the compensation options	50
Figure 9 – Levels of device compatibility from IEC 61804-2	55
Figure A.1 – Schematic block diagram of an analogue industrial and process measurement transmitter (example)	58
Figure A.2 – Schematic block diagram of an intelligent industrial and process measurement transmitter (example)	59
Figure F.1 – Schematic block diagram of an intelligent industrial and process measurement transmitter (example)	67
Figure F.2 – Test tool for low impedance circuits and shared circuits	68
Figure F.3 – Matrix for reporting fault behaviour	70
Figure F.4 – Ranking of various types of failure modes	71
Figure G.1 – PMT in stand-alone configuration	73
Figure G.2 – Example of a PMT as a participant in a fieldbus installation	74
Table 1 – Environmental test conditions	21
Table 2 – Common ambient temperatures ranges	23
Table 3 – Common ambient relative humidity ranges	23
Table 4 – Vibration test levels	24
Table 5 – Power supply ranges for voltage and frequency	24
Table 6 – Example of number of measurement cycles and number and position of test points	27
Table 7 – Example of settings of span and lower range value adjustments for analogue devices	27
Table 8 – Checklist for assessing functionality	29
Table 9 – Checklist for assessing configurability	30
Table 10 – Checklist for assessing hardware configuration	31
Table 11 – Checklist for assessing adjustment and tuning procedures	31
Table 12 – Checklist for assessing operability	32
Table 13 – Checklist for assessing dependability	33
Table 14 – Checklist for assessing manufacturer's support	34
Table 15 – Example of functions listing for a temperature compensated single variable PMT (differential pressure)	34
Table 16 – Example of functions listing for a temperature compensated multi-variable PMT (differential pressure plus pressure and temperature)	35
Table 17 – Example table of PMT errors	38
Table B.1 – Summary of the tests at the reference conditions	62
Table C.1 – Summary of the tests for influence quantities at the operating conditions	63
Table I.1 – Example of compilation of technical data for a generic PMT	79

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

REFERENCE CONDITIONS AND PROCEDURES FOR TESTING INDUSTRIAL AND PROCESS MEASUREMENT TRANSMITTERS –

Part 1: General procedures for all types of transmitters

FOREWORD

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

International Standard IEC 62828-1 has been prepared by subcommittee 65B: Measurement and control devices, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

The IEC 62828 series cancels and replaces the IEC 60770 series and proposes revisions for the IEC 61298 series.

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

FDIS	Report on voting
65B/1100/FDIS	65B/1107/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62828 series, published under the general title *Reference conditions and procedures for testing industrial and process measurement transmitters*, 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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

INTRODUCTION

Most of the current IEC standards on industrial and process measurement transmitters are rather old and were developed having in mind devices based on analogue technologies. Today's digital industrial and process measurement transmitters are quite different from those analogue transmitters: they include more functions and newer interfaces, both towards the computing section (mostly digital electronic) and towards the measuring section (mostly mechanical). Even if some standards dealing with digital process measurement transmitters already exist, they are not sufficient, since some aspects of the performance are not covered by appropriate test methods.

In addition, existing IEC test standards for industrial and process measurement transmitters are spread over many documents, so that for manufacturers and users it is difficult, impractical and time-consuming to identify and select all the standards to be applied to a device measuring a specific process quantity (pressure, temperature, flow, level, etc.).

To help manufacturers and users, it was decided to review, complete and reorganize the relevant IEC standards and to create a more suitable, effective and comprehensive standard series that provides in a systematic way all the necessary specifications and tests required for different industrial and process measurement transmitters.

To solve the issues mentioned above and to provide an added value for the stakeholders, the new standard series on industrial and process measurement transmitters covers the following main aspects:

- Applicable normative references
- Specific terms and definitions
- Typical configurations and architectures for the various types of industrial and process measurement transmitters
- Hardware and software aspects
- Interfaces (to the process, to the operator, to the other measurement and control devices)
- Physical, mechanical and electrical requirements and relevant tests; clear definition of the test categories: type tests, acceptance tests and routine tests
- Performance (its specification, tests and verification)
- Environmental protection, hazardous areas application, functional safety, etc.
- Structure of the technical documentation.

To cover in a systematic way all the topics to be addressed, the standard series is organized in several parts. At the moment of the publication of this document, IEC 62828 consists of the following parts:

- *Part 1: General procedures for all types of transmitters*
- *Part 2: Specific procedures for pressure transmitters*
- *Part 3: Specific procedures for temperature transmitters*
- *Part 4: Specific procedures for level transmitters*
- *Part 5: Specific procedures for flow transmitters*

In preparing the IEC 62828 series many test procedures were taken, with the necessary improvements, from the IEC 61298 series. As the actual IEC 61298 series is applicable to all process measurement and control devices, when the IEC 62828 series is completed the IEC 61298 series will be revised to harmonise it with the IEC 62828 series, taking out from its scope the industrial and process measurement transmitters. During the time when 61298 scope is being updated, the new series IEC 62828 takes precedence for industrial and process measurement transmitters.

When the IEC 62828 series is published, the IEC 60770 series will be withdrawn.

REFERENCE CONDITIONS AND PROCEDURES FOR TESTING INDUSTRIAL AND PROCESS MEASUREMENT TRANSMITTERS –

Part 1: General procedures for all types of transmitters

1 Scope

This Part of IEC 62828 establishes a general framework for defining reference conditions and test procedures applicable to all types of industrial and process measurement transmitters (PMTs) used in measuring and control systems for industrial process and machinery. These reference test conditions are divided into “standard reference conditions”, which apply when determining the accuracy of measurement, and “ambient and process reference conditions”, which are used to assess the influence of external quantities on the measurement.

For the purpose of this document, an analogue PMT is a process measurement transmitter with an analogue current or voltage output, irrespective of the technology adopted and the complexity of the circuitry. All the other process measurement transmitters, with digital output only or with hybrid analogue and digital output (e.g. HART®), are considered to be digital PMTs.

For general test procedures, reference is made to IEC 62828-1, which is applicable to all types of industrial and process measurement transmitters.

Additional specific test procedures for given types of PMTs (pressure, temperature, level, flow) are covered by other parts of this series.

NOTE 1 In industrial and process applications, to indicate the process measurement transmitters it is common also to use the terms “industrial transmitters”, or “process transmitters”.

NOTE 2 For better clarity, when the complete definition “industrial and process measurement transmitter” makes the sentence too long in this document, the short term “transmitter” is used instead.

Proximity devices with analogue output are excluded from the scope of this document.

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 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

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

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60079-10 (all parts), *Explosive atmospheres – Part 10: Classification of areas*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60654-1:1993, *Industrial-process measurement and control equipment – Operating conditions – Part 1: Climatic conditions*

IEC 60654-3:1983, *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment – Part 3: Mechanical influences*

IEC 60654-4:1987, *Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment – Part 4: Corrosive and erosive influences*

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

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

IEC 61298-1:2008, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 1: General considerations*

IEC 61298-4:2008, *Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance – Part 4: Evaluation report content*

IEC 61499 (all parts), *Function blocks*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511 (all parts), *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*

IEC 61784-1, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3*

IEC 61784-5 (all parts), *Industrial communication networks – Profiles – Part 5: Installation of fieldbuses*

IEC 61804-2, *Function blocks (FB) for process control – Part 2: Specification of FB concept*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

IEC 61987-11:2016, *Industrial-process measurement and control – Data structures and elements in process equipment catalogues – Part 11: List of properties (LOPs) of measuring equipment for electronic data exchange – Generic structures*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK Code)*

IEC 62381:2012, *Automation systems in the process industry – Factory acceptance test (FAT), site acceptance test (SAT) and site integration test (SIT)*

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

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM:2007)*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1 Terms related to accuracy

3.1.1.1

accuracy (of a measuring instrument)

quality which characterizes the ability of a measuring instrument to provide an indicated value close to a true value of the measurand

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

Note 2 to entry: Accuracy is all the better when the indicated value is closer to the corresponding true value.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.1.1.2

conformity

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

3.1.1.3

dead band (dead zone)

finite range of values within which a variation of the input variable does not produce any measurable change in the output variable

Note 1 to entry: When this type of characteristic is intentional, it is sometimes called neutral zone.

Note 2 to entry: This entry was numbered 351-24-14 in IEC 60050-351:2006.

Note 3 to entry: This value is usually insignificant for the actual instruments.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-15, modified: Note 3 added]

3.1.1.4

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]

3.1.1.5

hysteresis

phenomenon represented by a characteristic curve which has a branch, called ascending branch, for increasing values of the input variable, and a different branch, called descending branch, for decreasing values of the input variable

Note 1 to entry: The CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABB661 and the hysteresis is defined as the difference between consecutive upscale and downscale outputs for any single test cycle at the same input test point.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-16, modified: Note to entry added]

3.1.1.6

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 60050-300, definition 311-06-08.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.1.1.7

linearity

ability of a measuring instrument 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 instrument and is established in each particular instance.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-05]

3.1.1.8

long term drift

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

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

3.1.1.9

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. Sometime manufacturers declare a life-time stability.

Note 2 to entry: Depending the type of PMT, the drift can be referred to an upper range limit (e.g. digital pressure PMTs), a fixed value (e.g. certain level PMTs), a full scale (e.g. some analogue PMTs), etc.

Note 3 to entry: The CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABB551, modified (time period).

3.1.1.10**measured error**

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

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.1.1.11**measuring range**

range defined by two values of the measurand, or quantity to be supplied, within which the limits of uncertainty of the measuring instrument are specified

Note 1 to entry: An instrument can have several measuring ranges

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-12]

3.1.1.12**non-conformity**

deviation from ideal behavior 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: Non-conformity 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 are to be found in the CDD.

Note 3 to entry: in IEC 61298-2:2011 the non conformity is defined as the closeness with which a calibration curve approximates to a specified characteristic curve (which can be linear, logarithmic, parabolic, etc.).

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

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modified: Note 3 and Note 4 added]

3.1.1.13**non-linearity**

deviation from ideal behavior for devices that have a linear input/out 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). definition 311-06-06.

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

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

3.1.1.14

overshoot

for a step response, the maximum transient deviation from the final steady-state value of the output variable, expressed as a percentage of the difference between the final and the initial steady-state values

Note 1 to entry: The CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABD684.

3.1.1.15

repeatability

closeness of agreement between the results of successive measurements of the same measurand, carried out under the same conditions of measurement, i.e.:

- by the same measurement procedure,
- by the same observer,
- with the same measuring instruments, used under the same conditions,
- in the same laboratory,
- at relatively short intervals of time.

Note 1 to entry: The concept of "measurement procedure" is defined in VIM 2.5

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-06]

3.1.1.16

settling time

for a step response the duration of the time interval between the instant of the step change of an input variable and the instant, when the difference between the step response and their steady-state value remains smaller than the transient value tolerance

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-37, modified: figure and Note missing]

3.1.1.17

signal

physical variable quantity, one or more parameters of which carry information about one or more variable quantities

Note 1 to entry: These parameters are designed "information parameters".

Note 2 to entry: This entry was numbered 351-21-51 in IEC 60050-351:2006.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-41-17]

3.1.1.18

span

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

Note 1 to entry: Limit has not to be intend as physical limits regarding the capabilities of the device, rather the upper and lower values defined for the relevant 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 added]

3.1.1.19

span error

difference between the actual span and the ideal span, expressed as percentage of ideal span

Note 1 to entry: the CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABB655.

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modified: Note added]

3.1.1.20

stability

ability of a measuring instrument to keep its performance characteristics unchanged during a specified time interval, all other conditions being the same

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-12]

3.1.1.21

start-up drift

drift in output monitored over a period of 4 h after power is switched on

[SOURCE: IEC 61298-2:2008, 7.1]

3.1.1.22

step response time

duration between the instant when the measurand (or quantity supplied) is subjected to a specified abrupt change and the instant when the indication (or quantity supplied) reaches, and remains within specified limits of, its final steady-state value

Note 1 to entry: This definition is the one conventionally used for measuring instruments. Other definitions exist.

Note 2 to entry: The dead time of the transmitter response is included in the step response time (see Figure 5).

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-04, modified: Note 2 added]

3.1.1.23

variable quantity

variable

physical quantity the value of which is subject to change and can usually be measured

Note 1 to entry: The term "variable" alone is frequently used to circumvent the lengthy but correct designation "variable quantity".

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-41-01]

3.1.1.24

zero offset

deviation of the actual zero output from the specified zero output

Note 1 to entry: For example, the specified output of a 4-20 mA pressure transmitter is 4 mA.

3.1.1.25

zero output

output signal of a PMT at the lower range value

3.1.1.26

zero point error

absolute error of a device under reference conditions, when the input is at the lower range value

Note 1 to entry: The CDD code of this entry for Electronic Data Exchange is ABB656.

[SOURCE: IEC 61298:2008]

3.1.2 Terms related to the uncertainty

3.1.2.1

combined standard measurement uncertainty

standard measurement uncertainty that is obtained using the individual standard measurement uncertainties associated with the input quantities in a measurement model

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.31, modified: Note missing]

3.1.2.2

coverage factor

number larger than one by which a combined standard measurement uncertainty is multiplied to obtain an expanded measurement uncertainty

Note 1 to entry: A coverage factor is usually symbolized by k (see also ISO/IEC GUM Guide 98-3:2008, 2.3.6).

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.38]

3.1.2.3

expanded measurement uncertainty

product of a combined standard measurement uncertainty and a factor larger than the number one

Note 1 to entry: The factor depends upon the type of probability distribution of the output quantity in a measurement model and on the selected coverage probability.

Note 2 to entry: The term "factor" in this definition refers to a coverage factor.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.35, modified: Note 3 missing]

3.1.2.4

measurand

particular quantity subject to measurement

Note 1 to entry: Measurand is often called "measured value".

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-03, modified: Note added]

3.1.2.5

measurement

process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.1, modified: Notes 1, 2 and 3 missing]

3.1.2.6

measurement uncertainty

non-negative parameter characterizing the dispersion of the quantity values being attributed to a measurand, based on the information used

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.26, modified: Notes 1, 2, 3 and 4 missing]

3.1.2.7

total error

total probable error TPE

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

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 must all be the same.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.2.8

uncertainty budget

statement of a measurement uncertainty, of the components of that measurement uncertainty, and of their calculation and combination

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007. 2.33, modified: Note missing]

3.1.3 Terms regarding operation and practical installation

3.1.3.1

influence quantity

quantity which is not the subject of the measurement and whose change affects the relationship between the indication and the result of the measurement

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

Note 2 to entry: Influence quantities can originate from the measured system, the measuring equipment or the environment.

Note 3 to entry: As the calibration diagram depends on the influence quantities, in order to assign the result of a measurement it is necessary to know whether the relevant influence quantities lay within the specified range.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-01]

3.1.3.2

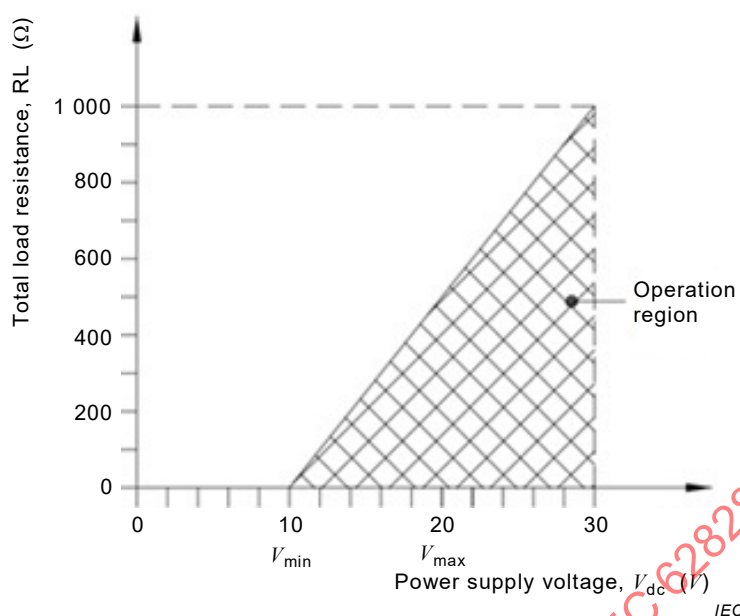
operation region

permissible range of supply voltage and output load within which a transmitter can operate within the specifications. For HART® devices the communication resistance (e.g. 250 Ω) shall be taken into account when determining the maximum permitted load resistance.

EXAMPLE: Figure 1 referring to an output current at full scale of 20 mA.

Note 1 to entry: The supply voltage is often referred to as the input terminal voltage or auxiliary power.

Note 2 to entry: HART® is the trade name of a communication protocol specified by FieldComm Group. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.



Key

- V_{dc} Actual supply voltage in V
 V_{max} Maximum supply voltage, 30 V in this example
 V_{min} Minimum supply voltage, 10 V in this example
 RL Max. load resistance in Ω at the actual supply voltage
 $RL \leq (V_{dc} - 10) / 0,02$ (in the example reported in Figure 1)

Figure 1 – Example of limit operation region in terms of output load resistance versus supply voltage

3.1.3.3

turndown ratio TD

maximum turndown ratio

ratio of the maximum span to the minimum span to which an instrument can be adjusted within the specified accuracy rating

Note 1 to entry: $TD = |URV - LRV|_{max} / |URV - LRV|_{min}$, where Upper and Lower Range Value (URV and LRV), are both always related to the same datum point.

Note 2 to entry: TD is always ≥ 1 .

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 61360-4, Domain Process Automation, ABA967, modified]

3.1.3.4

operating ambient temperature range

range of temperature for the PMT enclosure over which the device must function within the specified tolerances

Note 1 to entry: Whenever required, a temporary limiting operating condition could be specified as well.

3.1.3.5

operating process temperature range

range of temperature for the process medium in contact with the PMT sensing element over which the device must function within the specified tolerances

3.1.4 Terms related to test procedures

3.1.4.1

acceptance test

contractual test to prove to the customer that the device under test meets certain conditions of its specification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.1.4.2

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.1.4.3

test procedure

statement of the tests to be carried out, and the conditions for each test, agreed between the manufacturer, the test laboratory, and the purchaser/user before the evaluation starts

[SOURCE: IEC 61298-1:2001, 3.13]

3.1.4.4

type test

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.2 Abbreviated terms

DCS	Distributed Control System
DUT	Device Under Test
EMC	Electromagnetic Compatibility
FAT	Factory Acceptance Test
HART®	(for Highway Addressable Remote Transducer) Foundation trademark
LOP	List Of Properties
PMT	Process Measurement Transmitter (Industrial and Process Measurement Transmitter)
SAT	Site Acceptance Test
SCADA	Supervisory, Control And Data Acquisition
SIL	Safety Integrity Level
SIT	Site Integration Test
TPE	Total Probable Error

3.3 Reference to CDD

The IEC common data dictionary contains a classification of measuring devices with lists of properties for the device types most often met in practice. These properties can be used to describe the performance of a device, the effect of any quantities influencing its performance as well as the reference standards against which it was tested with test results.

Each property has a unique identifier, e.g. ABB551, which is quoted in this document as appropriate. By entering the appropriate properties in the LOPs it is possible to exchange test results electronically between interested parties. The CDD is to be found at the following address: <http://std.iec.ch/cdd/iec61987/cdddev.nsf>.

The various measuring devices are to be found in the domain “Process automation (IEC 61987 series)”; ABA000 – Equipment for industrial-process automation; ABV000 – Characterization; ABA001 – Measuring Instruments. The device characterization is also to be found in IEC 61987-11.

4 General description of the PMT

The definition of a detailed test protocol requires a deep knowledge of the specific PMT under test and its components. This is obtained by a close collaboration between the assessor and the manufacturer during the evaluation.

For the scope of the present document, which only defines general test procedures, a short description of the functional blocks of the PMT is sufficient (see informative Annex A). However, a simplified block diagram of a PMT is described in Figure 2.

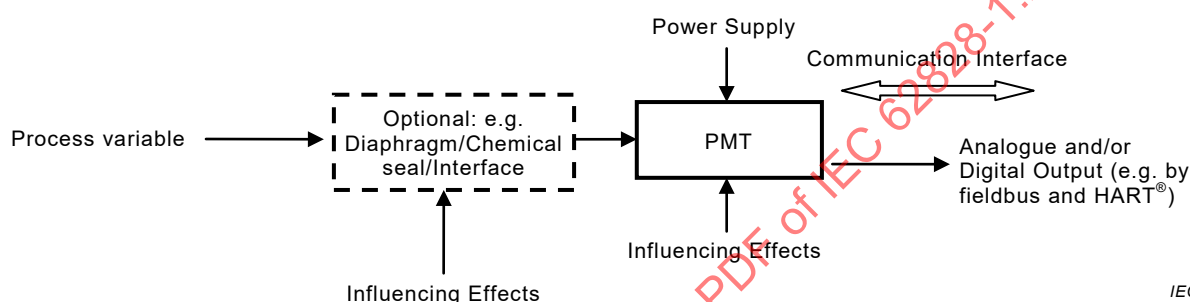


Figure 2 – Block diagram of a generic PMT

In general terms, a PMT can be defined as “fixed scale transmitter” when the measuring range is set by the manufacturer, and “variable scale transmitter” when the measuring range is adjustable (turn-down ratio).

5 Reference test conditions

5.1 General

This clause defines “standard reference test conditions” and “ambient and process reference test conditions” for quantities influencing operation for type and routine tests to be considered when evaluating the static and dynamic behaviour of the analogue and digital PMTs during tests performed according to the procedures described in Clause 6. “Reference design criteria” considers mechanical, electrical and functional properties of a device that are not in themselves influence quantities but for which design standards exist, against which the device can be assessed.

The standard reference test conditions are a reduced set of standardized conditions implemented to assess the performance values of the PMT. These conditions do not represent the actual operating conditions in which the PMT is intended to be installed.

The reference test conditions for ambient and process quantities influencing operation represent the real conditions that the PMT might encounter at the location in which it is intended to be installed. These test conditions are made in order to determine the impact of the influence quantities on the performance of the PMT and to verify the mechanical and the electrical conditions which a PMT can withstand and still work within its specifications.

These operating conditions are defined in terms of ranges (classes) of the parameters characterizing the various locations and are determined in laboratory tests that evaluate the performance of the PMT by means of a variation of the influencing parameters around the reference test values.

5.2 Standard reference test conditions

5.2.1 General

According to IEC 61298-1, the reference test conditions are essentially related to the environmental conditions, power supply conditions, load conditions and mounting arrangements.

5.2.2 Environmental test conditions

The PMT shall be evaluated under the conditions specified in Table 1.

Table 1 – Environmental test conditions

Environmental test conditions	Temperature °C	Relative humidity %	Atmospheric pressure kPa
Standard reference atmosphere	20	65	101,3
Limits for the atmosphere test conditions	15 ÷ 25	50 ÷ 70	86 ÷ 106
NOTE Different environmental conditions can be used if agreed between user and manufacturer			

The test temperature shall be stated in the test report, and the test results shall be corrected to the standard reference atmospheric conditions as reported in IEC 61298-1.

NOTE It is recognized that a factor to correct humidity is not always available.

The maximum rate of change of the ambient temperature permissible during any test shall be 1 °C in 10 min, but not more than 3 °C/h.

Special equipment could be required to maintain the basic test conditions within the specified limits.

5.2.3 Power supply conditions

The reference values for voltage and if applicable frequency shall be specified by the manufacturer.

Unless other tolerances are agreed between user and manufacturer, the following shall apply:

- rated voltage: $\pm 1 \%$;
- rated frequency: $\pm 1 \%$;
- harmonic distortion (a.c. supply): less than 5 %;
- ripple (d.c. supply): less than 0,1 %.

NOTE Tolerances on supply conditions are not applicable to PMTs with self-contained power supplies (e.g. battery-powered). The tolerances for battery powered equipment can be agreed.

5.2.4 Load conditions

The reference minimum and maximum load conditions during the evaluation tests shall be specified by the manufacturer.

5.2.5 Mounting positions

The instrument shall be installed in only one of its specified normal operating positions, with a $\pm 3^\circ$ tolerance or less, in accordance with the manufacturer's instructions. The position used shall be clearly stated in the test report.

Where appropriate, the mounting bracket supplied with the instrument shall be used.

All covers supplied with the instrument shall be in place.

5.3 Reference test conditions for ambient and process quantities influencing operation

5.3.1 General

This clause defines all the parameters that have to be considered as influence quantities for the operating conditions. Whenever possible, they are identified in terms of ranges (classes) for the various parameters affecting the test results.

5.3.2 Process conditions

For process conditions (rated process temperature, pressure, pulse, etc.) reference is generally made to the applicable international or national standards. These conditions shall be specified by the manufacturer or agreed with the user.

5.3.3 Environmental atmospheric conditions

5.3.3.1 General

The PMT shall be evaluated using the limiting operating conditions specified by the manufacturer or, if no specific values are given, according to the conditions specified in IEC 60654-1.

For the definition of environmental atmospheric conditions, the climatic conditions in various locations are usually expressed in terms of ranges (classes) of air temperature and humidity.

NOTE The barometric pressure is usually not relevant for the PMTs.

The standardized location classes typically used are the following:

Class A: weather-protected locations, air-conditioned locations;

Class B: weather-protected locations, heated and/or cooled enclosed locations;

Class C: weather-protected locations, sheltered and/or unheated enclosed locations;

Class D: non weather-protected locations, outdoor locations.

5.3.3.2 Ambient temperature

The PMT shall be evaluated using the conditions specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not indicate any limits, under the conditions specified in IEC 60654-1 for the typical operating application.

Table 2 gives an example of common ambient temperatures ranges for various operating applications.

Table 2 – Common ambient temperatures ranges

Temperature °C		Temperature class (IEC 60654-1)	Typical operating application
min.	max.		
+20	+25	A1	Air conditioned locations
+15	+30	B1	Heated or/and cooled enclosed locations
+5	+40	B2	
-5	+45	C1	Sheltered locations
-25	+55	C2	
-33	+40	D1	Outdoor locations

5.3.3.3 Ambient relative humidity

The PMT shall be evaluated using the conditions specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not give any limits, under the conditions specified in IEC 60654-1 for the typical operating application.

Table 3 gives an example of reference ambient relative humidity ranges for various operating applications.

Table 3 – Common ambient relative humidity ranges

Relative humidity %		Humidity class (IEC 60654-1)	Typical operating application
min.	max.		
20	75	A1	Air conditioned locations
10	75	B1	Heated or/and cooled enclosed locations
5	85	B2	
5	95	C1	Sheltered locations
10	100	C2	
15	100	D1	Outdoor locations

5.3.4 Mechanical vibration

The PMT shall be evaluated using the conditions specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not specify any limits, the reference values specified in Table 4 for various typical operating applications shall be used. Reference test procedures are those specified in IEC 60068-2-6.

Table 4 – Vibration test levels

Typical application	Test frequency range Hz	Displacement peak amplitude mm	Acceleration peak amplitude m/s ²
Control room or field with low vibration level	10 to 150	0,35	1
Control room or field with medium vibration level	10 to 150	0,75	2
Field with general application or pipeline with low vibration	10 to 1 000	0,15	20
Field with high vibration level or pipe line with high vibration	10 to 1 000	0,35	50

5.3.5 Shock, drop and topple

The PMT shall be evaluated using the conditions specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not specify any limits, the following values for shock, drop and topple in terms of height for free fall shall be used: 25 mm, 50 mm, 100 mm, 250 mm, 500 mm, 1 000 mm or > 1 000 mm for more severe conditions. Reference test procedures are those specified in IEC 60068-2-27.

5.3.6 Power supply

The PMT shall be evaluated using the conditions specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not specify any limits under the conditions specified in Table 5 for voltage and frequency.

Table 5 – Power supply ranges for voltage and frequency

Power supply class for voltage	Tolerance of AC power supply voltage	Tolerance of DC power supply voltage
1	± 1 %	± 10 %
2	± 10 %	+ 10 % / – 15 %
3	+ 10 % / – 15 %	+ 15 % / – 20 %
4	+ 15 % / – 20 %	+ 30 % / – 25 %
Power supply class for frequency	Tolerance of AC power supply frequency	
1	± 0,2 %	
2	± 1 %	
3	± 5 %	

5.3.7 Electromagnetic compatibility (EMC)

The PMT shall be evaluated against electromagnetic immunity and emission using the limits specified by the manufacturer, or if the manufacturer does not specify any limits, then under the conditions specified in the IEC 61326 standard series, that shall be used as a reference also for test set-up and test procedures.

The choice of the relevant limits shall be determined after taking into account the emission and immunity requirements appropriate for the location of use.

5.4 Reference design criteria

5.4.1 General

Reference design criteria concern standards to which a device has been designed. In some cases, e.g. ingress and impact protection, the stated properties can be tested. In other cases, e.g. protection, evidence of conformance will normally be required in the form of documentation or test certification by an independent authority.

5.4.2 Enclosure protection against solid, liquid (IP) and impact (IK)

5.4.2.1 Overview

The protection classes for the instrument enclosure against solid and liquid ingress and against mechanical impacts are specified in IEC 60529 and IEC 62262 respectively. The PMT shall withstand the conditions defined by the code stated by the manufacturer.

5.4.2.2 Enclosure protection against solid and liquids (IP code)

IEC 60529 defines codes of protection against solid and liquid ingress (IP) with the associated test conditions.

5.4.2.3 Enclosure protection against mechanical impact (IK code)

See IEC 62262 for a complete classification of the codes of protection IK against mechanical impacts.

5.4.3 Enclosure protection against corrosive and erosive influences

IEC 60654-4 defines enclosure protection classes against corrosive and erosive influences (gas, vapours and aerosol) with the associated test conditions.

5.4.4 Electrical safety (insulation resistance, dielectric strength)

IEC 61010-1 defines the safety aspects of the design of equipment with regard to insulation resistance and dielectric strength with associated test conditions.

5.4.5 Hazardous environment (for application in explosive atmosphere)

Where a device has been designed for use in a explosion hazardous area according to the IEC 60079-10 series, the type of protection and zone of use shall be specified by the manufacturer. Proof of conformance shall be furnished in the form of test certification from a recognised independent test authority.

5.4.6 Functional safety

Where a device has been designed to conform with reference standard series IEC 61508 IEC 61511 for industrial process applications or IEC 62061 for machinery applications, the safety level attained and standard used shall be specified by the manufacturer. Proof of conformance shall be furnished in the form of test certification from a recognised independent test authority or full documentation in accordance with the test standard.

6 Test procedures

6.1 General

6.1.1 Overview

This clause specifies the test procedures required to verify the performance characteristics of the PMT for the standard and ambient and process conditions given in Clause 5.

These test procedures are generally applicable for both analogue and digital PMTs. Specific test procedures for digital PMTs are defined in the relevant clauses.

In case of a PMT with integrated sensing element, a process variable adequate to the test to be performed shall be generated in a suitable way. When the sensing element can be separated (e.g. RTD or thermocouple), the process variable can be electrically simulated.

6.1.2 Classification of the tests

The tests are classified into: type tests, acceptance tests and routine tests according to the definitions given in Clause 3. In addition, the term evaluation tests is used to indicate, a complete set of tests to establish the performance of a PMT under any likely operating conditions, to permit comparison with the manufacturer's published or stated performance specification for the PMT, or the user's requirement.

The type tests are normally performed by the manufacturer on one or more PMTs taken from the normal production or pre-production. They are intended to assess the performance strictly dependent on the design of the PMT. They are made on new products or on products on which significant design modifications have been made.

The routine tests are performed by the manufacturer at the production stage in order to check the proper manufacturing process and the final calibration of the PMT. These tests are often limited to the safety and metrological aspects. Usually these tests are much simpler than the type tests and usually do not provide evidence of behaviour in severe climatic and/or electromagnetic conditions.

The acceptance tests are also performed by the manufacturer, usually in the presence of the customer, in order to verify if the PMTs supplied by the manufacturer meet the requirements set out in the specification of the manufacturer and/or of the customer. Typically these tests are similar to the routine tests, if not otherwise specified and/or requested by the customer.

The tables of informative Annex B and informative Annex C 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.

Generally, routine and acceptance tests contain a smaller number of test procedures than type tests and the procedures are simpler.

NOTE For example, the routine accuracy test is done taking only one measurement cycle for each 25 % of the device span, while a type test consists of at least 3 measurement cycles for each 20 % of the device span. In addition, only type tests are conducted at different zero and span adjustments, when applicable.

For analogue devices another classification is made in relation to the settings of span and lower range value adjustments (Table 7) and in relation to the number of measurement cycles and number and location of test points (Table 6), for the various tests, namely:

- FT1: for 1 full traverse cycle test (for example for routine tests)
- FT3: for 3 full traverse cycle test (for example for type tests)
- FT5: for 5 full traverse cycle tests (for example for extended tests, although rather unusual)
- Z/S: verifying the change in lower range-value (zero) and upper range-value (span) caused by the influencing factor (for example for over range, mounting position, etc.)
- 10 %: verifying the change only with a 10 % input signal (for example for output ripple)
- 50 %: verifying the change only with a 50 % input signal (for example for vibration, EMC tests, etc.)

- 90 %: verifying the change only with a 90 % input signal (for example for start-up and long-term drift).

Table 6 – Example of 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 points (% of specified measuring range)
Complete tests	Evaluation test	3 or 5	6	0, 20, 40, 60, 80, 100
	Type tests		11	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
Simplified tests	Routine tests	1	5	0, 25, 50, 75, 100
	Acceptance tests			

Table 7 – Example of settings of span and lower range value adjustments for analogue devices

Kind of test		Adjustable span	Zero suppression and/or elevation
Complete tests	Evaluation test	Setting A ^a	Setting B ^b
	Type test		
Simplified tests	Routine tests	Setting C ^c	Setting D ^d
	Sample test		

^a Setting A : Span adjustment set at the maximum and minimum values specified by the manufacturer, and at one intermediate value.

^b Setting B : Normally, tests will be done at only one setting of lower range value, without suppression or elevation, but further tests at minimum and maximum settings may be required if the effects are significant.

^c Setting C : Unless otherwise specified in the test programme, the span is the one set by the manufacturer.

^d Setting D : Unless otherwise specified in the test programme, the lower range value is the one set by the manufacturer.

The choice of the tests to be performed depends on the type of transmitter, manufacturer's specifications and user requirements.

6.1.3 Preparation of the tests

Before defining an evaluation test program, the PMT under consideration shall be analysed, along the lines of the following model, to decide which functions of a single section shall be considered as a separate entity.

The following situations shall be considered:

- In many cases the data processing unit and the output subsystem are fully integrated and the intermediate signals are not available. In that case, the definition and consideration of the separate transfer functions are not relevant.
- Other PMTs could be supplied without the sensor assembly (e.g. without thermocouple or RTD for temperature transmitters). For these PMTs, the evaluation tests are performed using a suitable simulation, e.g. in accordance with the appropriate reference temperature tables.

- A sensor in contact with the process medium may be influenced by the medium characteristics and the installation conditions. As a remote unit, it may also be subject to more severe environmental conditions. The evaluation shall, therefore, consider combined environmental and process conditions. Sensor assemblies including sensors of different nature (such as auxiliary for compensation or diagnostic purposes) require suitable measurement arrangements.
- The choice of the test set-up and the way to provide a physical quantity in an accurate and traceable way to the input of the DUT is an important issue from the technical and economic point of view. Extensive equipment may be required, in which all factors influencing the quantity to be applied to the instrument are controlled. This equipment may be, for certain tests (for instance vibration, ambient temperature tests), extremely expensive. Therefore, a deep analysis has to be conducted to decide which kind of test facility is necessary for the various tests. Except for the accuracy measurements, the tests often require only stable and accurately adjustable signals, and it may be decided to perform these tests with facilities fulfilling only these requirements.
For example, when the measurement of a full calibration curve becomes economically unfeasible, it may be decided, when the I/O-characteristic of the DUT is linear, to perform measurements at "zero-input" and/or 100 % input or at another arbitrary input.
- If not otherwise agreed, the uncertainty of the test facilities and of the associated measuring equipment shall be better or equal 1/3 of the uncertainty of the instrument to be evaluated.

6.1.4 Preliminary assessment

Before the device is tested, a preliminary assessment shall be made of the device on the basis of the checklists to be found in Table 8 to Table 14. These contain a minimum number of checks for assessing functionality, configurability, hardware configuration, adjustment and tuning procedures, operability, dependability and manufacturer's support.

Should additional check items be required, they shall be agreed between the manufacturer and user.

Please note that some of the functions/capabilities to be considered for evaluation apply to digital PMTs only.

Table 8 – Checklist for assessing functionality

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Main function(s)	Give a concise description of the measurement principle(s). Describe instrument status information and measurement information (separate and composite quantities) available at the human and communication interfaces and electrical output subsystem. Describe the firmware structure (function blocks and how they can be organised) and rules for application software.
Auxiliary function(s)	Give a concise description of auxiliary analogue and digital input and output functions.
Function blocks	List the available standardised function blocks (according to either IEC 61499 series or IEC 61804 series) or in case of proprietary function blocks, describe and categorise them in terms of: - time dependent function blocks (totalizers, controllers, timers, lead/lag); - time-independent function blocks, to be divided into: - calculation blocks (e.g. sensor linearization, square root, exponential); - logic blocks (and, or, etc.). For each function block give: - Name; - Adjustment range if user-adjustable; - Default values if applicable; - Check recognition and rejection of invalid values; - For details on checking function block features, see Annex D.
Signal cut-off	- Check the availability of signal cut-off. Signal cut-off is usually possible at the lower end of the characteristic to avoid invalid or noisy signals, but also signal cut-off at the upper end can be present. Indicate which option is available and whether cut-off values are user-configurable. - Check whether a dead band is present between activation and release and whether it is user adjustable.
Filters	If filters are provided: - Are they analogue (hardware) or digital (software)? - What type (1st, 2nd order) and is the time constant adjustable?
Backward compatibility	Check if a new transmitter is compatible with an old version it is intended to replace. NOTE New releases of a transmitter should be compatible with old versions both in hardware and software. The manufacturer should specify the compatibility in the documentation. In the case a new transmitter does not have full backward compatibility, a correlation table could help in identifying the old/new hardware/software peculiarities.

Table 9 – Checklist for assessing configurability

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Fieldbus or wireless communication compatibility	Check whether the instrument under test is suited for either: • Connection to other devices or to a fieldbus in accordance with IEC 61158 series; • Or stand-alone application in combination with a temporary connection to a proprietary fieldbus or communication link; • Or stand-alone application; • Or connection to wireless communication. Provide a list of communication/fieldbus compatible instrument versions.
Configuration tools	Check if the instrument can be configured from: • Local controls (human interface) on instrument; • Remotely from a PC or a host computer; • Via a temporarily connected handheld communication unit. Notice obvious difficulties that appeared when configuring the instrument with these tools. Difficulties could be: – Some parameter entries may give an unnoticed change to other previously set parameters relevant to correct operation; – Inconsistencies in handling parameters such as no warning message when trying to change a protected parameter.
On-line (re)configuration	Check whether functions and parameters can be changed in control mode. If so, whether the output is unacceptably affected. Check whether there is a security mechanism that prohibits on-line access to all or some parameters and functions.
Off-line configuration	Check whether it is possible to set up and store configurations for a number of transmitters on a separate (off-line) PC. Measure the time required for off-line configuration.
Up/download to/from PC	Check if configuration upload is possible. Check if download of off-line prepared configurations is possible. Measure the time required to perform these actions (only one PMT participant): • When commissioning a fieldbus system; • In an operative (active) fieldbus system.
Configurable restart conditions	When a transmitter is provided with a process control function, it may also be equipped with "configurable restart conditions" to be implemented after a power down. An example of usual restart conditions provided are: • Return to last value; • Go to a user-defined value; • Return to manual mode. Check all conditions that apply.
Configurable fail-safe conditions	List the actions that can be configured in the transmitter in the event of detecting an internal failure or sensor failure.

Table 10 – Checklist for assessing hardware configuration

Function/capability		Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Mechanical construction	Hinges/covers	Comment, for these items, on the complexity and soundness of construction and protection against damage. Refer, if applicable, to mechanical problems that have appeared during preparation of the evaluation and during the performance of any test.
	Internal modules	
	Support	
	Protruding parts	Comment, for internal modules, on the location/position and addressing of the hardware by DIP switches or software.
	Local controls	
	Sensor connections	
	Electrical connections	
	Mechanical connections	
Ease of mounting		The mounting procedure may influence the calibration. Check whether it draws adequate attention to alignment, fixation to installation, thermal insulation, etc. Notice any obvious difficulties that may have appeared when dismounting and mounting the instrument. Also, determine the time needed for correct mounting.

Table 11 – Checklist for assessing adjustment and tuning procedures

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Adjustment procedure	Aspects to be considered are: • How many adjustment procedures exist and what are the differences (which one is advised, etc., on-line and off-line adjustment and tuning or configuration)? • What external equipment is needed for calibration, adjustment and tuning? • How many times does the user have to interact and when? • Is any part of the procedure automatically performed? • Are adjustment, calibration and tuning data (name of operator, date, parameters, etc.) stored in non-volatile memory? • What are the range limits? • What is the resolution of zero/span adjustments both at upper and lower range limits? • Is linearization part of the procedure? • Measure the time required for adjustment, calibration and tuning. Record any obvious or potential difficulties that may have appeared when performing the procedure.
Tuning procedure	Certain instruments require adaptation and tuning to process conditions and properties, installation conditions and environmental conditions. Briefly describe the procedure. The following shall be considered: • In certain cases, tuning/adaptation may require the setting of fixed process related parameters particularly when configuring the instrument. Often, this method has limited validity, in particular where the actual process parameters may vary over a wide range; • It may also be an automatic procedure to be performed under live conditions. If so, how many times does the user need to interact? Are resulting parameters automatically activated or can the user ignore/change them and fill in different values? Record the instrument's output during the procedure. The record may show the limitations of the procedure; • Is adjustment and tuning be integrated inseparably into one procedure? • Measure the time required for tuning.

Table 12 – Checklist for assessing operability

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Local controls (tools) for access	Give a concise description of: • The keys (pushbuttons) available; • Ergonomic layout and use of the keys; • Protection/suitability of keys for use in hazardous locations.
Local displays	Give a concise description of the data that can be shown on the local displays such as: • Number of lines and characters per line; • Control parameters given; • Error messages; • Readability of display without removing the electronics covers.
Human interface(s) at external system	Describe, for PC-based software, the organisation and hierarchy of the various user access groups and related displays and the possible availability of dedicated keyboards. Give, for a handheld communicator, a picture with layout of display and keyboard.
Provisions and tools for engineering and maintenance personnel	Give, for PC-based provisions, a concise description of the organisation and hierarchy of the engineering and maintenance related software and display templates. If available, list other hardware tools (such as switches, potentiometers, etc.) that can be used for configuration, installation, adjustments and calibration.
Process diagnostic aspects	Check whether the instrument – in addition to the main measuring function – has provisions for diagnosing defects and faults in the process and process installations. In the following example list, some aspects are specific to particular device types: • Cavitation; • Abrasion and corrosion (chemical/mechanical origin); • Product contamination (e.g., including condensation); • Product inconsistencies (e.g. gas entrapped in liquid); • Blockage of product flow; • Excess vibration of installation; • Temperature and pressure; • Loop integrity and performance using information coming from the instruments and function blocks used in the loop; • Fracture, wear, fatigue or corrosion of piping or vessels, etc. Describe relevant tests and alarms implemented such as: • Analysis in time or frequency domain of main sensor signal; • Fingerprinting; • Availability of additional sensors; • Additional software tools for the accumulation of operational time, time at certain load, number of cycles. Check whether these tools are embedded in the transmitter or in the host; • Are tests on-line automatic or operator-initiated? • Are test parameters user-adaptable? • Actions of transmitter on appearance of diagnostic alarms.

Table 13 – Checklist for assessing dependability

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Transmitter diagnostics	Describe how the transmitter diagnoses internal failures and secures safe operation in case of failures. Mechanisms may be implemented for detecting: - Flash Read Only Memory failure; - no free time; - reference voltage failure; - drive current failure; - critical Non Volatile Memory failure; - auxiliary sensor failures (e.g. internal temp, pressure). Check whether fieldbus devices may provide specific messages such as: - I/O processor fault; - output not running; - static parameters lost; - calibration data read error. Check which diagnostics are performed: - On-line (in operation) automatically, continuously or intermittently; - On-line (in operation) user-initiated; - Offline (out of operation). Does the manufacturer provide a coverage factor with respect to detection of internal failures?
Detection of incorrect use	Does the instrument or the fieldbus system detect errors and failures due to incorrect and/or unintended operation and/or maintenance actions such as: - incorrect address settings via jumpers or dip switches (if provided); - reverse connection of power wiring, connectors, printed circuit boards (if possible); - putting connectors at incorrect positions (if length of wiring permits this); - leaving an open circuit by not connecting a connector; - performing an incomplete or incorrect start-up procedure; - leaving the instrument at an incorrect security level; - multiple use of same tag names and numbers for different transmitters in a multi-drop digital communication system; - causing a short circuit by touching adjacent parts when performing mechanical adjustments.
Alarms	Two groups of alarm types can be differentiated: - Process alarms (related to the above mentioned process diagnostic aspects). Alarm settings may be user-adjustable; - Self-test alarms (related to internal failures of the transmitter). These alarms are in general not user-changeable. List the alarms provided in both groups and indicate how they are communicated to: - Host via fieldbus; - Hard wired via relay outputs; - Local display. Check whether the alarms appear automatically on-line or only on user-request or in any other way.
Security against unauthorised access	Describe the implemented security methods: - Hardware (write protect switch); - Software (passwords, number of access levels and the degrees of access and configurability at these levels); - Access to local controls and adjustment/tuning facilities.

Table 14 – Checklist for assessing manufacturer's support

Function/capability	Aspects to be considered during evaluation (if applicable)
Manufacturer's maintenance support	• Does the manufacturer offer maintenance contracts? • What is their scope? • What is the guaranteed time for providing maintenance personnel on the spot?
Spares	• Mention the smallest replaceable unit; • Mention content/size of recommended stock of spare parts; • Spares availability after the end of transmitter production.
Warranty	Indicate warranty period and the extent.

The results of the preliminary assessment shall be documented in paper or electronic form. After a review of the results and where the extent of testing is subject to agreement between manufacturer and user, the device functions and properties to be tested shall be agreed.

The definition of these functions and properties, to be considered in the evaluation is based on the concept of data flow paths. The parties involved need to define the relevant data flow paths and measurement ranges of the PMT to be evaluated. Table 15 and Table 16 give examples of a format for listing and defining the functions to be evaluated. Table 15 is an example related to a single variable transmitter of differential pressure with temperature compensation, while Table 16 is an example related to a PMT with a multi-variable transmitter of differential pressure with temperature compensation plus an additional temperature sensor for process media.

Table 15 – Example of functions listing for a temperature compensated single variable PMT (differential pressure)

Reference number	Measured values (outputs) to be observed						Sensor characteristics		Related physical quantities to be provided at input(s)			
	Measured Variable	Measuring range	Type of measurement		Data flow path to:				Quantity	Source		
			Main	Auxiliary ¹⁾	Local display	External system	Electrical output: (4 to 20) mA	Measurement principle		Measuring range	Physical quantity	Simulator
1	Differential pressure	(0 to 100) kPa ²⁾	S ³⁾			X	X	Capacitive	(- 500 to + 500) kPa	Differential pressure	X	
2 ⁴⁾	Internal temperature ⁵⁾	- 40 to + 50 °C		A ⁶⁾	X ¹⁾			RTD	(- 40 to + 100) °C	Temperature	X	

1) This auxiliary parameter may not be available in output.

2) At the range of (0 to 100) kPa a limited set of tests are to be performed, these tests shall be explicitly indicated in the matrices of 6.2 and 6.3.

3) S: Single variable.

4) Only for temperature compensation.

5) The internal temperature shall be monitored at the local display for all tests. Any large deviations to the ambient temperature may indicate a defect.

6) A: Auxiliary variable.

Table 16 – Example of functions listing for a temperature compensated multi-variable PMT (differential pressure plus pressure and temperature)

Reference number	Measured values (outputs) to be observed							Sensor characteristics		Related physical quantities to be provided at input(s)		
	Measured Variable	Measuring range	Type of measurement		Data flow path to:			Measurement principle	Measuring range	Quantity	Source	
			Main	Auxiliary ¹⁾	Local display	External system	Electrical output. (4 to 20) mA				Physical quantity	Simulator
1	Differential pressure	(0 to 100) kPa ²⁾	S ³⁾			X	X	Capacitive	(- 500 to + 500) kPa	Differential pressure	X	
2 ⁴⁾	Internal temperature ⁵⁾	- 40 to + 50 °C		A ⁶⁾	X ¹⁾			RTD	(- 40 to + 100) °C	Temperature	X	
3	Static pressure	(0 to 10) MPa ²⁾	S ³⁾			X	X	Capacitive	(0 to + 20) MPa	Pressure	X	
4	Process media temperature	- 0 to + 400 °C	S ³⁾			X	X	TC	(- 0 to + 500) °C	Temperature	X	
¹⁾ This auxiliary parameter may not be available in output. ²⁾ At the range of (0 to 100) kPa a limited set of tests are to be performed, these tests shall be explicitly indicated in the matrices of 6.2 and 6.3. ³⁾ S: Single variable. ⁴⁾ Only for temperature compensation. ⁵⁾ The internal temperature shall be monitored at the local display for all tests. Any large deviations to the ambient temperature may indicate a defect. ⁶⁾ A: Auxiliary variable.												

6.2 Type tests at standard reference test conditions

6.2.1 General

These tests refer to accuracy, static behaviour and dynamic behaviour of the DUT.

Before starting the tests, the correct functioning of the DUT shall be verified. If the DUT has a display to indicate the measured value (and other indications), any display malfunctions display (missing digit sections, brightness, contrast, and angle of view before loss of brightness/contrast) shall be visually checked during and after the tests.

6.2.2 Accuracy and related factors

6.2.2.1 General

The accuracy test aims at detecting the actual output signal and at comparing it with the stated value.

6.2.2.2 Test procedures applicable both for analogue and digital PMTs

Where there are selectable ranges and settings, the tests shall be repeated to cover all ranges or settings strictly necessary to verify the complete PMT performances.

When the DUT is supplied calibrated for use, the first set of tests shall be carried out without adjustment.

Generally, instruments should be evaluated, in respect to the accuracy, under each of the conditions which they are likely to meet in operation. Unfortunately, it is not practical or economical to evaluate performance under all possible combinations of operating conditions. A standard test procedure is therefore specified which is practical under laboratory conditions and which provides sufficient data on which a prediction of field performance can be made. The use of a small number of standard conditions covering the range simplifies testing and enables tests on different devices to be more readily compared.

The testing of a PMT which has provision for substantial adjustment of both span and lower range value may require an impractically large number of tests. In such a case, preliminary tests shall be conducted to determine the effect of changing span and lower range value adjustments on the characteristic being measured. This should allow the cancelling of some tests from the test program, in those cases where the characteristics can be reliably inferred from fewer tests. For example, hysteresis may not be significantly affected by selection of the lower and upper range value if the span is held constant and often may be inferred for different spans from measurements at a single span setting.

However, the report shall indicate clearly relevant values of the measured parameters for each setting, so that the values of inaccuracy, hysteresis, etc., can all be referenced to the same adjustment of the PMT.

Generally, unless otherwise specified in the test program, the test for accuracy related factors shall be carried out with the settings A, B, C, and D listed in Table 7, whenever the span and/or the lower range value are adjustable further than the adjustments for the manufacturing tolerances.

Prior to start the tests, the DUT shall be preconditioned by putting it in the test ambient for a sufficient time to reach stable temperature conditions (usually at least 1 h).

With power applied to the DUT, a further sufficient time shall be allowed to ensure stabilization of the operating temperature of the DUT. In the absence of any recommendations in the test program, this time shall not be shorter than 30 min; the testing equipment – for the measurements of the input and output signal – shall also be allowed to stabilize.

Before proceeding to the accuracy test, the DUT shall be subjected to three full range traverses in each direction.

The performance of the DUT shall be verified over the full range for increasing and decreasing values using the same number of steps in each direction.

For example, if a step of 20 % is selected, the values 20 %, 40 %, 60 %, 80 % and 100 % will be tested going upscale, and the values 80 %, 60 %, 40 %, 20 % and 0 % will be tested returning downscale.

The number of measurement cycles and the number of the test points depend on the kind of test under consideration. Unless otherwise specified for a particular type of PMT, the values that should be adopted are given in Table 6.

Initially, an input signal equal to the lower range value is generated, and then the input signal is slowly increased to reach, without overshoot, the first test point; after an adequate stabilization period, the value of the corresponding input and output signal is recorded.

Then the input signal is slowly increased to reach, without overshoot, the value of the next test point and, after a stabilization period, the corresponding value of the output signal is recorded.

The operation is repeated for all the predetermined values up to 100 % of the input span. After measurement at this point, the input signal is slowly decreased to the test value directly below 100 % of input span, and then to all the other values in turn down to 0 % of input span, thus closing the measurement cycle.

NOTE For PMTs without hysteresis, e.g. temperature transmitters, a single measuring cycle can be conducted only with increased (preferable) or decreased input.

6.2.2.3 Processing of the measured values

The difference between the output signal values obtained at the various test points for each upscale and downscale traverse and the corresponding stated values are recorded as the output errors.

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

For each measuring point, the readings obtained in successive cycles for upscale and downscale error, respectively, shall be averaged to give the average upscale and downscale values, and these once again averaged to obtain the average value at that point.

For convenience, all the error values obtained shall be shown in a table (see example of Table 17), and the average values presented graphically (see Figure 3) to obtain the accuracy or the measurement uncertainty, according to the definitions given in Clause 3.

6.2.2.4 Determination of the accuracy

6.2.2.4.1 General

Because of the limited number of measurements (e.g. see Table 6) the following accuracy related factors shall be determined by treating the errors in a simple way (difference between measured values and ideal value or comparison value), as for example reported in Table 17. This simple method applies to all the subclauses from 6.2.2.4.2 to 6.2.2.4.8.

6.2.2.4.2 Inaccuracy

Inaccuracy is determined (see example of Table 17) 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.

Table 17 – Example table of PMT errors

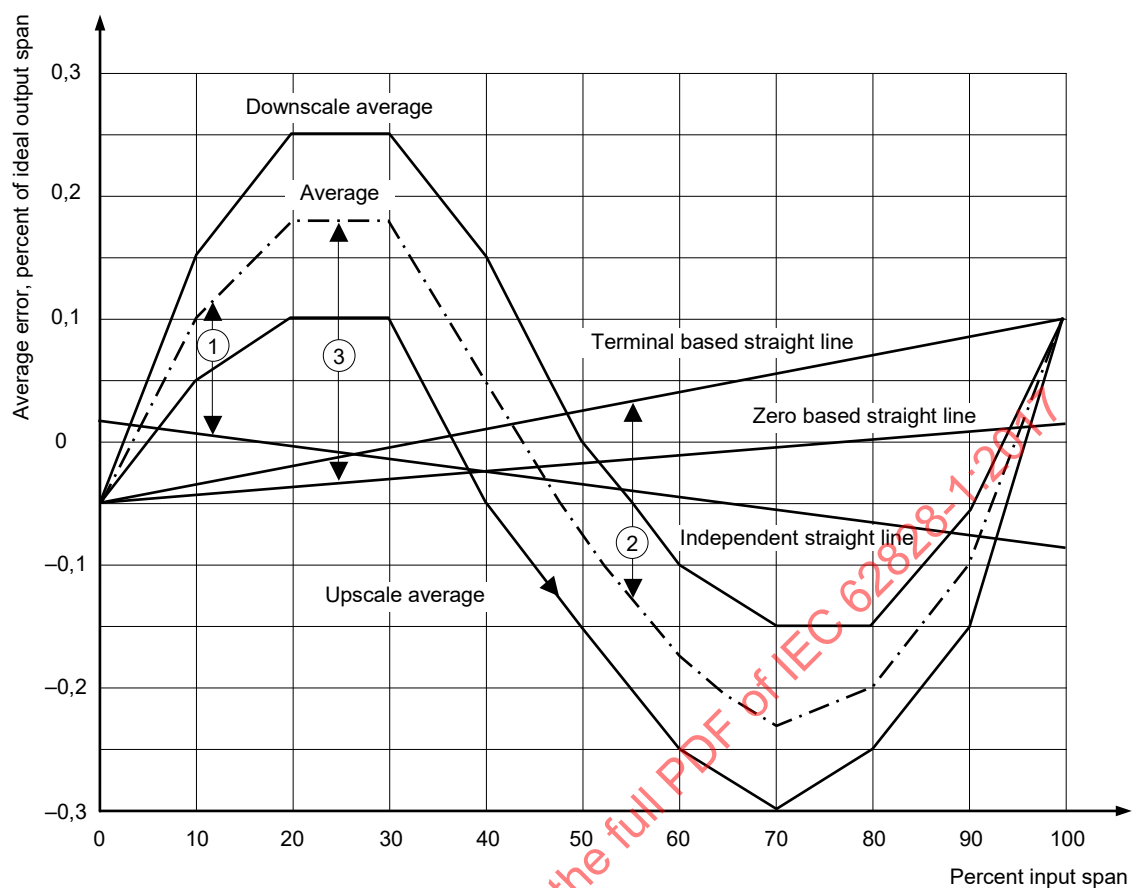
	1 st cycle		2 nd cycle		3 rd cycle		Average of the cycles		Total average
	Error (in % of ideal span)								
Input in % span	Up actual	Down actual	Up actual	Down actual	Up actual	Down actual	Up actual	Down average	Average error
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0		−0,04		−0,05		+0,06		−0,05	−0,050
10	+0,06	+0,14	+0,04	+0,15	+0,05	+0,16	+0,05	+0,15	+0,100
20	+0,13	+0,23	+0,08	+0,26	+0,09	+0,26	+0,10	+0,25	+0,175
30	+0,11	+0,24	+0,09	+0,25	+0,10	+0,26	+0,10	+0,25	+0,175
40	−0,04	+0,13	−0,07	+0,15	−0,04	+0,17	−0,05	+0,15	+0,050
50	−0,18	−0,02	−0,16	+0,01	−0,13	+0,01	−0,15	0,00	−0,075
60	−0,27	−0,12	−0,25	−0,10	−0,23	−0,08	−0,025	−0,10	−0,175
70	−0,32	−0,17	−0,30	−0,16	−0,28	−0,12	−0,30	−0,15	−0,225
80	−0,27	−0,17	−0,26	−0,15	−0,22	−0,13	−0,25	−0,15	−0,200
90	−0,16	−0,06	−0,15	−0,05	−0,14	−0,04	−0,15	−0,05	−0,100
100	+0,09		+0,11		+0,10		+0,10		+0,100

Non-repeatability = +0,05 %

Hysteresis = +0,22 %
= hysteresis error + dead band

Maximum measured error = −0,30 %

Inaccuracy = −0,32 % + 0,26 %



- ① Independent non-linearity = $\pm 0,2 \%$
- ② Terminal based non-linearity = $-0,28 \%$ and at $\pm 0,28 \%$
- ③ Zero based non-linearity = $\pm 0,22 \%$

IEC

Figure 3 – Error curves corresponding to the example of Table 17

6.2.2.4.3 Maximum measured error

The maximum measured error is determined (see example of Table 17) by selecting the greatest positive or negative value from the average upscale errors and the average downscale errors.

6.2.2.4.4 Non-linearity

For PMTs 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 of Table 17 and corresponding Figure 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 non-linearity is of practical interest.

b) Independent non-linearity

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 terminal based non-linearity shall always be used.

6.2.2.4.5 Non-conformity

Non-conformity (terminal based non-conformity, independent non-conformity, and zero based non-conformity) is used for PMTs which have a non-linear input-output relationship (e.g., logarithmic, square root, etc.).

The non-conformity is determined and presented using the same procedures as for non-linearity.

In any statement regarding conformity and accuracy calculation, the terminal based non-conformity shall always be used.

6.2.2.4.6 Hysteresis

Hysteresis is determined directly from the deviation values (see example of Table 17), as the difference between consecutive upscale and downscale outputs for any single test cycle at the same test point.

The maximum value observed from all the test cycles is reported as "hysteresis", and shall be expressed as percent of the ideal output span. If required, hysteresis error may be determined by subtracting the value of dead band from the corresponding value of hysteresis for a given measured point; its maximum value may be reported as "hysteresis error" in percent of the stated output span.

NOTE Dead band can be determined at 50 % of the input signal, increasing and decreasing the input signal until the output signal varies, but in today's PMTs this gap is very little and so this test can be eliminated.

6.2.2.4.7 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 (see example of Table 17) from the maximum difference in percent of the stated output span, between all values of output for any single input value, considering upscale and downscale curves separately. The maximum value from either upscale or downscale value is reported as non-repeatability.

6.2.2.4.8 Presentation of the results

The results of measurements made to assess the values of inaccuracy, measured error, non-linearity, non-conformity, hysteresis and non-repeatability, shall be determined in accordance

with the previous clauses 6.2.2.4.2 to 6.2.2.4.7, and shall be presented in the test report by including tables and figures, like the example in Table 17 and Figure 3.

For acceptance tests, the corresponding values of the same accuracy related factors specified by the manufacturer shall be tabulated alongside the values determined from the tests. The accuracy of device can be said to be in conformance with its specification when the measured values are equal to or better than the declared values.

NOTE The accuracy related terms could be stated by the manufacturer in different ways, e.g. as inaccuracy (which includes hysteresis and non-repeatability) and hysteresis; or measured error (which includes hysteresis) and the hysteresis; or even non-linearity/non-conformity (which does not include hysteresis), the hysteresis and the dead band.

In the example reported in Table 17, the measured inaccuracy varies from – 0,32 % to + 0,26 % as a function of the input; therefore, if the rated accuracy specified by the manufacturer is, for example, $\pm 0,35$ %, this specified value is upheld.

6.2.2.5 Determination of the measurement uncertainty

The results obtained from the measurements, as those reported in Table 17, can be processed to determine the measurement uncertainty according to the following documents:

- *Vocabulary international of metrology* (VIM: ISO/IEC Guide 99:2007);
- *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM: ISO/IEC Guide 98-3:2008).

A short description of the approach is in Annex E.

6.2.3 Static behaviour

6.2.3.1 General

For the purposes of this document, to evaluate the static behaviour of PMTs with analogue or digital output there is no need to test all possible configurations. The configuration tested shall be representative of typical use of the PMT under evaluation. The manufacturer shall specify the configuration to be adopted.

6.2.3.2 Insulation resistance

The DUT shall be set up for normal operation. The insulation resistance of each input and output circuit shall be measured with reference to ground. The test shall be carried out on the unpowered DUT by applying the d.c. test voltage between the short-circuited input, output, or power supply terminals in turn, and the enclosure connected to ground.

To avoid current surges, the applied test voltage shall be raised to its full value gradually, and, upon completion of the test period, shall then be reduced gradually. Unless otherwise agreed, the nominal d.c. test voltage shall be 500 V according to IEC 61010-1.

After application of the full test voltage for at least 30 s, the value of insulation resistance shall be measured with appropriate equipment. The measured value shall be in accordance with the data declared by the manufacturer.

6.2.3.3 Dielectric strength

The r.m.s. value of test voltage shall be determined by reference to the value of the rated voltage (or insulation voltage) reported in IEC 61010-1 and/or national standard. With the DUT unpowered, and the case (if any) fitted, the test voltage shall be applied between the input, output, and power supply terminals in turn and ground. During every test, the case and terminals not directly involved shall be connected together and grounded.

The test voltage shall be raised gradually to its specified value, and by using such steps that no appreciable transients occur, and shall then be maintained at the specified level for 1 min.

During the test, no breakdown or flashover shall occur.

6.2.3.4 Power consumption

The purpose of this test is to determine the power consumption of the DUT at the normal supply operating condition.

This test shall be conducted at the input and load conditions which produce the maximum power consumption of the DUT.

For a.c. powered PMTs, the power absorbed shall be measured, taking into account measurements of effective (r.m.s.) values. The measurement shall be made at the nominal voltage and frequency, and at the maximum voltage and minimum frequency specified by the manufacturer for the given supply.

For d.c. powered PMTs, the current absorbed shall be measured at nominal supply voltage.

The measured value shall be in accordance with the data declared by the manufacturer.

6.2.3.5 Operation region

For two-wires analogue PMTs (loop powered current output), the operation region shall be verified varying the input signal from 0 to 100 % and checking the corresponding output signal at:

- minimum supply voltage and minimum resistance load, and
- maximum supply voltage and maximum resistance load.

For any combination voltage/load in the operation region, the output signal shall not vary.

6.2.3.6 Influence of power supply variations

For all the PMTs with the exception on loop-powered analogue transmitters covered by 6.2.3.5, the test shall be carried out varying the input signal from 0 to 100 % and checking the corresponding output signal at the following supply voltage and frequency variations (if applicable) as follows:

- voltage: nominal value, maximum value, minimum value
- frequency: nominal value, maximum value, minimum value

where the maximum and minimum values are defined in relation to the PMT supply classes defined in Table 5.

Each value of voltage shall be combined with each value of frequency so that the result will be nine sets of measurements for a.c. supplies or three sets of measurements for d.c. supplies.

The voltage and frequency changes shall be made smoothly and gradually; the measurements at 0 % and 100 % of output shall be made in steady-state conditions of voltage and frequency.

The changes at 0 % and 100 % of output shall be reported in per cent of span.

For acceptance tests the output variations with respect to nominal conditions shall remain within the values specified for the DUT under every combination of voltage/frequency.

6.2.3.7 Output load effects

The purpose of this test is to determine any effects on the output signal of analogue PMTs when the output load is varied.

To determine any effect on an electrical output signal, the load resistance shall be varied from the minimum to the maximum value specified by the manufacturer. Any changes in lower range-value and span caused by these variations shall be expressed as a percentage of the output span. The output voltage drop at the DUT at the upper range value shall also be recorded when the DUT is a two-wire PMT. Consideration should be given to the effect of connecting capacitive or inductive loads.

For acceptance tests, the output variations with respect to its nominal value shall remain within the values specified for the DUT for any value of load applied.

6.2.3.8 Output ripple

The maximum peak-to-peak values and the fundamental frequency component of any ripple content of the output of analogue PMTs shall be measured and recorded with 10 % and 90 % input signals at both minimum and maximum load specified for the DUT.

For acceptance tests, the output ripple shall remain within the values specified for the DUT for any test condition.

6.2.3.9 Overrange

This test shall be carried out by measuring any changes in lower range-value and span which result from over-ranging the input by 50 % at the minimum and maximum span settings, if not otherwise specified by the manufacturer to avoid damage.

The input shall be increased gradually from the lower range-value to the over-range selected for the test.

After the over-range has been applied for 1 min, the input shall be reduced to the nominal lower range-value.

NOTE If the out of range condition produces significant thermal effects, the duration of application is increased to reach a thermal steady-state condition.

After a further 5 min have elapsed, the lower range-value and the span shall be determined in per cent of output span.

If the DUT is to be tested for over-range effect in both directions, as with differential measuring PMTs and PMTs whose input may be both below the lower range-value and above the upper range-value, it shall be tested as described above, first over-ranging above the upper range-value, and then over-ranging below the lower range-value.

Any changes of lower range-value and span determined after over-ranging in each direction shall be recorded. For acceptance tests, these changes shall remain within the values specified for the DUT.

6.2.3.10 Mounting position

Where the DUT might be position sensitive, the change in lower range-value and span caused by 10° inclinations from the position(s) specified by the manufacturer shall be measured and recorded in percent of output span.

Four measurements shall be made with tilt applied in two planes at right angles to each other.

Where a 10° inclination is excessive due to the design of the DUT, the maximum inclination specified by the manufacturer shall be used.

Any changes of lower range-value and span determined in each test positions shall be recorded. For acceptance tests, these changes shall remain within the values specified for the DUT.

6.2.4 Dynamic behaviour

6.2.4.1 General

The objective of this subclause is to define test procedures for the evaluation of the dynamic behaviour of PMT with analogue or digital output.

The configuration tested shall be representative of typical use of the PMT under evaluation. The manufacturer shall specify the configuration to be adopted and the performance values to be met for each characteristics.

Step and sine wave input signals can be used to obtain the dynamic response of the PMT.

Sine wave test data are most generally useful for mathematical analysis, for graphical solution of control problems, and for characterization of dynamic performance of linear systems.

Step tests permit the measurement of the dead time and the time constant.

In order to define a practical number of tests, only one value of output load and a minimum number of input signal configurations need to be adopted.

It is recognized that the data from the specified step and sine wave tests are not sufficient to describe completely the dynamic behavior of a PMT. However, following the requirements of this document, comparable data, useful to identify the dynamic behavior of simple PMTs and to give qualitative indications for the more complex ones, can be collected. In special cases, more detailed testing may be specified in the test program.

NOTE The specified output loads and the levels of input signals are sufficient to give valid data for the most usual test requirements, and qualitative indications on the effect of unusual large, changing signals.

Depending on their construction principle, not all the PMTs can be tested for all the parameters specified in the following subclauses.

6.2.4.2 Step response

A series of step changes shall be applied to the input of the DUT. The rise time of the step input shall be small compared with response time of the DUT.

Input step and output response shall be recorded together.

The following preferable input steps are applied:

- a step corresponding to 80 % of output span, giving an output change from 10 % to 90 %, then another from 90 % to 10 %;
- steps, corresponding to 10 % output span, giving output changes up and down as follows: 5 % to 15 %; 45 % to 55 %; and 85 % to 95 %.

The time for the output to reach and remain within 1 % of output span of its final steady value (settling time) shall be measured for each test condition. The amount of dead time and transient overshoot, if any, shall be stated (see Figure 4 and Figure 5).

NOTE Measurement of step response time to 90 %, or time constant to 63 %, can also be useful.

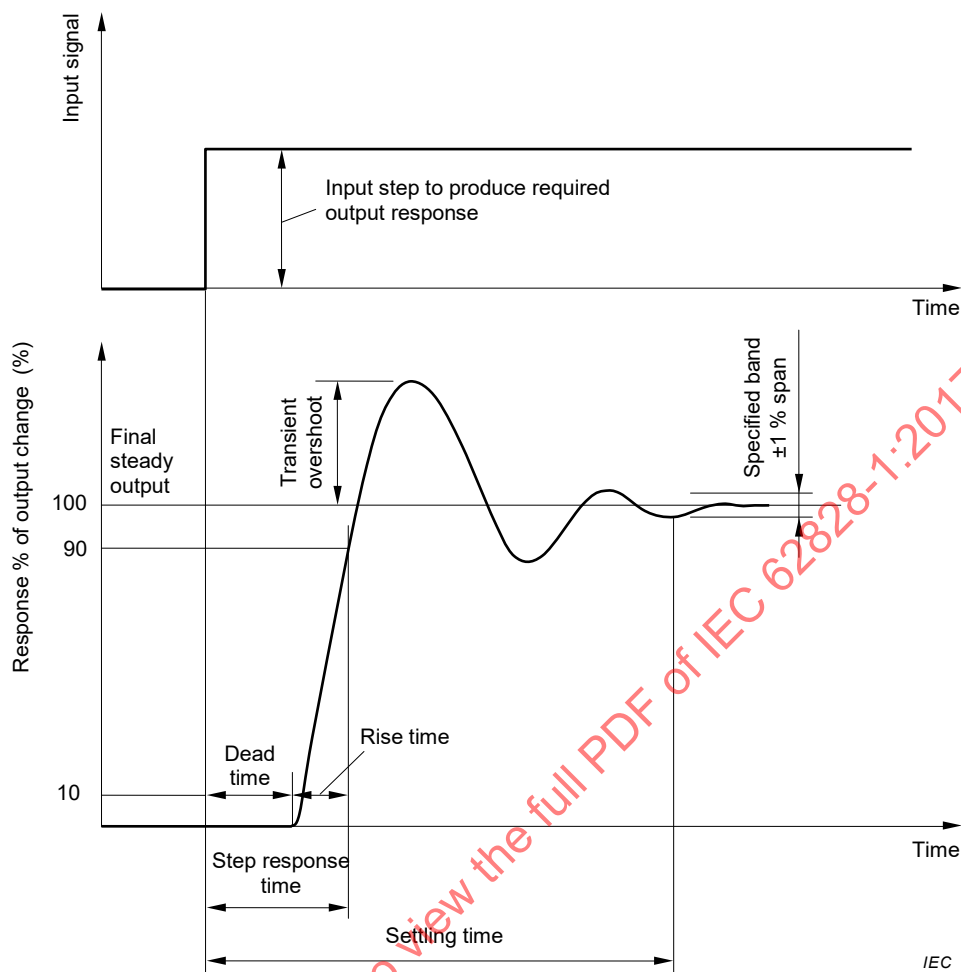


Figure 4 – Example of responses to a step input with overshoot

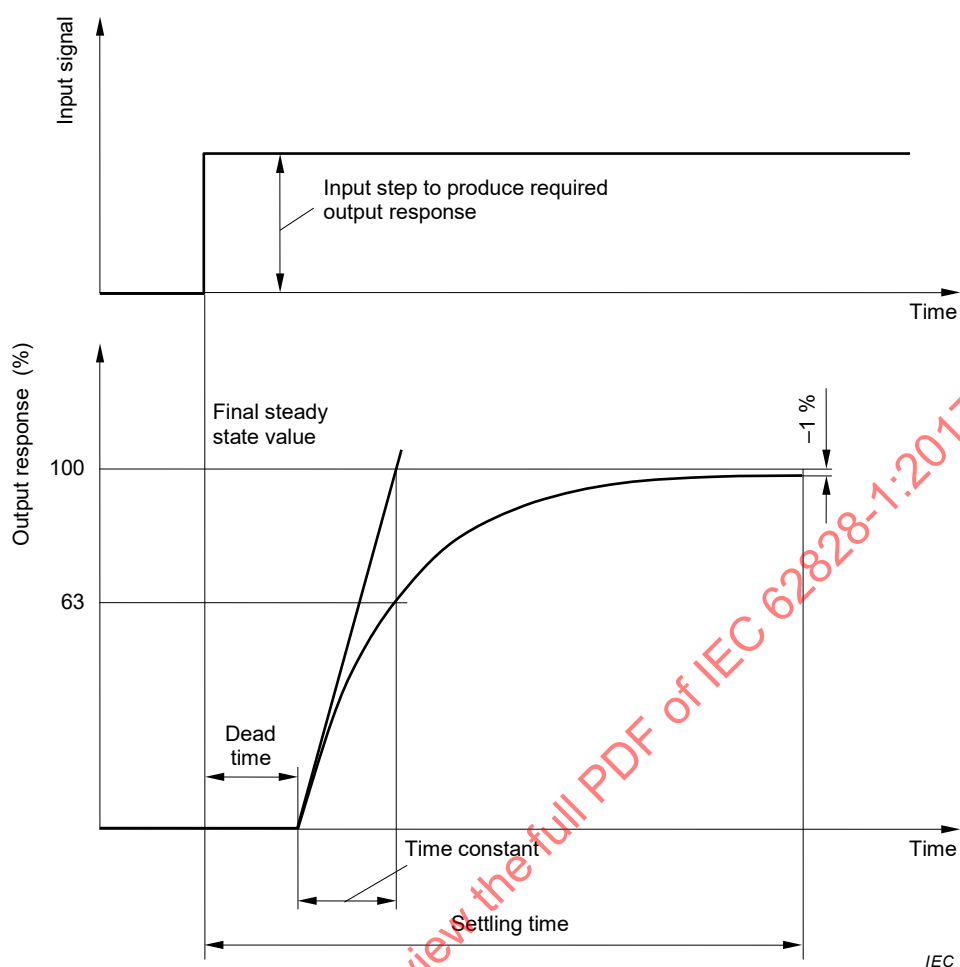


Figure 5 – Example of responses to a step input without overshoot

6.2.4.3 Frequency response

A sinusoidal signal shall be applied by a function generator to the input of the DUT.

The peak-to-peak amplitude of the sinusoidal signal should not exceed 20 % of span, but shall be sufficient to allow a valid measurement without causing distortion or saturation of the output.

The frequency of the input signal shall be increased in increments, from an initial value low enough to determine the static gain, to a higher frequency at which the output is attenuated to less than 10 % of its initial amplitude, or at which the phase lag will be 300°.

At least one complete cycle of the input and output shall be recorded simultaneously at each frequency step.

The results of these tests shall be presented graphically in the following form (see Figure 6 and Figure 7): the gain and the phase lag shall be plotted against frequency on a logarithmic scale.

From the graphs, the following values shall be obtained:

- the frequency at which the relative gain is 0,7;
- the frequency at which the phase lag is 45°;
- the frequency at which the phase lag is 90°;

d) the maximum relative gain, and the corresponding frequency and phase angle.

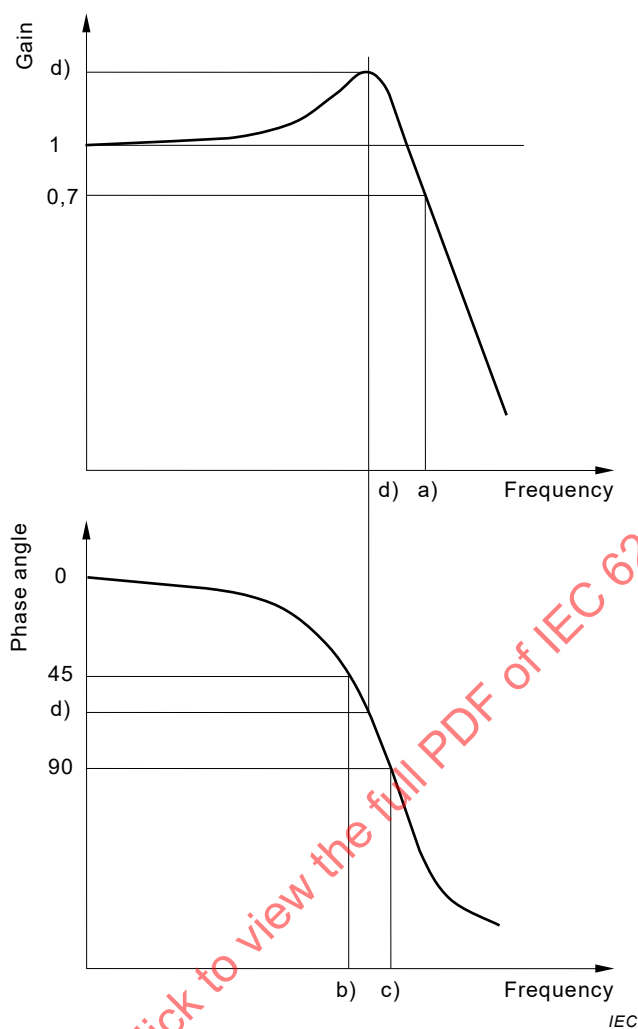


Figure 6 – Example 1 of frequency response

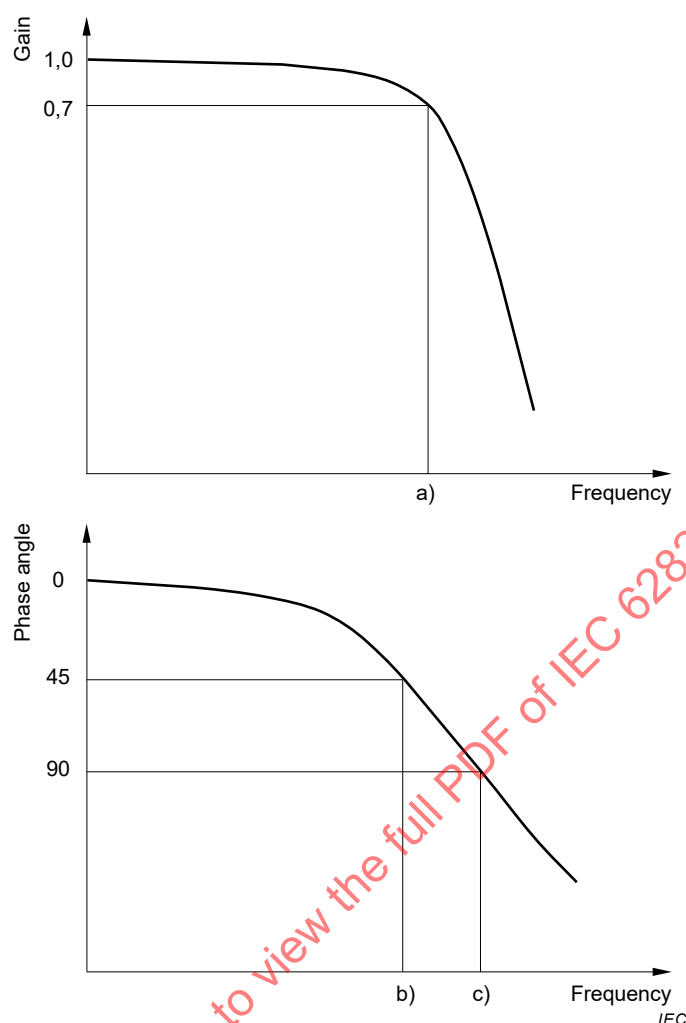


Figure 7 – Example 2 of frequency response

6.2.4.4 Drift characteristics

6.2.4.4.1 Start-up drift

This test shall be carried out by measuring the changes which occur in the output after energizing the DUT.

Prior to the test, the PMT is subjected to ambient environmental conditions, or as advised by the manufacturer, for a period of at least 12 h, but not energized. The span should be adjusted to the approximate mean of the maximum and minimum span, and with the lower range value set approximately at the mid-point of its permissible range of adjustment.

With a 90 % input signal applied to the PMT, it should be switched on, and the output monitored until the output stabilizes (for a maximum period of 4 h). The measurements obtained shall be recorded, and the start-up drift reported as the time for the output to reach and remain within the manufacturer's specified limits.

6.2.4.4.2 Long-term drift

The PMT shall be operated for 30 days and, where practical, a steady input signal corresponding to 90 % of the span shall be maintained.

The span should be adjusted to the approximate mean of the maximum and minimum span, and with the lower range value set approximately at the mid-point of its permissible range of adjustment.

For PMTs which have an intermittent or sample input, or for which it is not practical to maintain a constant test input signal (e.g., some types of analysers), an input corresponding to 90 % span shall be applied at least once each day. The input and output shall be measured, preferably each working day, and the output drift determined and corrected by calculation for any small variation of input. Care should be taken that changes due to ambient environmental conditions, other than time, do not mask the effects of long-term drift. The lower range value and span shall be measured and recorded immediately before and after the 30 day test period. The measured data should be processed to determine a best fit straight line and verify if there is a drift in one direction or a random drift.

6.2.4.4.3 Long-term stability

The long-term stability over a period of 6 months, 1, 2 or 5 years shall be specified.

NOTE Sometime a life-time stability is specified as well.

The results of accelerated tests, field data or statistical evaluation can be used to assess the long-term stability.

6.3 Type tests at operating reference test conditions

6.3.1 General

The objective of this subclause is to give the procedures to evaluate the influence of the operating conditions for PMTs with analogue or digital output.

Unless otherwise required by the specific test (e.g., ambient temperature effects) or due to a supplier/user agreement for a specific application, the following evaluations shall be performed under the reference atmospheric conditions specified in Table 1.

The configuration tested shall be representative of typical use of the PMT under evaluation. In the case of acceptance testing, the manufacturer shall specify the configuration to be adopted and the performance values to be met for each characteristics.

6.3.2 Ambient temperature effects

As specified in IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2, sufficient time shall be allowed at each test temperature to permit thermal stabilization of the DUT before test measurements are taken.

The stabilization period is a function of the DUT mass and of the energy dissipation. It is normally checked by recording the output signal of the DUT. It may be as long as 3 h.

Whatever the temperature cycle prescribed, during the temperature cycles it is important to carry out the measurements at the same temperatures during repeated cycles, so as to permit comparison.

The effects of the ambient temperature shall be measured in the temperature range specified by the manufacturer or, if the manufacturer makes no specification, according the limits given in Table 2.

The test limits for ambient temperature should be appropriate to the temperatures at the intended operational location of the DUT.

The test shall be carried out by conducting the same performance test at each selected test ambient temperature, beginning at the reference temperature (+20 °C).

The test ambient temperatures should be chosen generally at 20 °C intervals, up to the specified limit temperatures for the DUT.

For example, in case of a temperature Class C2, the test temperature cycle should be + 20 °C (reference), + 40 °C, + 55 °C, + 20 °C, 0 °C, – 25 °C, + 20 °C.

If agreed by all parties in the test program, a test at only four temperatures, 20 °C (reference), maximum, minimum, and 20 °C, may be sufficient.

The tolerance for each test temperature should be ± 2 °C and the rate of change of ambient temperature should be less than 1 °C per minute. No adjustments to the DUT shall be made during the test cycle.

A second or third temperature cycle, without any adjustment of the DUT, may be specified in the test program. At each test temperature, data shall be recorded for increasing and decreasing values of output at each 25 % of span.

The output changes at each test value shall be calculated from the average of the upscale and downscale readings and reported in percent of stated output span. Any significant changes in hysteresis, linearity or repeatability shall also be calculated and reported.

The influence of ambient temperature on zero output and span shall be expressed either as a total error over a given temperature band (e.g. – 20 °C to + 60 °C with active temperature compensation) or as a temperature coefficient specified in %/10 K (% of span for passive temperature compensation). Figure 8 is an example of a diagram for different compensation options.

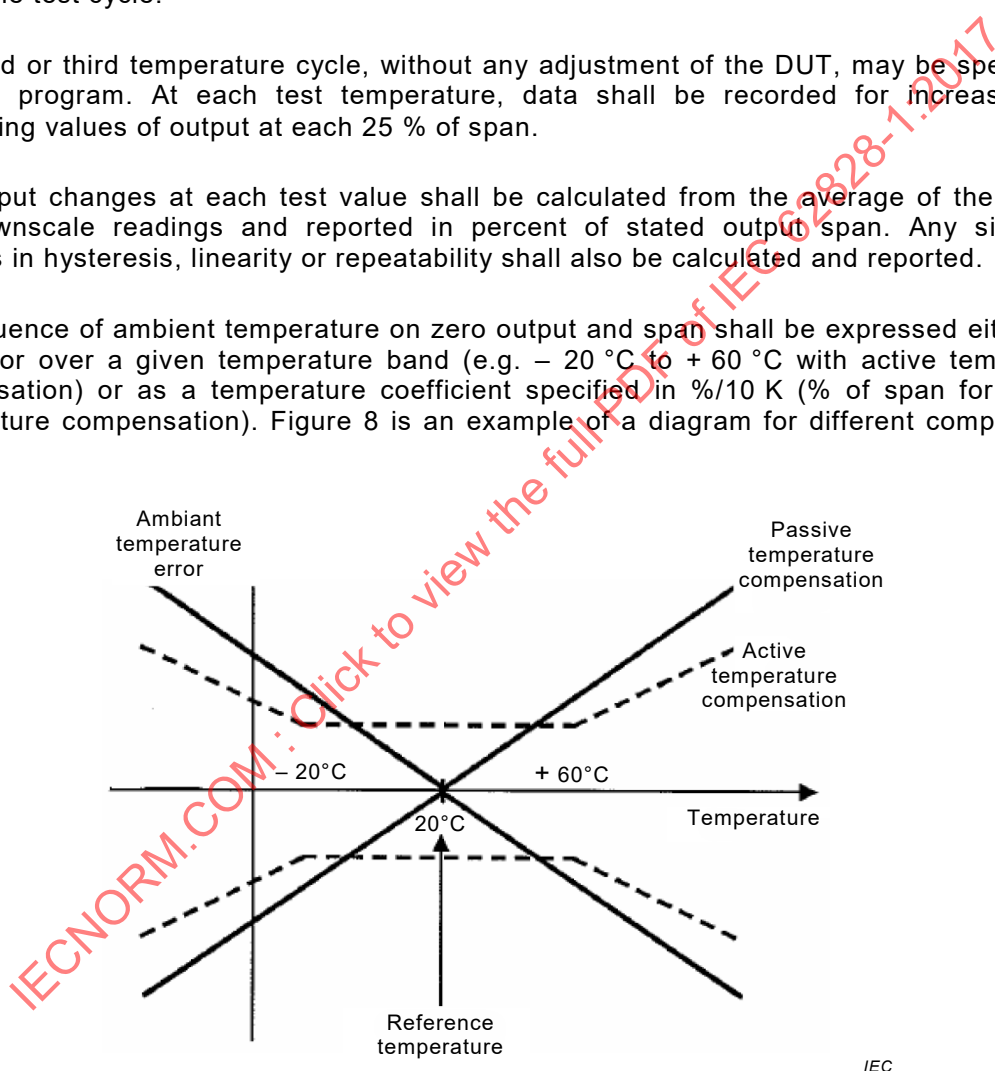


Figure 8 – Example of diagram of the compensation options

Any effects on a digital display indicator shall also be reported, including loss of contrast, brightness, distortion or missing bits.

6.3.3 Ambient relative humidity effects

The effects of relative humidity shall be measured in the humidity range specified in Table 3.

The test limits for humidity should be appropriate to the temperatures at the intended operational location of the DUT.

Usually the ambient relative humidity effects shall be determined at nominal temperature of 40 °C and with nominal relative humidity of 95 % and so suitable only for DUT designed for application in location standardized by IEC 60654-1, Class B, C and D (usually, for DUT Class A the humidity test is not necessary).

As specified in IEC 60068-2-78, the effects of ambient relative humidity shall be determined by placing the DUT in a humidity test chamber in which the value of relative humidity should be controlled within + 2 % to – 3 % of the maximum specified relative humidity levels.

The DUT shall be stabilized at the reference relative humidity < 60 % at the temperature of 40 °C ± 2 °C.

Measurements shall be taken at each 25 % of output span in each direction.

The relative humidity shall then be increased in not less than 3 h to (93^{+2}_{-3}) % avoiding the deposition of condensation on the DUT and maintained at this value for a period of at least 48 h. If agreed in the test program, the DUT may be de-energized during this period.

The measurements shall again be taken at 25 % intervals of output span in each direction.

With the DUT remaining in operation, the relative humidity shall be reduced in not less than 3 h to the original reference value of < 60 %.

After stabilization for at least 12 h, the measurements shall be repeated.

Any changes in lower range value and span shall be calculated and reported in per cent of output span.

In addition, any significant changes in hysteresis, linearity or repeatability should be calculated and reported.

In addition, a visual examination shall be made after the test to check for indications of component deterioration or moisture having entered sealed enclosures.

6.3.4 Vibration effects

6.3.4.1 General

The general procedures of this test comply with the test procedure described in IEC 60068-2-6 and the vibration ranges and values are in accordance with those reported in IEC 60654-3.

The effect of vibration shall be determined by the following procedure using the peak amplitudes, acceleration levels, and frequency ranges reported in Table 4 or specified by the manufacturer.

Measurements shall be made before and after the vibration exposure.

The DUT shall be mounted, in accordance with the manufacturer's instructions for a normal installation, on a vibration table where it shall be subjected to rectilinear sinusoidal vibrations in each of three mutually perpendicular axes, one of which shall be the vertical.

The rigidity of the vibration table and of the mounting means for the DUT shall be such that the vibration is transferred to the normal mounting point of the DUT with a minimum of loss or gain.

The test vibration level shall be measured at the normal mounting point of the DUT.

Vibrations shall be applied with the DUT powered and operating with 50 % input signal.

The output signal shall be recorded in order to report any change in output.

The crossover frequency is the region of change from constant amplitude and constant acceleration.

The vibration tests shall include the following three stages:

- an initial resonance search;
- an endurance conditioning by sweeping the frequency over the appropriate frequency range specified in Table 4 (or over another range reported in IEC 60654-3), or as specified by the manufacturer or by the user;
- a final resonance search.

These three stages shall be performed in sequence. At each stage, the DUT shall be vibrated in each of the three major axes before proceeding to the next stage.

6.3.4.2 Initial resonance search

The initial resonance search shall be carried out to study the behavior of the DUT to determine any component resonances and the corresponding resonance frequencies, and to obtain information for comparison with the final resonance search.

The sweep rate shall be not greater than 0,5 octave per minute.

During the resonance search, frequencies shall be noted which cause:

- a) significant changes in the output signal;
- b) mechanical resonances of components or sub-assemblies.

All the amplitudes and frequencies at which these effects occur shall be recorded in order to be compared with those found during the final resonance search specified below.

6.3.4.3 Endurance conditioning by sweeping

The test is carried out by sweeping the vibration frequency at a rate of one octave per minute over the range selected.

The total number of sweep cycles should be 60, being 20 in each of the three mutually perpendicular directions.

6.3.4.4 Final resonance search

The final resonance search shall be made in the same way as the initial resonance search and with the same vibration characteristics.

The resonance frequencies, and the frequencies which cause significant changes in the output signal, found in the initial resonance search and final resonance search shall be compared.

6.3.4.5 Final measurements

The satisfactory mechanical condition of the DUT shall be verified at the end of the tests with a visual examination for any deformation or cracks in the components or mountings.

The satisfactory performance of the DUT shall be verified with a measurement test; any change in the lower range value and span shall be recorded in percent of output span.

6.3.5 Shock, drop and topple

The test shall be made according to IEC 60654-3, adopting the test methods defined in IEC 60068-2-27 and in IEC 60068-2-31, if not otherwise specified by the manufacturer.

Before the test, reference measurements of lower range-value and span shall be recorded.

During the test, the power supply and inputs may be switched off.

The object of this test is:

- to represent knocks and jolts likely to occur during repair work or rough handling in use;
- to verify the minimum degree of mechanical ruggedness.

The procedure of "dropping on to a face" shall be applied as follows:

The DUT, standing in its normal position of use on a smooth, hard, rigid surface of concrete or steel, is tilted about one bottom edge so that the distance between the opposite edge and the test surface is 25 mm, 50 mm or 100 mm (value chosen by agreement between manufacturer and use), or so that the angle made by the bottom and the test surface is 30°, whichever condition is the less severe. It is then allowed to fall freely onto the test surface.

The DUT shall be subjected to one drop about each of the four bottom edges.

After this test, the DUT shall be examined for damage.

Any change in lower range-value and span shall be recorded.

If any changes are noted, it shall be verified that the DUT can be readjusted so that the initial performance can be re-established.

NOTE In special cases, by agreement, one of the other shock tests defined in IEC 60068-2-31 could be used, as for example, the drop and topple test.

6.3.6 Accelerated operational life test

The DUT incorporating mechanical or electro-mechanical parts shall be connected as for normal operation.

An alternating input with peak-to-peak amplitude equal to half the span and centered at the mean of the upper and lower range-values shall be applied.

The frequency shall be such that gain is not reduced below 0,8. A typical test frequency is 0,5 Hz.

Unless otherwise agreed with the manufacturer, the DUT shall be subjected to 100 000 measurement cycles.

Lower range-value, span (and hysteresis, if required, at mid-span) shall be measured before and after the test and any changes shall be recorded and reported.

6.3.7 EMC tests

The tests (emission and immunity) shall be conducted according to the procedures defined in the IEC 61326 series.

6.3.8 Further test procedures

For the test procedures relating to the following items the reference standards shall be used:

- storage and transportation: IEC 60721-3-1, 60721-3-2,
- enclosure protection against solid, liquid (IP) and impact (IK): IEC 60529, 62262;
- enclosure protection against corrosive and erosive influences: IEC 60654-4;
- hazardous environment (for application in explosive atmosphere): IEC 60079-10 series;
- functional safety (for application in safety instrumented system): IEC 61508, IEC 61511, IEC 62061.

6.3.9 Additional tests for digital transmitters

6.3.9.1 General

As mentioned in Clause 4 and Annex A, new PMTs for use in industrial process control systems and on machinery are now very sophisticated and use digital data processing and communication methods, auxiliary sensors and artificial intelligence. This makes them more complex than conventional analogue PMTs and gives them considerable added value.

A digital PMT is an instrument that uses digital data processing and communication methods for performing its functions and for safeguarding and communicating data and information on its operation. It may be equipped with additional sensors and functionalities which support the main function of the digital transmitter; moreover, the next generation of PMTs will more and more have different sensors integrated. The variety of added functionalities can for instance enhance accuracy and rangeability, self-test capabilities, and alarm and condition monitoring. Therefore accuracy-related performance testing, although still a major tool for evaluation, is no longer sufficient to show the flexibility, capability and other features with respect to engineering, installation, maintainability, reliability and operability.

Since most digital transmitters must be integrated into digital communication (bus) systems, they have to co-operate with a variety of other devices. In this case, dependability, (inter)operability and real-time behaviour are important issues. The testing of these aspects depends largely on the internal structure and organisation of the intelligent transmitter and the architecture and size of the bus system.

NOTE The informative Annex D, Annex F and Annex G give non-mandatory methodologies and framework for designing specific evaluation procedures in a specific case for function block testing, dependability and throughput testing.

Therefore, in performing the evaluation of the digital PMTs, the methodologies outlined along Clause 6 of this document have to be applied taking into account the more complex functions of these instruments to be verified.

Firstly, closer collaboration than in the case of simple analogue PMT is necessary between the assessor and the manufacturer during the evaluation. The manufacturer's specifications for the instrument have to be deeply analysed when the test program is being decided, and the comments of the manufacturer on both the test program and the results are an important contribution to the evaluation of the PMT.

6.3.9.2 Compliance to fieldbus protocol

The digital PMT shall perform as specified under all operating conditions and the digital communication shall continue to operate as expected.

Proof of conformance to fieldbus protocol shall be furnished in the form of certification from the appropriate fieldbus authority.

It shall be checked that the influence quantities do not adversely affect the protocol management. The test method selected shall be declared in the test report. For example, the methods for evaluating the fieldbus protocol given in the informative Annex G can be used to compare protocol performance under standard reference test conditions and reference test conditions for quantities influencing operation.

The reference standards to evaluate that the fieldbus protocol works as expected are IEC 61784-1 and IEC 61784-2, details in the series IEC 61158.

The test data shall be collected and documented.

6.3.9.3 Interoperability and interchangeability

The physical connections (cables, connectors, etc.) of a digital PMT are defined in the IEC 61784-5, which gives further details in addition to general specifications dictated in IEC 61918.

Interoperability and interchangeability of a PMT have to be evaluated with reference to IEC 61804-2, as graphically indicated in Figure 9.

The test data shall be collected and documented.

Needed feature	Compatibility level					
	Incompatible	Coexistent	Interconnectable	Interworkable	Interoperable	Interchangeable
Dynamic performance						X
Application functionality					X	X
Parameter semantics					X	X
Data types Data access				X	X	X
Communication interface			X	X	X	X
Communication protocol		X	X	X	X	X

IEC

Figure 9 – Levels of device compatibility from IEC 61804-2

6.4 Routine tests

As described in 6.1.2, these tests are a subset of the type tests; they represent the most suitable tests to detect possible production defects. The recommended tests are:

- the accuracy test, to be conducted with a more simple procedure (only a simple upscale and downscale traverse test every 25 % of the scale);
- overrange test;
- dielectric strength test;
- insulation resistance test;
- temperature influence test (one cycle only).

6.5 Acceptance, integration, periodic and maintenance tests

6.5.1 General

Although it is clear that FAT, SAT and SIT evaluations go beyond the scope of this document and are regulated by IEC 62381, if relevant for the specific application and agreed between users and manufacturer, additional investigation might be required. See informative Annex H.

6.5.2 Periodical verification

The periodical verification shall be conducted according to procedures agreed by the user and the manufacturer or failing that, according to manufacturer specifications or legal regulation on metrology applications.

6.5.3 Periodical calibration

In the phase of periodical verification, a full complete calibration cycle is usually foreseen, i.e. an upscale and downscale traverse measurement every 25 %.

If the PMT errors are within the specifications made by the manufacturer or the user or the legal regulation, the PMT shall not be re-calibrated and then an "As Found Report Data" can be produced. Conversely, if the PMT errors are out of the above specifications, the PMT shall be re-calibrated and then an "As Left Report Data" shall be produced. In this last case, it can be necessary to reduce the time interval of periodical calibration to maintain the PMT in correct metrological operational conditions.

7 Test report and technical documentation

7.1 Test report

After the execution of the tests a test report shall be issued in accordance with IEC 61298-4.

In particular, the following relevant information shall also be included in the test report:

- Description if the PMT under evaluation is tested as a stand-alone instrument or as a fieldbus participant. In the latter case, the fieldbus type and configuration (host and number and type of instruments) shall also be reported;
- Motivation of tests included and omitted. Any other conditions affecting the test results (e.g. deviations from recommended environmental conditions) should also be reported;
- Input data: ranges, (% of span) and the location of input measurement equipment;
- Output data: ranges (% of span) and the location of output transducer connection.

Either the user of the PMT, the manufacturer or the test laboratory shall store all the original documentation related to the measurements made during the tests for at least five years after the report has been issued.

When a full evaluation in accordance with this document is not required or impossible, the test report should state that it does not cover the full number of tests specified herein. Furthermore, the items omitted should be mentioned, in order to give the reader of the report a clear overview.

7.2 Technical documentation

General guidelines on how to prepare other technical documentation are given in the Annex I.

When electronic data exchange is possible, the result of tests can be expressed in terms of LOPs, and compared with specifications as well expressed in terms of LOPs.

7.3 Total probable error

A method for making a consistent performance comparison between various transmitters is to perform a total error (or total probable error) analysis based on the performance specifications of each transmitter. This analysis gives a reliable indication of the performance that can be expected of a transmitter.

Although total probable error can be a valuable part of an overall transmitter comparison, it should not be the only aspect of comparison. Depending the application, the reliability of the transmitter to continue to perform may be more desirable than the actual level of performance. The degree of performance, reliability, the appropriateness of the transmitter to the application, the features included and the overall cost of ownership should all contribute to the final decision.

In general terms, the total error *TPE* calculation is calculated as follows:

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

where *A* could be accuracy or maximum error; *B* could be temperature error; *C* could be zero and span setting; *D* could be long-term stability; etc.

Informative Annex J gives an example of total error calculation.

As the long-term stability is not reversible or increases or decreases with the time, in some applications its contribution is added (subtracted) to the square root of the total sum of the squares of the individual errors factors:

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

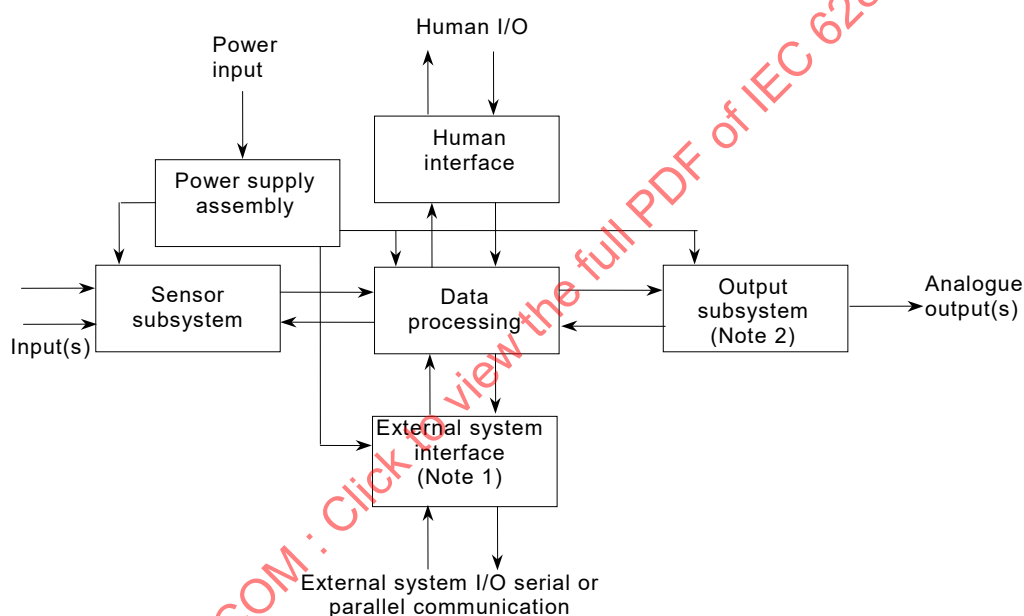
Annex A (informative)

General description of a PMT

A.1 General description of a PMT

For the performance evaluation, it is important to determine whether the characteristic input-to-sensor function is linear, logarithmic, quadratic or has any other form. When linearization is provided in another block, this may also have to be considered. A thermocouple-input is an example where the sensor provides a non-linear voltage signal that is, either by electronic circuits or by software, made temperature-linear at the analogue output.

A schematic example block diagram of an industrial and process analogue transmitter is shown in Figure A.1, while Figure A.2 gives additional information for an intelligent digital transmitter.

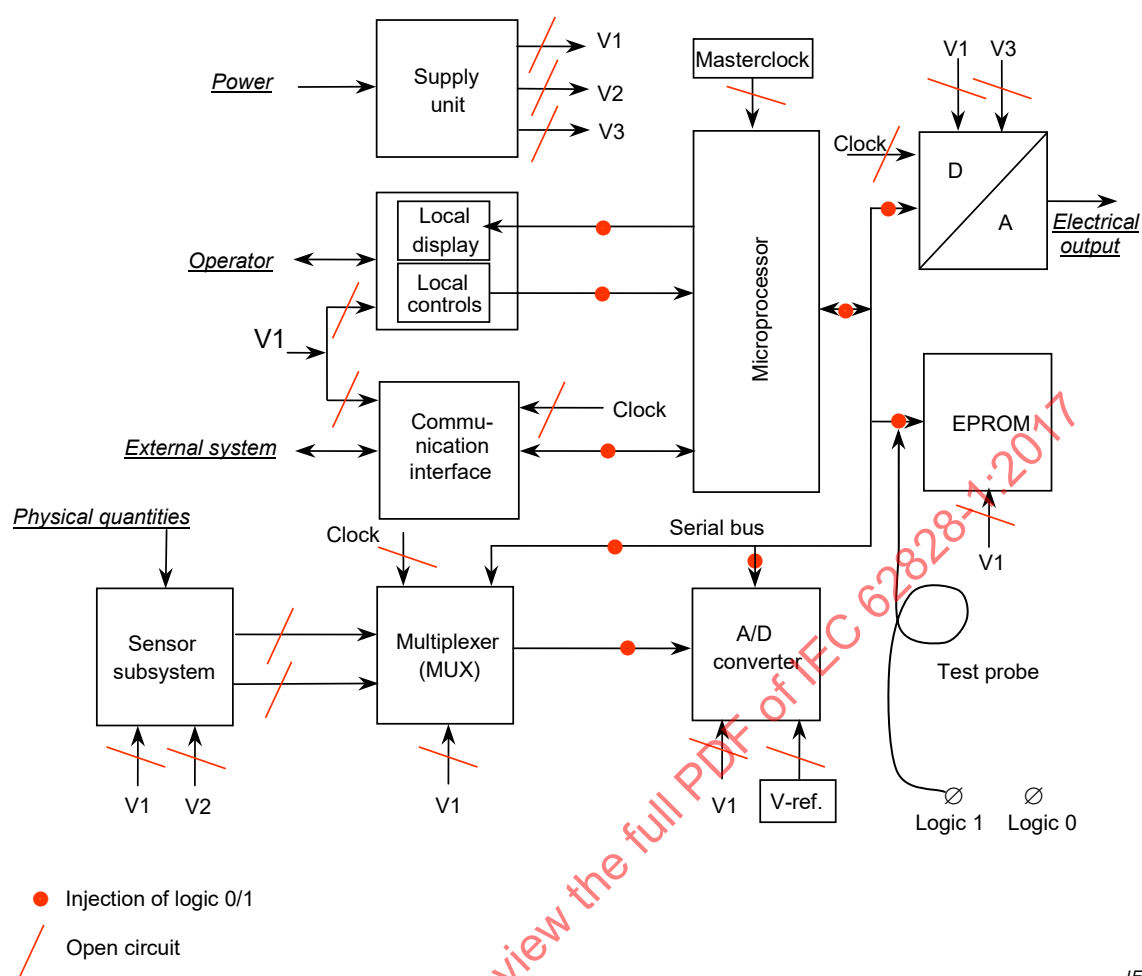


IEC

NOTE 1 The external system interface is present in intelligent transmitters: see also the schematic block diagram reported in Figure A.2.

NOTE 2 Generally the “output subsystem” is provided for analogue PMTs; for digital transmitters the subsystem is implemented in the “external system interface”.

Figure A.1 – Schematic block diagram of an analogue industrial and process measurement transmitter (example)



IEC

Figure A.2 – Schematic block diagram of an intelligent industrial and process measurement transmitter (example)

With reference to Figure A.1, the following main functional sections are identified; these sections can be implemented in different units or integrated in a single instrument:

- sensor subsystem
- data processing
- output subsystem
- human interface
- external system interface
- power supply assembly

In addition, measurement transmitters are normally provided with an indicator that visualizes the output of a physical or chemical quantity or in the case of a switch a binary signal (ON/OFF or 0/1).

The majority of transmitters are provided with all the above units, but some transmitters are not provided with external system interfaces.

The transmitter configuration has to be carefully analysed before proceeding to the evaluation of one single unit or of the whole instrument.

This analysis is used to define the functions and properties to be evaluated, the number of which has a great impact on the time and costs required for the evaluation (see Clauses 5 and 6).

A.2 Sensor subsystem

This section includes the sensor, which detects the physical or chemical quantity to be measured, and the transducer, which accepts the signal from the sensor or directly the physical or chemical quantity and converts it into an electrical signal (usually current, voltage or frequency); the signal is feed from the transducer into the data processing section.

The sensor may be integrated with the other modules in one enclosure. It can also be located remotely (e.g. in the case of a densitometer, electromagnetic flow meter, thermocouple transmitter). Depending on the measurement principle used, the sensor assembly may not require auxiliary (external) power (such as with thermocouples) or, it may require auxiliary power (strain gauges or resistance temperature detectors) or, a specifically characterized power source (such as in electromagnetic and calorimetric flow meters).

A.3 Data processing

The data processing section may use analogue or digital techniques, or a combination of them.

Its main functions are:

- to process (analogue-to-digital conversion, linearization, characterization, alarm detection, etc.) and to control the sensor signals;
- to provide the processed and/or standardized signals to the communication section;
- to provide the data to the human interface and to the external system interface and/or to receive data from these interfaces;
- to control self-diagnostic software for automatically maintaining the integrity of the instrument, generally present in microprocessor-based PMTs.

A.4 Output subsystem

The output subsystem provides standardized analogue electrical output signals (voltage, current, frequency or pulse train) or binary (contact, solid state) output signals that can be used by remote equipment for process control. For microprocessor-based instruments, the output subsystem is provided with a digital-to-analogue converter if analogue output. The output subsystem may provide three types of interface signals: analogue output (current, voltage or binary switch), hybrid analogue and digital (e.g. current and HART® protocol or binary switch and I/O link) or a digital output only (i.e. via fieldbus protocol, wired or wireless).

A.5 Human interface

The human interface provides means for observing the process variables, manipulating and adjusting certain parameters. In simple instruments it may only be a numeric display or an analogue indicator. In more complex instruments it may be a fixed or plug-in type keyboard/display unit for read-out and access. It may sometimes also provide means for bypassing sensor signals and direct adjustment of the output in the event of a detected sensor failure. Jumpers and adjustment potentiometers for zero, span or linearity are also considered to be a part of the human interface.

A.6 External system interface

The external system interface (for instance, HART® or fieldbus) provides means for either parallel or serial communication to a data acquisition system, a DCS, a SCADA or a hand terminal for local read-outs. Communication through this interface may be bidirectional.

A.7 Power supply assembly

The power supply assembly receives either an unregulated a.c. or d.c. supply signal. It provides stabilized and regulated supply voltages and/or currents (either a.c. or d.c. or a combination of the two) to the various parts of the instrument.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

Annex B (informative)

Tests at the standard reference conditions

With reference to 6.1.2, Table B.1 summarizes the complete tests to be performed on a PMT.

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 6.2.2)	Test procedure applicable for both analogue and digital PMTs	Three to five upscale and downscale full-range traverse measurements, with at least six points along the scale every nearly 20 %. Calculation of the errors and plotting of the error curves (tests FT3 or FT5 according to 6.1.2).	6.2.2.2	6.2.2.2, with only a single upscale and downscale traverse test every 25 % of the scale	6.2.2.2, with only a single upscale and downscale traverse test every 25 % of the scale
	Maximum measured error		6.2.2.4.3	6.2.2.4.3 Greatest positive and negative deviations	6.2.2.4.3 Greatest positive and negative deviations
	Non-linearity		6.2.2.4.4		
	Non-conformity		6.2.2.4.5		
	Hysteresis		6.2.2.4.6		
	Non repeatability		6.2.2.4.7		
	Uncertainty		6.2.2.5		
Static behaviour (subclause 6.2.3)	General		6.2.3.1	6.2.3.1	6.2.3.1
	Insulation resistance	Insulation resistance to ground or to the case of each circuit at 500 V d.c. for 30 s, expressed in Ω	6.2.3.2	6.2.3.2	
	Dielectric strength	The r.m.s. test voltage (mains frequency) specified shall not result in breakdown or flashover.	6.2.3.3	6.2.3.3	
	Power consumption	Load at maximum supply voltage and minimum frequency specified by manufacturer (in W and VA).	6.2.3.4		
	Operation region	For two wire/loop-power current output analogue PMTs	6.2.3.5		
	Power supply variations	For all PMTs but two wire/loop-power current output PMTs.	6.2.3.6		
	Output load effect	Vary load resistance from minimum to maximum as specified by manufacturer.	6.2.3.7		
	Output ripple	Peak-to-peak values and principle frequency components.	6.2.3.8		
	Over-range	Over-range of 50 % of the sensor upper range limit for 1 min. Measure 5 min after return to a normal range.	6.2.3.9	6.2.3.8	6.2.3.8
	Mounting positions	$\pm 10^\circ$ inclination in two orthogonal planes.	6.2.3.10		
Dynamic behaviour (subclause 6.2.4)	General		6.2.4.1		
	Step response	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).	6.2.4.2		
	Frequency response	Apply peak-to-peak amplitude of 20 % of the input span at frequencies required in order to vary dynamic gain from 1 to 0,1. Plot against frequency the gain relative to zero frequency gain; the phase lag between the output and input.	6.2.4.3		
	Start-up drift	Output monitored for 4 h after power is switched on with an input of 90 % of the span.	6.2.4.4.1		
	Long-term drift	Output monitored for 30 days with an input of 90 % of the span.	6.2.4.4.2		
	Long-term stability	Accelerated tests or statistical evaluation	6.2.4.4.3		

Annex C (informative)

Tests at ambient and process reference conditions for influence quantities

With reference to 6.1.2, Table C.1 summarizes the complete tests to be performed on a PMT.

Table C.1 – Summary of the tests for influence quantities at the operating conditions

Test group	Test	Notes on test methods and on information to be reported	Reference clause for		
			Type tests	Routine tests	Acceptance tests
	General		6.3.1	6.3.1	
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 recorded the output error (tests FT1 according to 6.1.2).	6.3.2	6.3.2, with one cycle only	
	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 recorded the output error (tests FT1 according to 6.1.2).	6.3.3		
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.	6.3.4		
	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 (tests Z/S according to 6.1.2).	6.3.5		
	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 6.1.2).	6.3.6		
EMC	Immunity tests	For more details see IEC 61326 series and IEC 61000-4 series.	6.3.7		
	Emission tests	For more details see IEC 61326 series and CISPR 11.	6.3.7		
Further tests	Storage and transportation; Enclosure protection against solid, liquid (IP) and impact (IK); Enclosure protection against corrosive and erosive influences; Hazardous environment (for application in explosive atmosphere); Functional safety (for application in safety instrumented system)	See for more detail the IEC standards referred in the corresponding subclauses of 6.3.8.	6.3.8		
Additional tests for digital PMT only	General		6.3.9.1		
	Compliance to fieldbus protocol	See IEC 61784-1, IEC 61784-2 and IEC 61158 for more details	6.3.9.2		
	Interoperability and interchangeability	See IEC 61784-5 and IEC 61804-2 for more details	6.3.9.3		

Annex D (informative)

Function block testing

D.1 General

This Annex gives some general rules for testing function blocks based on PMTs. For a specific function block, the rules shall be further detailed to demonstrate its full capability. For the purpose of evaluation, function blocks are differentiated into two main groups:

- Time-dependent function blocks;
- Time-independent function blocks.

D.2 General qualitative checks

The following aspects shall be assessed:

- Restart conditions after short-duration power interruptions;
- The effects of introducing negative parameters;
- Protection against division by zero;
- Bumpless transfer from manual-to-automatic and setpoint tracking facilities;
- Manual output control facilities;
- What symbol or number represents indefinite;
- Possible saturation effects due to the introduction of large values of input data and/or parameters by which the corresponding outputs are reaching their limits.

D.3 Time-dependent function blocks

Time-dependent function blocks used in particular control algorithms (e.g. PID) having an integral action shall be submitted to the following additional tests:

- Reset wind-up protection. This is a software provision available for setting output limits. This provision shall be verified for automatic adaptation to the physical limitations of the hardware of the output circuits. When adaptation is not provided, reset wind-up protection may be partial or ineffective.
- The resolution with which the integral action is calculated shall be checked. Below the lowest specified declared resolution, the integral action shall become inactive, although a deviation may still exist between the setpoint and the measured value.

D.4 Time-independent function blocks

The following time-independent function blocks shall be verified on the following aspects:

- To what extent the calculations are performed in engineering units and how the scaling is provided;
- The protection provided against unrealistic parameter settings (such as a warning when operator tries, for example, to set a low limit at a value exceeding the high limit);
- The effects of exceeding the resolution of the calculation capacity (single or double precision). An inefficient method of calculation may cause considerable errors;
- The effects of extreme values. Some actual calculations at extreme inputs and parameter settings can be performed and compared with the theoretical formula.

Annex E (informative)

Measurement uncertainty

E.1 Example of determination of the measurement uncertainty

With reference to the example of measurements of Table 17 of this document, the various steps for the determination of the measurements uncertainty are listed hereinafter.

E.2 Single values influencing the uncertainty measurement

The uncertainty budget shall consider at least the following single values:

- Nominal standard reference uncertainty $U_{\text{std}} = 0,05 \%$
(at least 1/3 of the instrument accuracy, in this case supposed 0,05 %)
- Maximum instrument error detected during the measurement $E_{\text{max}} = 0,32 \%$
- Resolution of the instrument under calibration $E_{\text{res}} = 0,01 \%$

E.3 Estimation of standard measurement uncertainty (u)

With reference to VIM and GUM, the single standard uncertainty u are, respectively:

- $u_{\text{std}} = U_{\text{std}}/2 = 0,05 / 2 = 0,025 \%$ normally a gaussian distribution
- $u_{\text{max}} = E_{\text{max}}/\sqrt{3} = 0,32/1,73 = 0,185 \%$ considered as a rectangular distribution
- $u_{\text{res}} = E_{\text{res}}/2 \cdot \sqrt{3} = 0,01/3,46 = 0,002 \%$ considered as semi rectangular distribution

E.4 Combined standard measurement uncertainty (u_c)

The standard measurement uncertainty is obtained using the single estimated standard measurement uncertainties associated with measurement process model as follows:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{std}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{E_{\text{max}}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{\text{res}}}{2 \cdot \sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,05}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,32}{1,73}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{3,46}\right)^2} = 0,19\% \quad (\text{E.1})$$

E.5 Expanded measurement uncertainty (U)

The product of a combined standard measurement uncertainty and a coverage factor of 2 (i.e. with normalized coverage probability of 95 %) gives the total expanded measurement uncertainty, as follows:

$$U = 2 \cdot u_c = 2 \cdot 0,19 = 0,38\% \quad (\text{E.2})$$

Obviously this last value of instrument expanded measurement uncertainty (0,38 %) is larger than the maximum detected error (0,32 %), because it considers also the nominal standard reference uncertainty as well as the resolution of the DUT.

Annex F (informative)

Dependability testing method

F.1 General

The dependability testing method described in this Annex considers the behaviour of an instrument in a failed state. Two types of faults are distinguished:

- Internal hardware faults;
- Human faults of process operators and maintenance personnel.

The actual programme for the dependability test shall be established in co-operation with an expert from the manufacturer and begins with a design analysis, in which the expert explains in detail the design of the PMT. Based on his explanation, the assessor identifies the most critical areas in the design, and determines where faults could be introduced. For this purpose, the manufacturer shall provide detailed functional block diagrams, circuit and wiring diagrams. The information shall be used to set up a scheme defining:

- The locations where hardware failures will be introduced by the evaluator;
- The type of failure and how a suitable failure simulation is achieved;
- The position where maintenance errors can be introduced.

Furthermore, successful performance of these tests requires that:

- The manufacturer be present during these tests and provide special tools (e.g. special clamps fitting for Integrated Circuits (ICs)) and special Printed Circuit Board (PCB) with accessible test points;
- These tests shall be carefully considered, since they may cause damage. If the manufacturer states prior to any of these tests that it will cause damage, then the test shall not be performed. This statement shall then be included in the test report. On the other hand, depending on the design, PCB tracks may need to be cut open for a realistic introduction of the fault signal.

The PMT under test shall only be challenged by single failures.

The dependability testing methodology given in this Annex is only relevant for instruments that have provisions for self-testing and/or are equipped with redundant parts and/or can communicate their state to an external system. These tests can be particularly important for PMTs that are to be used in safety-related applications. Manufacturers are urged to integrate the test methods described in their design process.

F.2 Design analysis

The design analysis leads to a schematic block diagram as shown in Figure F.1. This schematic, including the points where failures have been injected, shall be published in the evaluation report.

F.3 Reference conditions

Dependability testing, in the context of this document, provides a method for injecting a hardware fault (hardware domain) and maintenance errors (human domain) and how the PMT behaves after faults and errors are introduced. The tests not only apply to stand-alone PMTs, but to transmitters connected to a multi-instrument fieldbus. In the latter case, the communication link and the other instruments shall not be influenced by a transmitter failure.

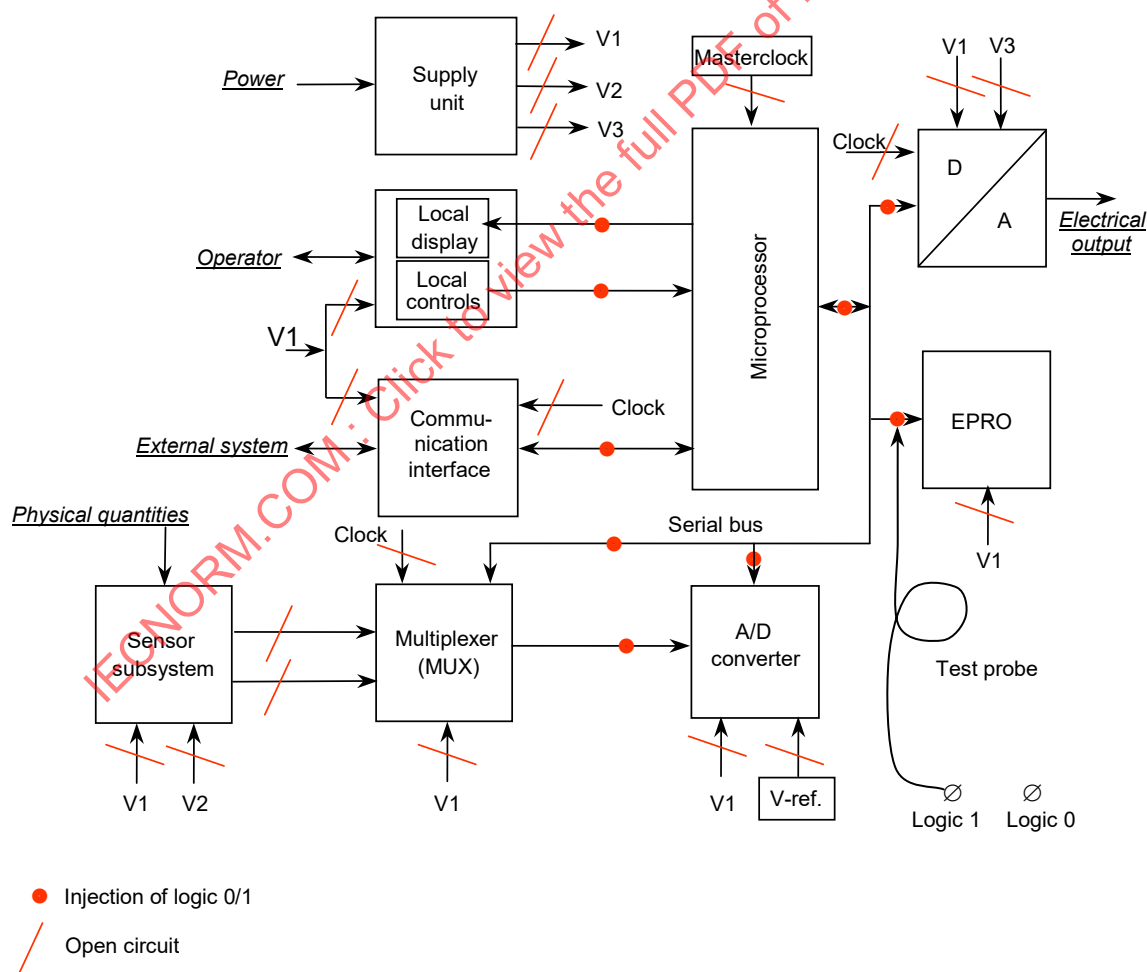
The reference conditions for the fault injection test are that the PMT is error and fault free. Before introducing a fault, the PMT shall be set to the normal operational mode and self-test alarms shall be cleared. If self-test alarms cannot be cleared, the manufacturer shall inspect, reset or repair the instrument.

During the test, the PMT shall be operated with a low frequency triangular input signal between 45 % and 55 % of the input range and the output shall be recorded. The position and time of introduction of the fault are then recorded so that possible delays between the fault appearance and the effects on the output (loss of signal, hold, instability, etc.) can be distinguished. After the introduction of the failure, the input signal shall also be varied to the range limits. The behaviour of the PMT output in a failed state may also differ at various levels of the input signal.

NOTE 1 For details on domains and cycle times, refer to 4.1 of IEC TS 62098:2000.

NOTE 2 When performed with a constant 50 % input signal, relevant information such as the appearance of a temporary "hold"-state, as a result of the fault, can be lost or difficult to determine.

The reference conditions for the maintenance error test are initially identical to the reference conditions for the fault injection test described above. Thereafter, the PMT is switched off and the maintenance error is introduced. Then the power is switched on and the instrument is again initialized, in accordance with the necessary procedures.



IEC

Figure F.1 – Schematic block diagram of an intelligent industrial and process measurement transmitter (example)

F.4 Fault injection test for internal PMT failures

The test is comprised of the two following phases.

Phase 1: An expert of the manufacturer provides a detailed explanation of the PMT design. Based on the expert's explanation, the assessor identifies the most critical areas in the design.

Phase 2: The assessor defines the actual positions where the faults are to be inserted. Moreover, the expert and assessor shall discuss the method to introduce the faults. At the end of this phase, the expected output is a working plan and a matrix table (see Figure F.3) for performing and reporting the tests. Four types of faults can be distinguished:

- Loss of supply voltages and master clock and secondary clocks, as shown in Figure F.1 by the slashed lines.
- Integrated circuit faults resulting in loss of output signals on control, address or data lines (see dots in Figure F.1). That means a continuous logic state "0" or "1" on these lines. These failures may be injected by forcing the indicated test points to "0" and "1" with a test probe that is alternately connected to the logic state "0" or "1" of the instrument. In case one of the circuits involved has a low-impedance, this straightforward test may not be possible, as it may cause a power down of the whole instrument. In that case, the line is cut open and the test can, in most cases, still be performed with a switch as shown Figure F.2. Moreover, with this test tool the loss of an input signal at an IC can also be simulated. This is important for signals that come from one shared source and go to different circuits, as it is shown in Figure F.1 for the internal serial bus.
- Loss of signal simulated via a line break, indicated in Figure F.1 by the slashed lines. This type of failures can also be made with the test tool shown in Figure F.2.
- Not shown in the drawings are single component failures (resistor, diode, capacitor, transistor, etc.). The failure modes can be an open circuit or a short circuit.

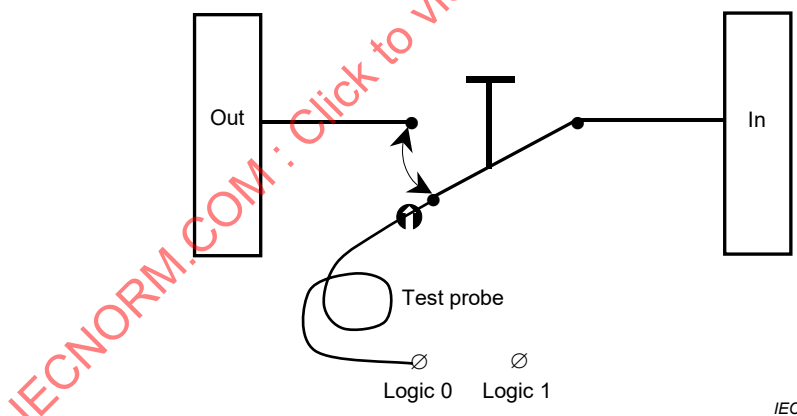


Figure F.2 – Test tool for low impedance circuits and shared circuits

NOTE Further guidance on these tests can also be found in IEC 61069-5 and IEC 62098.

F.5 Observations

F.5.1 General

The following four generic questions are essential for checking and observing the behaviour of a PMT when it is stressed by internal failures, either in a stand-alone application or when it forms part of a multi-instrument fieldbus system. For each evaluation, these questions need to be adapted to the specifics of the PMT design and the communication link as follows.

a) Are the PMT and digital communication system functions affected?

- In the stand-alone situation, the regular update rate of the output, with a triangular input, shall not be affected;
- In the communication link configuration, communication with the link host shall not be affected and also the operation of the other instruments on the link shall not be affected.

b) Do the PMT and communication system report the failures?

- Automatically by on-line diagnostics in an acceptable time
- Automatically by a periodic test?
- By manual request through off-line diagnostics?
- Does reporting appear on:
 - Operator displays?
 - Maintenance displays?

c) Do the PMT or communication system take protective measures upon failures to:

- Continue operation by means of redundant parts?
- Continue (degraded) operation by means of back-up facilities?
- Provide failure isolation?
- Provide a shutdown when unable to continue safe operation?

d) Is on-line repair possible without affecting the communication system operation?

- Does the failure report give correct information for the exchange of failed part?
- Can defective parts be exchanged without affecting the digital communication system?
- Is the repaired module automatically restarted and put on-line after exchange?
- Is operation of the digital communication system affected by having the repaired module restart and come on-line?

Which tools are required for repair?

F.5.2 Reporting and ranking of fault behaviour

The matrix of Figure F.3 gives an example on how the data can be collected and reported. In this example, the PMT has an electrical analogue (mA) output and local controls. It shall be noted that for each evaluation, the matrix needs to be adapted to the design of the PMT under evaluation (e.g. when the instrument does not have a local display, the related rows in the matrix can be deleted). In the example, the various rows are organized as follows:

- Rows 5 to 25 show the functional availability of the electrical output signal, the digital output signal on the fieldbus and the output on the local display;
- Row 8, 15 and 22 could represent the fail-safe condition (security). Any discrepancy between these rows in a failed state may also contain diagnostic information for finding the failed module or component;
- Rows 26 to 30 show the integrity of the instrument in a failed state;
- Rows 31 and 32 show the degree of backup in case of a failure.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Description of injected faults	Supply system	MUX., A/D converter	Communication module	Microprocessor	Memories (EPROM's)	DAC module	Local controls/display	Discrete components
2									
3	Check to be performed								
4	Reference number								
5	Electrical output follows input?								
6	Electrical output frozen at last value?								
7	Electrical output at undefined value?								
8	Electrical output to 0 %?								
9	Electrical output to 100 %?								
10	Electrical output unstable?								
11	Electrical output at predefined value								
12	Fieldbus output follows input?								
13	Fieldbus output frozen at last value?								
14	Fieldbus output at undefined value?								
15	Fieldbus output to 0 %?								
16	Fieldbus output to 100 %?								
17	Fieldbus output unstable?								
18	Fieldbus output at predefined position?								
19	Local display follows input?								
20	Local display frozen at last value?								
21	Local display at undefined position?								
22	Local display to 0 %?								
23	Local display to 100 %?								
24	Local display unstable?								
25	Local display at predefined position?								
26	Communication OK?								
27	Alarm appears on local display?								
28	Collect alarm on host operator display?								
29	Alarm on host diagnostic display?								
30	Type of alarm								
31	Local manual control possible?								
32	Manual control from host?								

IEC

Figure F.3 – Matrix for reporting fault behaviour

When a PMT has onboard intelligence and a self-test capability, it is expected that the instrument gives a self-test alarm message immediately (or in a reasonable time) after a fault appears. Preferably, it should be able to distinguish between:

- Non-fatal errors: in this case the normal operating mode is maintained, and
- Fatal errors: the PMT is automatically forced to a fail-safe position. In this case, any deviation from fail-safe is unacceptable.

Safety may be further enhanced when the instrument is equipped with a means to force the instrument into a safe condition by manual control.

The matrix of Figure F.4 gives a severity ranking of combinations of events that can appear during these tests, for fatal and non-fatal errors.

The manufacturer shall demonstrate the capability of the transmitter's self-testing software for detecting and displaying errors. This can be expressed as a coverage percentage.

Fatal errors			
Alarm	Fail safe	Manual control	Severity
no	no	no	12
no	no	yes	11
yes	no	no	10
yes	no	yes	9
no	yes	no	8
no	yes	yes	7
yes	yes	no	6
yes	yes	yes	5
Non fatal errors			
Alarm		Manual control	Severity
no		no	4
no		yes	3
yes		no	2
yes		yes	1

IEC

Figure F.4 – Ranking of various types of failure modes

F.6 Human faults

F.6.1 Mis-operation test

Mis-operation considers errors and faults made by operators and engineers when the PMT is in the normal operational state. These errors and faults can be:

- The use of incorrect or incomplete codes/commands for the control and for the call-up of displays and accessible parameters;
- Random operations at the keyboard, touch screen or other input devices connected to the host;
- Creation of overflow conditions via local and remote controls by introducing, in a short period of time, a large amount of commands;
- Unauthorized access attempts: such as the use of inhibited or constrained commands for manipulation of the PMT and tampering with mechanical provisions (keylocks, etc.).

Prior to these tests, the PMT shall be adjusted to its normal operational mode without any failure or failure indication. During the test, the instrument shall be operating normally. At the introduction of the fault and thereafter, the instrument shall be checked for:

- Temporary or continuous loss of operation, loss of communication with the external system or damage;
- Appearance and storing of warning and alarm messages;
- Distortion of messages or the appearance of incorrect messages and data on displays.

F.6.2 Maintenance error test

Before the execution of the test, an expert from the manufacturer explains the maintainability of the instrument. The assessor defines which errors are to be introduced and which modules are exchangeable, how they fit together and how they are interconnected by wiring and connectors and whether there are jumpers to be inserted, etc., considering that maintenance personnel could make incorrect connections upon exchange of a module, could forget to

insert a jumper, etc. Based on this review, the assessor sets up a list with the types of errors that shall be introduced for testing. This list shall be incorporated in the matrix of Figure F.4. The assessor can use the following listing as a guideline for the definition of the maintenance errors to be introduced, such as:

- incorrect address settings via jumpers or DIP switches;
- reverse connection of power wiring, connectors, printed circuit boards (if possible);
- putting connectors at incorrect positions (if length of wiring permits this);
- leaving an open circuit by not connecting a connector;
- performing incomplete or incorrect start-up procedure;
- leaving the instrument at an incorrect security level;
- multiple use of same address in a multi-drop digital communication system;
- causing a short circuit by touching adjacent parts when performing mechanical adjustments.

Prior to the introduction of an error, the PMT shall be put into a state in which exchange of modules or maintenance is permitted (usually with power switched off). After introduction of an error, all actions that are required to re-activate the repaired instrument are performed (power switch on, calibrate, tune, etc.).

F.6.3 Expectations and reporting

The list of errors to be introduced is incorporated in the matrix of Figure F.3. Ranking can follow the matrix of Figure F.4. The expectations and assumptions for these tests are:

- Human faults and errors shall not lead to dangerous conditions in the process to be measured and/or controlled by a PMT. The instrument should not be affected by misoperations and it should auto-correct human errors as much as possible or should place a warning to the operator;
- Procedures of accessing, commissioning and operating the instrument shall be short, transparent, self-explaining and self-correcting (fault tolerant);
- The design shall be such that incorrect maintenance actions are prevented by:
 - Mechanical measures such as asymmetry, mechanical blocking, different wire lengths, etc. (first line of defence; inherently safe);
 - Provisions to prevent start up when applying power (second line of defence). In this case, the error is removed and the instrument is inspected for any permanent effect or damage after the correction of the error and re-application of power;
 - Provisions to report a faulty state when power up is successful (third line of defence). In this case, all questions as stated in the matrix of Figure F.3 need to be answered.

The first two options to prevent incorrect maintenance actions are inherently safe. The third can be dangerous.

Annex G (informative)

Throughput testing for digital PMT

G.1 General

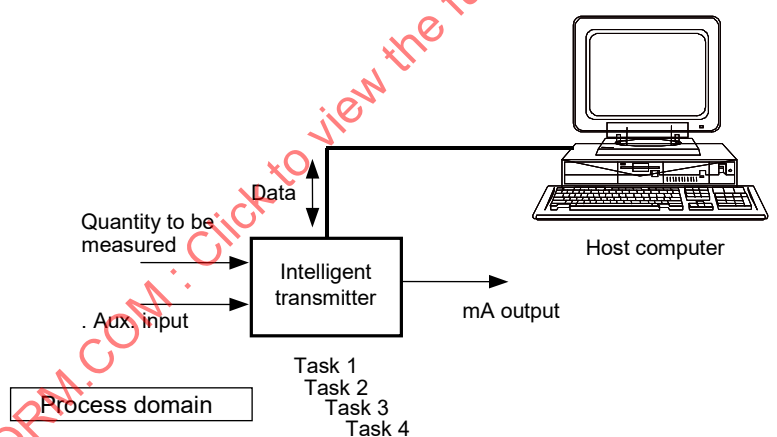
The procedures described below are for PMT that are functionally organized as time-critical multi-tasking systems, in which tasks can be modified, switched on or off or sped up by the user. The transmitter may be operated in a stand-alone application (see Figure G.1) or as part of a fieldbus system (see Figure G.2).

NOTE 1 Figure G.2 represents an example of Foundation or HART® 7 fieldbus and does not cover all fieldbus types.

Throughput testing in a fieldbus system may require a link with more than one – and possibly with the maximum amount of – instruments connected. The host computer shall be equipped with a fieldbus interface and fieldbus-related software for reading output data, and with a means for operator access to the instruments. It shall be noted that the characteristics of the host computer need to be stated as they can influence the dynamic performance of the fieldbus system.

NOTE 2 These tests can be ignored for PMT with fixed functionality and where no parallel user-accessible functions are provided.

NOTE 3 See also IEC 62098.



IEC

Figure G.1 – PMT in stand-alone configuration

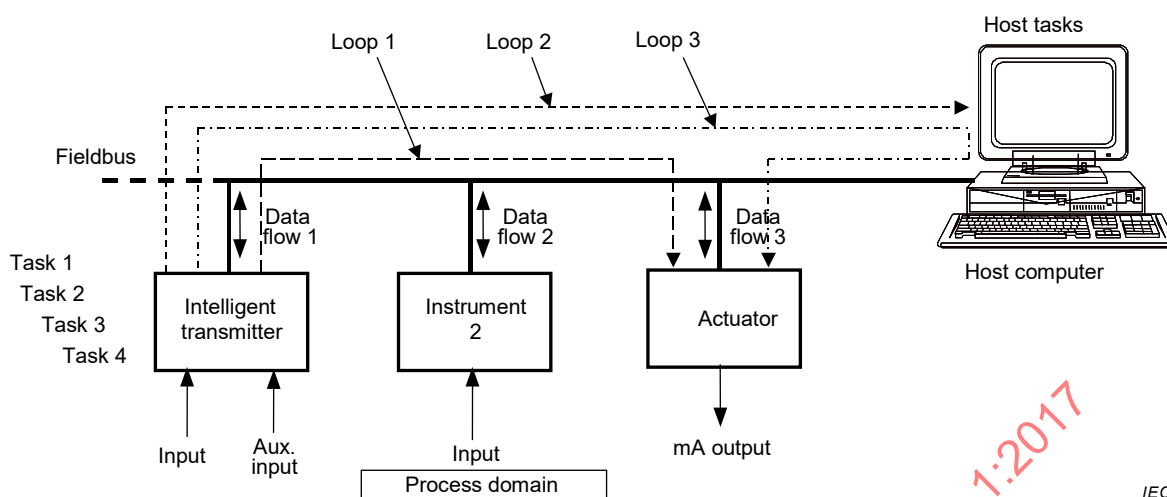


Figure G.2 – Example of a PMT as a participant in a fieldbus installation

G.2 PMT throughput in stand-alone conditions

G.2.1 Reference conditions

- Analyse the functional design (see Figure G.1) and define the relevant tasks that can be executed in parallel;
- Define the base load for the PMT and a minimum size application program, necessary for basic operation, with as many tasks as possible being switched off. The cycle times that are adjustable shall be set to the agreed values;
- Define and measure the average cycle time for the PMT and its communication interface for connection to the host computer. For measurement of the cycle times, the input to the PMT shall be a triangular signal;
- Measure the call-up times of the relevant types of displays (process-to-operator) and the access times (operator-to-process) at the base load.

These are the reference figures for comparing the behaviour at increased software load.

The following information shall also be provided by the manufacturer:

- Throughput limits, in relation to cycle times, and the effects to be expected when reaching these limits and a list of measures to be taken in order to prevent passing throughput limits;
- Information on the structure of the multitasking software and the assignment of priorities to the various tasks.

G.2.2 Test conditions

In the stand-alone tests, the transmitter shall be connected to auxiliary equipment (computer or hand-held terminal) for read out and access as shown in Figure G.1. The input shall be connected to a triangular wave generator. The output shall be recorded. The software load shall then be increased as follows:

- Switch on in turn the various tasks available;
- Decrease the cycle times – as far as adjustable – both of the main measurement task and of the other tasks.

G.2.3 Observations and measurements

During each test, the following observations and measurements shall be made:

- The average cycle time. At the applied test conditions, the average cycle time of the PMT may be:
 - Unaffected;
 - Slowed down;
 - Temporarily stopped;
 - Continuously stopped.
- Loss of information;
- Relevant diagnostic messages.

G.3 Throughput in a fieldbus configuration

G.3.1 Reference conditions

- Analyse the functional design of the PMT and the fieldbus system. Then define the relevant data flows of the transmitter under test and the various instruments and host of the fieldbus system (see Figure G.2).
- Define the base loads for the PMT (as described above) and of the fieldbus system. The base load of the fieldbus system should include a minimum size hardware configuration and a minimum size application programme.
- Define and measure the average cycle times for the PMT. For the measurement of the cycle times, the input to the transmitter shall be a triangular signal. The input signal shall either be generated by the host computer or by one of the instruments. It shall be sent to the transmitter with the highest priority that can be user adjustable.
- Measure call-up times of relevant types of displays (process-to-operator) and the access times (operator-to-process) at the base load.

These data are the reference figures for comparing the behaviour when increasing the software load.

The following information shall be known about the instrument and the fieldbus system:

- Procedures and methods for calculating and/or predicting the load factors with respect to the various cycle times, the execution times of the tasks used and the number of instruments connected to the fieldbus;
- Throughput limits, in relation to cycle times, and the effects to be expected when reaching these limits and a list of measures to be taken in order to prevent trespassing the limits;
- Call-up and access times in relation to the fieldbus configuration;
- Information on the sizes of buffers and the message transfer mechanisms;
- Information on the structure of the multitasking software and the assignment of priorities.

G.3.2 Test conditions

Besides the host computer, no additional computers or hand-held terminals shall be connected to any of the instruments.

Measurements and further observations at the main data flow routes shall be performed, while successively increasing the hardware load and the software load by:

- Increasing the number of active instruments up to the maximum;

NOTE In order to limit the costs of testing, this test condition can be limited to an increase to an arbitrarily agreed upon number of instruments on the fieldbus.

- Activating the trend task at the host computer;
- Activating the alarm handling task and triggering it with:
 - process alarm bursts from the instruments with a predefined length;

- steady continuous process alarm rates
- Report request;
- Up-loading or downloading a configuration from or to one of the instruments.

G.3.3 Observations and measurements

During each test condition, the behaviour of the instrument and of the fieldbus system, including its operator interface, shall be observed. The following observations and measurements shall be made:

- Whether the average cycle times of the PMT are:
 - unaffected;
 - slowed down (measurement);
 - temporarily stopped (measurement);
 - continuously stopped.
- Slow down of operator call-up commands and operator access to I/O devices at the operator interface (measurement);
- System alarm message indicating overload;
- Rate tests determining the points of reaching overflow and/or loss of messages (measurement), specifically for alarm, burst and steady alarm;
- Correct time labelling (sequence of events) at operator interface;
- Loss of information;
- Relevant diagnostic messages.

G.3.4 Precautions

It is important to take into account, when designing the test procedures for a specific fieldbus system, the way the PMT, fieldbus and other instruments are inherently interacting or can be made to interact by a user. Setting, for instance, wrong priority levels or assuming a data transfer method not used in the system under consideration may lead to incorrect test methods and conclusions. Care shall be taken so that the host computer and its fieldbus interface are set up according to the rules given by the PMT. The host computer shall not be used for processing and storing test data in non-fieldbus-related applications, in order to avoid interference of the fieldbus tasks.

Annex H (informative)

FAT, SAT and SIT

H.1 General

Although it is clear that FAT, SAT and SIT evaluations go beyond the scope of this document and are regulated by IEC 62381, if relevant for the specific application and agreed between users and manufacturer, additional investigation might be required.

After installation and during operation of the PMT, it is recommended to verify, with periodic interval, the rated accuracy, according to ISO 10012.

H.2 Factory acceptance tests FAT (accuracy measurement and others)

These tests are a subset of the type tests and represent the most suitable tests to verify the production uniformity. Usually, the most common tests, depending the nature of the PMT, its characteristics and the application, are:

- the accuracy test, that could also be conducted with a more simple procedure (e.g., a simple upscale and downscale traverse test every 25 % of the scale);
- over-range test;
- dielectric strength test;
- insulation resistance test.

H.3 Site acceptance tests SAT (visual inspection and calibration test)

Usually, in addition to the visual inspection, a functional and performance examination is conducted through a calibration verification and, if necessary, a re-calibration by means of the adjustment of the zero and span, with a subsequent re-verification of calibration by means of a measuring cycle for input increasing and decreasing e.g. at least every 25 % of the measuring range.

H.4 Site integration tests SIT (additional test for communications)

In the presence of transmission of the output signal, both in analogue form and in digital form, functional checks of transmission/reception are normally required, directly through portable communicators or through the instrumentation interfaced to the control room.

Annex I (informative)

Technical documentation

I.1 General

The present Annex details a series of documents that may be provided or made available together with any PMT put on the market.

The documentation could be either on paper, in electronic format, on the website, etc., depending the manufacturer's choice and customer requirements. There is no real subdivision on what should be put in different parts of the documentation file(s), as every manufacturer and every customer decides in a different way.

In general terms, most – if not all – the information needed can be expressed in terms of LOPs.

Where relevant to the use of the PMT, the following documents may be provided for every commercially available transmitter:

- Technical datasheet
- Instruction manual
- Safety manual (for SIL rated PMTs)
- EC declaration of conformity (for the European market)
- Certification for use in hazardous area
- Calibration certificates
- Spare parts list
- electronic, LOPs, etc.

I.2 Technical datasheet

The technical datasheet should contain all the relevant information about the PMT functionality. This information might include operative limits, environmental limits, electrical characteristics, performance specifications, physical data, electrical connections, dimensional data and ordering information.

An example of the information that could be included is given in the following Table I.1. This is a generic example: additional data could be useful for a specific PMT (e.g. for a pressure PMT, the vacuum stability when cell is exposed to maximum specified temperature).

This table can be used as a check list to verify the availability of the desired information, either as result of tests, or in form of brochures and literature.

The datasheets should be clearly identified with a version number and a version date, and the PMTs described in the datasheets should adhere to all the specifications listed. So-called "typical values" are not recommended, unless the method of evaluation is fully specified.

Above all, for the assessment of the metrological properties, the following specifications are important:

- Measurement error including non-linearity, hysteresis and non-repeatability;
- Long-term stability;

- Influence of ambient temperature on zero output and span;
- Influence of the line pressure (static pressure).

Unless otherwise stated, all percentage information should be based on the output span. Fractions or multiples of the specified units are permitted.

Table I.1 – Example of compilation of technical data for a generic PMT

No.	Technical information and specifications	Unit	Comment	Test / Brochure / Other documents
1	General information			
1.1	Name of manufacturer or supplier			
1.2	Model number			
1.3	Status of hardware and software versions		The revision number of the software is required in addition to the revision number of hardware. The revision numbers should always be readable on the device.	
1.4	Indication of PMT type (example for a pressure PMT: gauge, absolute, differential)			
1.5	Measuring principle			
1.6	Reference conditions – Temperature – Static pressure – Relative humidity – Nominal position – Supply voltage – Output load – Grounding –	°C mbar/hPa % V Ω		
1.7	Interface – communication interface			
2	Input characteristics			
2.1	Measuring ranges			
2.2	Overrange limit			
2.3	Maximum variable value			
3	Output characteristics			
3.1	Output span	mA or V or mV/V		
3.2	Zero output error (offset)	mA or V or mV/V or %		
3.3	Turn-down	X: 1		
3.4	Influence of ambient temperature on zero output and span	% or % / 10K	With active compensation in % from –10°C to +60 °C. Outside this range to be specified as % / 10 K	
3.5	Measurement error under terminal based conditions	% of output span		
3.6	Influence of the process variable	% of output span		

No.	Technical information and specifications	Unit	Comment	Test / Brochure / Other documents
3.7	Long-term stability over 12 months	% of output span	Other time periods, e.g. 30 days, may be specified additionally	
3.8	Step response time	s or ms		
3.9	Output load	Ω		
3.10	Type of high voltage test (specify the IEC standard)	V		
3.11	Maximum humidity	% rel.		
3.12	Total error			
4	Power supply			
4.1	Supply voltage specification of frequency requirements to ensure reliable communication	V Hz		
4.2	Power consumption	mW		
4.3	Maximum ripple content of d.c.	% of the supply voltage or mV		
5	Environmental conditions			
5.1	Rated temperature range	°C or F		
5.2	Ambient temperature range	°C or F		
5.3	Storage temperature range	°C or F		
5.4	Medium temperature range	°C or F		
5.5	Electromagnetic compatibility (EMC)		Specifications, e.g. according to standards of the IEC 61326 series	
5.6	Shock resistance (impact)		Specification according to IEC 60068-2	
5.7	Vibration resistance		Specification according to IEC 60068-2	
5.8	Explosion protection		Marking according to IEC 60079 / ATEX 94/9 EC	
5.9	Degree of protection		Specification according to IEC 60529	
5.10	Material of components in contact with the environment			
6	Mechanical properties			
6.1	Process connection			
6.2	Material of wetted parts or parts in contact with the process variable		Clear specification based on standards with material numbers	
6.3	Electrical connection			
6.4	Mounting position			
6.5	Dimensions	mm		
6.6	Weight	kg		
7	Approvals and certificates		List of	
8	Diagnostics functions			
8.1	Self-diagnostics		List of	
8.2	Process diagnostics		List of	
8.3	Diagnostics of the electrical interface		List of	

I.3 User manual

The user manual may contain relevant information on the following aspects:

- Safety
- PMT identification and marking, handling and storage
- Mounting instructions
- Wiring instructions
- Commissioning
- Information and description of the functions
- Maintenance information
- Explosive and hazardous area relevant information
- Conformity declarations
- Customer support information and troubleshooting

I.4 Safety manual

The safety manual is intended for the SIL rated PMTs and can be part of a separate document or part of the Instruction manual. The contents of the safety manual are clearly defined in the relevant applicable standard IEC 61508. The required data should be provided by the supplier.

I.5 Commissioning, periodic and maintenance tests

I.5.1 General

Regarding these aspects, the manufacturer shall provide all the information related to the PMT. Special installation requirements depending a specific application (e.g., mounting adapter) are out of the scope of this document. If specific devices are needed for the installation, e.g. special seals, etc., they shall be provided as well.

I.5.2 Storage conditions

Storage conditions define the limit within which the PMT can be stored without affecting the declared performances.

See IEC 60721-3-1 for a complete classification of the environmental conditions (normal climatic conditions, special climatic conditions, biological conditions, presence of mechanically or chemically active substances) for the storage of the PMTs.

I.5.3 Transportation conditions

Transportation conditions define the limit within which the PMT can be handled and transported without affecting the declared performances.

See IEC 60721-3-1 for a complete classification of the environmental conditions (normal climatic conditions, special climatic conditions, biological conditions, presence of mechanically or chemically active substances) for the transportation of the PMTs.

I.5.4 Mounting position

The PMT shall be installed following the manufacturer instruction, usually in vertical position using the manufacturer provision bracket suitable to the installation on 2" pipes or mounted on wall structures.

If the PMT is installed in other positions specified by the manufacture or in a position different from the position in which the PMT was originally calibrated, a new re-calibration may be necessary in the actual mounting positions. This re-calibration is usually necessary for mechanical process measurement transmitters (e.g. mechanical PMTs with membrane sensors), while it is usually not necessary for solid state technology transducers (e.g. PMTs for temperature measurement).

I.5.5 Process connections

The process connection may be different for different PMTs, and the process connections should be according the structure of the transmitters, the variable under evaluation, the external conditions, etc. Moreover, for certain PMTs (e.g. pressure or flow transmitter), suitable seal materials shall be considered as well.

The process connections shall be as required by the specification.

I.5.6 Mechanical connections

Standards used for the design of the process connections are to be specified in the data sheet. The material used in construction shall be specified for all parts exposed to the medium (wetted parts).

I.5.7 Output connections

The output connections shall be as required by the manufacturer, both for analogue PMT (e.g. two-wires transmitter) and digital PMT (e.g. fieldbus, wired or wireless).

I.6 EC declaration of conformity

For the European market the EC declaration of conformity states the compliance to the applicable European directives (e.g. ATEX, EMC, PED, etc.)

I.7 Certificates for application in hazardous area

The relevant Ex certificates can be made available and published in the latest revision. The certificates provided with the PMTs shall be consistent with the device marking.

I.8 Calibration certificates

Calibration certificates can be provided with a minimum of 3 calibration points. Certificates with more calibration points can be provided on customer request.

I.9 Spare parts list

A spare part list shall be available for maintenance and repair of the PMTs.

I.10 Marking

A comprehensive description of the marking can be provided with the operating instructions.

Annex J (informative)

Total Probable Error calculation

This Annex describes an example of calculation of Total Probable Error, or Total Error.

Obviously, the variables and the values shall be adapted to the specific case, depending the type of PMT, the process variable, the known parameters, etc.

The calculation of the Total Probable Error for this example considers the following parameters A , B , C and D , and is done as follows:

$$TPE = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2} = \sqrt{0,20^2 + 0,50^2 + 0,25^2 + 0,20^2} = \pm 0,63 \% \quad (J.1)$$

where:

A is accuracy	$\pm 0,20 \%$;
B is the temperature error (- 20 °C – + 80 °C)	$\pm 0,50 \%$;
C is the zero and span setting	$\pm 0,25 \%$;
D is the long-term stability (1 year)	$\pm 0,20 \%$.

In the case the contribution due to long-term stability is kept separated from the other random errors, the TPE becomes higher:

$$TPE = D + \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} = 0,20 + \sqrt{0,20^2 + 0,50^2 + 0,25^2} = \pm 0,79 \% \quad (J.2)$$

Bibliography

IEC 61360-4:2005 DB, *Standard data element types with associated classification scheme for electric components – Part 4: IEC reference collection of standard data element types and component classes*

IEC 61987-14:2016, *Industrial-process measurement and control – Data structures and elements in process equipment catalogues – Part 14: Lists of properties (LOP) for temperature measuring equipment for electronic data exchange*

IEC TS 62098:2000, *Evaluation methods for microprocessor based instruments*

IEC 62382:2012, *Control systems in the process industry – Electrical and instrumentation loop check*

CISPR 11:2015, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

OIML D 10:2007, *Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments*

UKAS, M3003, Edition 2, 2007, *The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	90
INTRODUCTION.....	92
1 Domaine d'application	94
2 Références normatives	94
3 Termes, définitions et termes abrégés	96
3.1 Termes et définitions	96
3.1.1 Termes relatifs à l'exactitude	96
3.1.2 Termes relatifs à l'incertitude.....	101
3.1.3 Termes relatifs au fonctionnement et à l'installation pratique	102
3.1.4 Termes relatifs aux procédures d'essais	104
3.2 Termes abrégés.....	104
3.3 Référence au dictionnaire de données communes	105
4 Description générale du PMT.....	105
5 Conditions d'essais de référence	105
5.1 Généralités	105
5.2 Conditions d'essais de référence normalisées.....	106
5.2.1 Généralités.....	106
5.2.2 Conditions d'essai environnementales	106
5.2.3 Conditions d'alimentation.....	107
5.2.4 Conditions de charge.....	107
5.2.5 Positions de montage	107
5.3 Conditions d'essais de référence pour les grandeurs ambiantes et les grandeurs de processus influençant le fonctionnement	107
5.3.1 Généralités.....	107
5.3.2 Conditions de processus.....	107
5.3.3 Conditions atmosphériques environnementales	107
5.3.4 Vibrations mécaniques.....	109
5.3.5 Chocs, chutes et renversement.....	109
5.3.6 Alimentation électrique	109
5.3.7 Compatibilité électromagnétique (CEM).....	110
5.4 Critères de conception de référence	110
5.4.1 Généralités.....	110
5.4.2 Protection de l'enveloppe contre les solides, les liquides (IP) et les impacts (IK)	110
5.4.3 Protection de l'enveloppe contre les influences corrosives et érosives.....	110
5.4.4 Sécurité électrique (résistance d'isolement, résistance diélectrique).....	110
5.4.5 Environnement dangereux (pour application en atmosphère explosive)	110
5.4.6 Sécurité fonctionnelle	110
6 Procédures d'essais	111
6.1 Généralités	111
6.1.1 Vue d'ensemble	111
6.1.2 Classification des essais.....	111
6.1.3 Préparation des essais	113
6.1.4 Évaluation préliminaire	113
6.2 Essais de type aux conditions d'essais de référence normalisées	120
6.2.1 Généralités.....	120
6.2.2 Exactitude et facteurs associés	120

6.2.3	Comportement statique.....	126
6.2.4	Comportement dynamique.....	129
6.3	Essais de type aux conditions d'essais de référence de fonctionnement.....	135
6.3.1	Généralités.....	135
6.3.2	Effets de la température ambiante.....	135
6.3.3	Effets de l'humidité relative ambiante.....	137
6.3.4	Effets de vibrations.....	137
6.3.5	Chocs, chutes et renversement.....	139
6.3.6	Essai de durée de vie fonctionnel accéléré.....	140
6.3.7	Essais relatifs à la CEM.....	140
6.3.8	Autres procédures d'essais.....	140
6.3.9	Essais supplémentaires pour les transmetteurs numériques.....	140
6.4	Essais individuels de série.....	142
6.5	Essais de réception, essais d'intégration, essais périodiques et essais de maintenance.....	142
6.5.1	Généralités.....	142
6.5.2	Vérification périodique.....	143
6.5.3	Étalonnage périodique.....	143
7	Rapport d'essai et documentation technique.....	143
7.1	Rapport d'essai.....	143
7.2	Documentation technique.....	143
7.3	Erreur probable totale.....	144
Annexe A (informative)	Description générale d'un PMT.....	145
A.1	Description générale d'un PMT.....	145
A.2	Sous-système de capteur.....	147
A.3	Traitement des données.....	147
A.4	Sous-système de sortie.....	147
A.5	Interface humaine.....	147
A.6	Interface système externe.....	148
A.7	Ensemble d'alimentation.....	148
Annexe B (informative)	Essais aux conditions de référence normalisées.....	149
Annexe C (informative)	Essais aux conditions de référence ambiantes et de processus pour les grandeurs d'influence.....	151
Annexe D (informative)	Essais de bloc fonctionnel.....	153
D.1	Généralités.....	153
D.2	Contrôles qualitatifs généraux.....	153
D.3	Blocs fonctionnels dépendant du temps.....	153
D.4	Blocs fonctionnels ne dépendant pas du temps.....	153
Annexe E (informative)	Incertitude de mesure.....	155
E.1	Exemple de détermination de l'incertitude de mesure.....	155
E.2	Valeurs simples influençant l'incertitude de mesure.....	155
E.3	Estimation de l'incertitude-type (u).....	155
E.4	Incertitude-type composée (u_C).....	155
E.5	Incertitude élargie (U).....	155
Annexe F (informative)	Méthode d'essai de sûreté de fonctionnement.....	156
F.1	Généralités.....	156
F.2	Analyse de la conception.....	156
F.3	Conditions de référence.....	157

F.4	Essai d'injection de défauts pour les défaillances internes du PMT	158
F.5	Observations	159
F.5.1	Généralités	159
F.5.2	Rapport et classement du comportement en cas de défaut	160
F.6	Défauts humains	162
F.6.1	Essais relatifs à une mauvaise utilisation	162
F.6.2	Essais relatifs aux erreurs de maintenance	163
F.6.3	Prévisions et rapports	163
Annexe G (informative)	Essai de production d'un PMT numérique	164
G.1	Généralités	164
G.2	Production du PMT en conditions autonomes	165
G.2.1	Conditions de référence	165
G.2.2	Conditions d'essai	165
G.2.3	Observations et mesurages	166
G.3	Production dans une configuration de bus de terrain	166
G.3.1	Conditions de référence	166
G.3.2	Conditions d'essai	166
G.3.3	Observations et mesurages	167
G.3.4	Précautions	167
Annexe H (informative)	FAT, SAT et SIT	168
H.1	Généralités	168
H.2	Essais de réception en usine, FAT (mesurage d'exactitude et autres)	168
H.3	Essais de réception sur site SAT (examen visuel et essai d'étalonnage)	168
H.4	Essais d'intégration sur site SIT (essai supplémentaire pour les communications)	168
Annexe I (informative)	Documentation technique	169
I.1	Généralités	169
I.2	Fiche technique	169
I.3	Manuel de l'utilisateur	172
I.4	Manuel de sécurité	172
I.5	Mise en service, essais périodiques et essais de maintenance	172
I.5.1	Généralités	172
I.5.2	Conditions de stockage	172
I.5.3	Conditions de transport	173
I.5.4	Position de montage	173
I.5.5	Connexions de processus	173
I.5.6	Connexions mécaniques	173
I.5.7	Connexions de sortie	173
I.6	Déclaration de conformité CE	173
I.7	Certification d'application dans les zones dangereuses	173
I.8	Certificats d'étalonnage	174
I.9	Liste des pièces de rechange	174
I.10	Marquage	174
Annexe J (informative)	Calcul de l'erreur probable totale	175
Bibliographie		176

Figure 1 – Exemple de zone d'exploitation limite en ce qui concerne la résistance de charge de sortie par rapport à la tension d'alimentation 103

Figure 2 – Schéma fonctionnel d'un PMT générique	105
Figure 3 – Courbes d'erreur correspondant à l'exemple du Tableau 17	124
Figure 4 – Exemple de réponses à une entrée d'échelon avec taux de dépassement.....	131
Figure 5 – Exemple de réponses à une entrée d'échelon sans taux de dépassement.....	132
Figure 6 – Exemple 1 de réponse en fréquence	133
Figure 7 – Exemple 2 de réponse en fréquence	134
Figure 8 – Exemple de schéma des options de compensation.....	136
Figure 9 – Niveaux de compatibilité de l'appareil par rapport à l'IEC 61804-2	142
Figure A.1 – Schéma fonctionnel d'un transmetteur de mesure industrielle et de processus analogique (exemple).....	145
Figure A.2 – Schéma fonctionnel d'un transmetteur de mesure industrielle et de processus intelligent (exemple).....	146
Figure F.1 – Schéma fonctionnel d'un transmetteur de mesure industrielle et de processus intelligent (exemple).....	158
Figure F.2 – Outil d'essai pour circuits à faible impédance et circuits partagés	159
Figure F.3 – Matrice de signalement d'un comportement défaillant.....	161
Figure F.4 – Classement de divers types de modes de défaillance.....	162
Figure G.1 – PMT en configuration autonome	164
Figure G.2 – Exemple de PMT participant à une installation de bus de terrain	165
Tableau 1 – Conditions d'essai environnementales	106
Tableau 2 – Plages de températures ambiantes communes	108
Tableau 3 – Plages d'humidité relative ambiante communes.....	108
Tableau 4 – Niveaux d'essais de vibrations.....	109
Tableau 5 – Plages d'alimentation électrique pour la tension et la fréquence	109
Tableau 6 – Exemple du nombre de cycles de mesure et du nombre et de la position des points d'essais	112
Tableau 7 – Exemple de réglages de l'intervalle et de la valeur inférieure de la plage pour des appareils analogiques	112
Tableau 8 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la fonctionnalité	114
Tableau 9 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la configurabilité	115
Tableau 10 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la configuration matérielle	116
Tableau 11 – Liste de contrôle pour l'évaluation des procédures de réglage et d'adaptation	116
Tableau 12 – Liste de contrôle pour l'évaluation de l'opérabilité.....	117
Tableau 13 – Liste de contrôle pour l'évaluation de sûreté de fonctionnement	118
Tableau 14 – Liste de contrôle pour l'évaluation de l'assistance du fabricant	119
Tableau 15 – Exemple d'énumération de fonctions pour un PMT à variable simple à compensation de température (pression différentielle)	119
Tableau 16 – Exemple d'énumération de fonctions pour un PMT à variables multiples à compensation de température (pression différentielle plus pression et température)	120
Tableau 17 – Exemple de tableau d'erreurs de PMT	123
Tableau B.1 – Récapitulatif des essais aux conditions de référence.....	149
Tableau C.1 – Récapitulatif des essais aux conditions de fonctionnement pour les grandeurs de référence.....	151
Tableau I.1 – Exemple de compilation de données techniques pour un PMT générique	170

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDITIONS DE RÉFÉRENCE ET PROCÉDURES POUR L'ESSAI DES TRANSMETTEURS DE MESURE INDUSTRIELLE ET DE PROCESSUS –

Partie 1: Procédures générales pour tous les types de transmetteurs

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62828-1 a été établie par le sous-comité 65B: Équipements de mesure et de contrôle-commande, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

La série IEC 62828 annule et remplace la série IEC 60770 et propose des révisions pour la série IEC 61298.

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

FDIS	Rapport de vote
65B/1100/FDIS	65B/1107/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62828, publiées sous le titre général *Conditions de référence et procédures pour l'essai des transmetteurs de mesure industrielle et de processus*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

INTRODUCTION

La plupart des normes IEC actuelles relatives aux transmetteurs de mesure industrielle et de processus sont assez anciennes. Elles ont été développées pour des appareils reposant sur des technologies analogiques. Les transmetteurs numériques de mesure industrielle et de processus d'aujourd'hui sont très différents de ces transmetteurs analogiques: ils comprennent de plus nombreuses fonctions et de nouvelles interfaces, tant en ce qui concerne la section de calcul (l'électronique numérique principalement) que la section de mesure (mécanique principalement). Même s'il existe déjà des normes traitant des transmetteurs numériques de mesure de processus, elles ne sont pas suffisantes, puisque certains aspects de leurs performances ne sont pas couverts par des méthodes d'essais appropriées.

De plus, les normes d'essai IEC existantes relatives aux transmetteurs de mesure industrielle et de processus ont été réparties sur de nombreux documents, ce qui rend difficile, peu pratique et long pour les fabricants et les utilisateurs d'identifier et de sélectionner toutes les normes à appliquer à un appareil de mesure d'une grandeur de processus spécifique (pression, température, débit, niveau, etc.).

Afin d'aider les fabricants et les utilisateurs, il a été décidé de revoir, compléter et réorganiser les normes IEC correspondantes et de créer une série de normes plus adaptées, efficaces et exhaustives, fournissant de manière systématique toutes les spécifications nécessaires et tous les essais exigés pour les différents transmetteurs de mesure industrielle et de processus.

En vue de résoudre les problèmes mentionnés ci-dessus et d'offrir une valeur ajoutée aux parties prenantes, la nouvelle série de normes sur les transmetteurs de mesure industrielle et de processus couvre les principaux aspects suivants:

- Références normatives applicables
- Termes et définitions spécifiques
- Configurations et architectures classiques des différents types de transmetteurs de mesure industrielle et de processus
- Aspects relatifs au matériel et au logiciel
- Interfaces (avec le processus, l'opérateur, les autres appareils de mesure et de commande)
- Exigences physiques, mécaniques et électriques et essais associés; définition claire des catégories d'essais: essais de type, essais de réception et essais individuels de série
- Performances (spécifications, essais et vérifications)
- Protection de l'environnement, application dans les zones dangereuses, sécurité fonctionnelle, etc.
- Structure de la documentation technique.

Afin de couvrir de manière systématique tous les sujets à traiter, la série de normes est organisée en plusieurs parties. Au moment de la publication du présent document, l'IEC 62828 comprend les parties suivantes:

- *Partie 1: Procédures générales pour tous les types de transmetteurs*
- *Partie 2: Procédures spécifiques pour les transmetteurs de pression*
- *Partie 3: Procédures spécifiques pour les transmetteurs de température*
- *Partie 4: Procédures spécifiques pour les transmetteurs de niveau*
- *Partie 5: Procédures spécifiques pour les transmetteurs de débit*

Lors de la préparation de la série IEC 62828, de nombreuses procédures d'essai ont été suivies, avec les améliorations nécessaires issues de la série IEC 61298. La série IEC 61298 actuelle étant applicable à tous les appareils de mesure et de commande de processus, elle sera révisée à l'issue de la série IEC 62828, afin de l'harmoniser avec cette dernière, en supprimant de son domaine d'application les transmetteurs de mesure industriels et de processus. Pendant toute la durée de mise à jour du domaine d'application de l'IEC 61298, la nouvelle série IEC 62828 prévaut pour les transmetteurs de mesure industrielle et de processus.

Lorsque la série IEC 62828 sera publiée, la série IEC 60770 sera supprimée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62828-1:2017

CONDITIONS DE RÉFÉRENCE ET PROCÉDURES POUR L'ESSAI DES TRANSMETTEURS DE MESURE INDUSTRIELLE ET DE PROCESSUS –

Partie 1: Procédures générales pour tous les types de transmetteurs

1 Domaine d'application

La présente Partie de l'IEC 62828 établit un cadre général de définition des conditions de référence et procédures d'essais applicables à tous les types de transmetteurs de mesure industrielle et de processus (PMT – process measurement transmitter) utilisés dans les systèmes de mesure et de commande des processus et machines industriels. Ces conditions d'essais de référence sont divisées en "conditions de référence normalisées", qui s'appliquent lors de la détermination de l'exactitude de mesure, et en "conditions de référence ambiantes et de processus", utilisées pour évaluer l'influence de grandeurs externes sur la mesure.

Pour les besoins du présent document, un PMT analogique est un transmetteur de mesure de processus à courant ou tension de sortie analogique, quelles que soient la technologie adoptée et la complexité du circuit. Tous les autres transmetteurs de mesure de processus, à sortie numérique uniquement ou à sortie hybride analogique et numérique (HART®, par exemple) sont considérés comme des PMT numériques.

Pour les procédures d'essais générales, référence est faite à l'IEC 62828-1, applicable à tous les types de transmetteurs de mesure industrielle et de processus.

Les procédures d'essais spécifiques supplémentaires pour des types donnés de PMT (pression, température, niveau, débit) sont couvertes par les autres parties de la présente série.

NOTE 1 Dans des applications industrielles et de processus, les termes "transmetteurs industriels" ou "transmetteurs de processus" sont souvent utilisés pour indiquer les transmetteurs de mesure de processus.

NOTE 2 Pour plus de clarté, lorsque la définition complète "transmetteur de mesure industrielle et de processus" rallonge la phrase de manière trop importante dans le présent document, le terme abrégé "transmetteur" est utilisé à la place.

Les détecteurs de proximité à sortie analogique sont exclus du domaine d'application du présent document.

2 Références normatives

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

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essais Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 60079-10 (toutes les parties): *Atmosphères explosives – Partie 10: Classement des emplacements*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60654-1:1993, *Matériels de mesure et de commande dans les processus industriels – Conditions de fonctionnement – Partie 1: Conditions climatiques*

IEC 60654-3:1983, *Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels – Partie 3: Influences mécaniques*

IEC 60654-4:1987, *Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels – Partie 4: Influences de la corrosion et de l'érosion.*

IEC 60721-3-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

IEC 60721-3-2, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

IEC 61010-1:2010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61298-1:2008, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 1: Généralités*

IEC 61298-4:2008, *Dispositifs de mesure et de commande de processus – Méthodes et procédures générales d'évaluation des performances – Partie 4: Contenu du rapport d'évaluation*

IEC 61499 (toutes les parties), *Blocs fonctionnels*

IEC 61508:2010 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 61511-1/3:2004 SER, *Sécurité fonctionnelle – Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation*

IEC 61784-1, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 1: Profils de bus de terrain*

IEC 61784-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3*

IEC 61784-5 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5: Installation des bus de terrain*

IEC 61804 (toutes les parties), *Blocs fonctionnels (FB) pour les procédés industriels*

IEC 61918, *Réseaux de communication industriels – Installation de réseaux de communication dans les locaux industriels*

IEC 61987-11:2016, *Mesure et contrôle des processus industriels – Structures de données et éléments dans les catalogues d'équipement de processus – Partie 11: Liste de propriétés (LOP) d'équipements de mesure pour échange de données électronique – Structures génériques*

IEC 62061:2005, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité*

IEC 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

IEC 62381:2012, *Systèmes d'automatisation pour les procédés industriels – Essais d'acceptation en usine (FAT), essais d'acceptation sur site (SAT) et essais d'intégration sur site (SIT)*

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

ISO/IEC Guide 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM:2007)*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

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

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

3.1.1 Termes relatifs à l'exactitude

3.1.1.1

exactitude (d'un appareil de mesure)

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure à donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie du mesurande

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

Note 2 à l'article: L'exactitude est d'autant meilleure que la valeur indiquée est plus proche de la valeur vraie correspondante.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-08]

3.1.1.2**conformité**

aptitude d'un appareil de mesure à fournir une indication présentant une courbe caractéristique spécifiée qui peut être linéaire, logarithmique, parabolique, etc.

3.1.1.3**zone d'insensibilité (zone morte)**

plage finie de valeurs de la variable d'entrée à l'intérieur de laquelle une variation de la variable d'entrée n'entraîne pas de variation mesurable de la variable de sortie

Note 1 à l'article: Lorsqu'une caractéristique de ce genre a été introduite intentionnellement, on l'appelle parfois zone neutre.

Note 2 à l'article: Cet article était numéroté 351-24-14 dans l'IEC 60050-351:2006.

Note 3 à l'article: Cette valeur est en général non significative pour les instruments réels.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-15, modifié: Note 3 ajoutée]

3.1.1.4**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]

3.1.1.5**hystérèse**

phénomène représenté par une courbe caractéristique qui possède deux branches distinctes, l'une dite "ascendante", pour des valeurs croissantes de la variable d'entrée, l'autre dite "descendante" pour des valeurs décroissantes de cette même variable d'entrée

Note 1 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange électronique de données est ABB661, l'hystérèse étant définie comme la différence entre les sorties ascendantes et descendantes pour un seul cycle d'essai au même point d'essai d'entrée.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-16, modifié: note à l'article ajoutée]

3.1.1.6**imprécision**

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

Note 1 à l'article: La précision est définie dans l'IEC 60050-300, définition 311-06-08.

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.1.1.7**linéarité**

aptitude d'un appareil de mesure 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]

3.1.1.8

dérive à long terme

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

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

3.1.1.9

stabilité à long terme

dérive du signal de sortie nul exprimée en pourcentage de la limite pleine échelle après une période donnée dans les conditions normales d'exploitation

Note 1 à l'article: La stabilité à long terme peut être évaluée sur une période différente (6 mois, 1 an, 2 ans ou 5 ans, par exemple). Parfois, les fabricants déclarent une stabilité sur la durée de vie.

Note 2 à l'article: Selon le type de PMT, la dérive peut être associée à une limite supérieure d'étendue (les PMT numériques de pression, par exemple), à une valeur fixe (certains PMT de niveau, par exemple), à une pleine échelle (certains PMT analogiques, par exemple), etc.

Note 3 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange électronique de données est ABB551, modifié (période).

3.1.1.10

erreur mesurée

valeur positive ou négative la plus élevée de l'erreur de la valeur moyenne, mesurée en montant ou en descendant, à chaque point de mesure

[SOURCE: IEC 61298-1:2008]

3.1.1.11

étendue de mesure

plage définie par deux valeurs du mesurande, ou grandeur à fournir, dans laquelle les limites d'incertitude de l'appareil de mesure sont spécifiées

Note 1 à l'article: Un appareil de mesure peut avoir plusieurs étendues de mesure.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-12]

3.1.1.12

non-conformité

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 peut se calculer et s'exprimer de l'une des trois façons suivantes:

- indépendante: droite positionnée de façon à réduire le plus possible l'écart maximum;
- basée sur le terminal: droite positionnée de façon à coïncider avec la courbe caractéristique réelle au niveau des valeurs des plages supérieure et inférieure;
- basée sur zéro: droite positionnée de façon à coïncider avec la courbe caractéristique réelle au niveau de la valeur de plage inférieure.

Note 2 à l'article: Les propriétés correspondantes se trouvent dans le CDD.

Note 3 à l'article: dans l'IEC 61298-2:2011, la non-conformité est définie comme étant le degré de proximité entre une courbe d'étalonnage et une courbe caractéristique spécifiée (qui peut être linéaire, logarithmique, parabolique, etc.).

Note 4 à l'article: La non-conformité ne comprend pas l'hystérèse.

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modifié: note 3 et note 4 ajoutées]

3.1.1.13**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 se calculer et s'exprimer de l'une des trois façons suivantes:

- indépendante: droite positionnée de façon à réduire le plus possible l'écart maximum;
- basée sur le terminal: droite positionnée de façon à coïncider avec la courbe caractéristique réelle au niveau des valeurs des plages supérieure et inférieure;
- basée sur zéro: droite positionnée de façon à coïncider avec la courbe caractéristique réelle au niveau de la valeur de plage inférieure.

Note 2 à l'article: Les propriétés correspondantes se trouvent dans le CDD.

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

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

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modifié: notes ajoutées]

3.1.1.14**taux de dépassement**

pour une réponse à un échelon, la déviation transitoire maximale de la variable de sortie à partir de sa valeur de régime établi final, exprimée en pourcentage de la différence entre les valeurs de régime établi initial et final

Note 1 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange électronique de données est ABD684.

3.1.1.15**répétabilité**

étroitesse de l'accord entre les résultats des mesures successives du même mesurande, effectuées dans les mêmes conditions de mesure, c'est-à-dire:

- suivant le même mode opératoire,
- par le même observateur,
- au moyen des mêmes appareils de mesure, utilisés dans les mêmes conditions,
- dans le même laboratoire,
- à des intervalles de temps assez courts.

Note 1 à l'article: La notion de "mode opératoire" est définie en 2.5 dans le VIM.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-06]

3.1.1.16**durée d'établissement**

durée de l'intervalle de temps compris entre l'instant de la variation en échelon d'une variable d'entrée et l'instant où la différence entre la réponse à un échelon et la valeur en régime établi reste plus petite que la tolérance de la valeur transitoire

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-37, modifié: figure et note absentes]

3.1.1.17**signal**

grandeur physique variable dont un ou plusieurs paramètres sont porteurs d'informations concernant une ou plusieurs grandeurs variables

Note 1 à l'article: Ces paramètres sont appelés "paramètres informationnels".

Note 2 à l'article: Cet article était numéroté 351-21-51 dans l'IEC 60050-351:2006.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-41-17]

3.1.1.18

intervalle (de mesure)

différence algébrique entre les valeurs de la limite supérieure et de la limite inférieure de l'étendue de mesure

Note 1 à l'article: La limite ne doit pas être considérée comme une limite physique au regard des capacités de l'appareil, mais plutôt comme des valeurs supérieure et inférieure définies pour l'application correspondante.

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

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-13, modifié: notes ajoutées]

3.1.1.19

erreur d'intervalle (de mesure)

différence entre l'intervalle réel et l'intervalle idéal, exprimée en tant que pourcentage de l'intervalle idéal

Note 1 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange électronique de données est ABB655.

[SOURCE: IEC 61987-13:2016, modifié: note ajoutée]

3.1.1.20

stabilité

aptitude d'un appareil de mesure à conserver ses caractéristiques de fonctionnement sans modification pendant une durée spécifiée, toutes les autres conditions demeurant les mêmes

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-12]

3.1.1.21

dérive au démarrage

dérive de la sortie surveillée pendant 4 h après la mise sous tension

[SOURCE: IEC 61298-2:2008, 7.1]

3.1.1.22

temps de réponse à un échelon

durée comprise entre l'instant où le mesurande (ou la grandeur fournie) subit un changement brusque spécifié et l'instant où l'indication (ou la grandeur fournie) atteint, et se maintient dans une plage de limites spécifiées autour de sa valeur finale, en régime établi

Note 1 à l'article: Cette définition est celle qui est conventionnellement utilisée pour les appareils de mesure. D'autres définitions existent.

Note 2 à l'article: Le temps mort de la réponse du transmetteur est inclus dans le temps de réponse à un échelon (voir la Figure 5).

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-04, modifié: Note 2 ajoutée]

3.1.1.23

grandeur variable variable

grandeur physique dont la valeur peut se modifier et qui peut, en général, être mesurée

Note 1 à l'article: Le terme "variable" seul est fréquemment employé pour éviter la dénomination, longue mais correcte de "grandeur variable".

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-41-01]

3.1.1.24**décalage nul**

écart entre la sortie nulle réelle et la sortie nulle spécifiée

Note 1 à l'article: Par exemple, la sortie spécifiée d'un transmetteur de pression 4-20 mA est de 4 mA.

3.1.1.25**sortie nulle**

signal de sortie d'un PMT à la valeur inférieure de la plage

3.1.1.26**erreur de zéro**

erreur absolue d'un appareil dans les conditions de référence, lorsque l'entrée est à la valeur inférieure de la plage

Note 1 à l'article: Le code CDD de cet article pour l'échange électronique de données est ABB656.

[SOURCE: IEC 61298:2008]

3.1.2 Termes relatifs à l'incertitude**3.1.2.1****incertitude-type composée**

incertitude-type obtenue en utilisant les incertitudes-types individuelles associées aux grandeurs d'entrée dans un modèle de mesure

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.31, modifié: note absente]

3.1.2.2**facteur d'élargissement**

nombre supérieur à un par lequel on multiplie une incertitude-type composée pour obtenir une incertitude élargie

Note 1 à l'article: Un facteur d'élargissement est habituellement noté par le symbole k (voir aussi le Guide ISO/IEC GUM 98-3:2008, 2.3.6).

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.38]

3.1.2.3**incertitude élargie**

produit d'une incertitude-type composée et d'un facteur supérieur au nombre un

Note 1 à l'article: Le facteur dépend du type de la loi de probabilité de la grandeur de sortie dans un modèle de mesure et de la probabilité de couverture choisie.

Note 2 à l'article: Le facteur qui intervient dans la définition est un facteur d'élargissement.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.35, modifié: note 3 absente]

3.1.2.4**mesurande**

grandeur particulière soumise à mesurage

Note 1 à l'article: Un mesurande est souvent appelé "valeur mesurée".

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-03, modifié: Note ajoutée]

3.1.2.5

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.1, modifié: note 1, note 2 et note 3 absentes]

3.1.2.6

incertitude de mesure

paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.26, modifié: note 1, note 2, note 3 et note 4 absentes]

3.1.2.7

erreur totale

erreur probable totale TPE

nombre obtenu en prenant la racine carrée de la somme totale des carrés des facteurs d'erreurs individuelles, choisis pour comparer de manière cohérente les performances de deux PMT (au moins)

Note 1 à l'article: Les variables des erreurs individuelles sont censées être indépendantes les unes des autres.

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

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

3.1.2.8

bilan d'incertitude

formulation d'une incertitude de mesure et des composantes de cette incertitude, ainsi que de leur calcul et de leur combinaison

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.33, modifié: note absente]

3.1.3 Termes relatifs au fonctionnement et à l'installation pratique

3.1.3.1

grandeur d'influence

grandeur qui n'est pas l'objet de la mesure et dont la variation affecte la relation entre l'indication et la mesure

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

Note 2 à l'article: Les grandeurs d'influence peuvent provenir du système de mesure, de l'appareil de mesure ou de l'environnement.

Note 3 à l'article: Comme le diagramme d'étalonnage dépend des grandeurs d'influence, pour assigner la mesure, il est nécessaire de savoir si les grandeurs d'influence applicables sont dans la plage spécifiée.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-01]

3.1.3.2

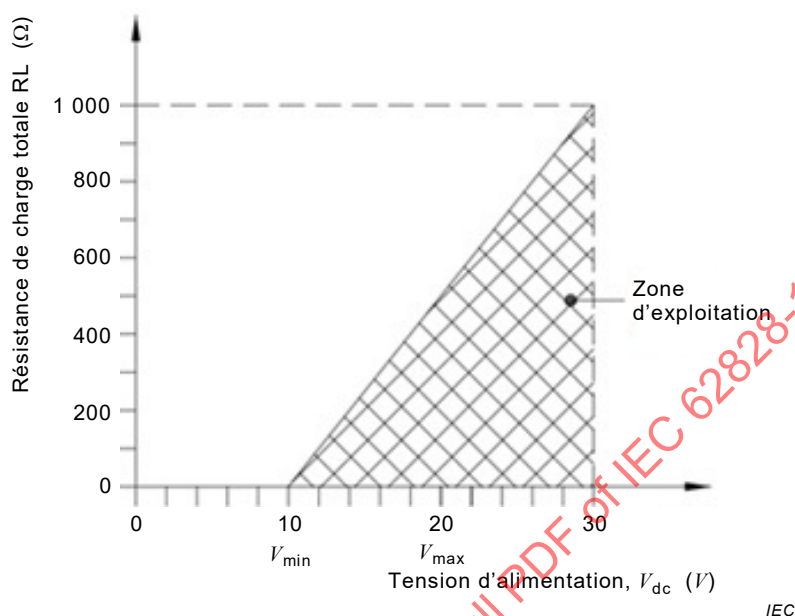
zone d'exploitation

plage admissible de tension d'alimentation et de charge de sortie dans laquelle un transmetteur peut fonctionner selon les spécifications. Pour les appareils HART®, la résistance de communication (250 Ω , par exemple) doit être prise en compte lors de la détermination de la résistance de charge maximale autorisée.

EXEMPLE: La Figure 1 implique un courant de sortie à pleine échelle de 20 mA.

Note 1 à l'article: La tension d'alimentation est souvent appelée tension de borne d'entrée ou alimentation auxiliaire.

Note 2 à l'article: HART® est l'appellation commerciale d'un protocole de communication spécifié par FieldComm Group. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il est démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.



Légende

- V_{dc} Tension d'alimentation effective en V
 V_{max} Tension d'alimentation maximale, 30 V dans cet exemple
 V_{min} Tension d'alimentation minimale, 10 V dans cet exemple
 RL Résistance de charge maximale en Ω à la tension d'alimentation effective
 $RL \leq (V_{dc} - 10) / 0,02$ (dans l'exemple de la Figure 1)

Figure 1 – Exemple de zone d'exploitation limite en ce qui concerne la résistance de charge de sortie par rapport à la tension d'alimentation

3.1.3.3

rapport de marge de réglage effective TD

rapport de marge de réglage effective maximale

rapport entre l'intervalle maximal et l'intervalle minimal auquel un appareil peut être ajusté dans la classe d'exactitude spécifiée

Note 1 à l'article: $TD = |URV - LRV|_{Max} / |URV - LRV|_{min}$, où la valeur supérieure de la plage et la valeur inférieure de la plage (URV et LRV) sont toujours liées au même point de référence.

Note 2 à l'article: TD est toujours ≥ 1 .

Note 3 à l'article: L'abréviation "TD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "turndown".

[SOURCE: IEC 61360-4, Domaine "Process Automation", ABA967, modifié]

3.1.3.4

plage de températures ambiantes d'exploitation

plage de températures du boîtier du PMT au-delà de laquelle l'appareil doit fonctionner dans les tolérances spécifiées

Note 1 à l'article: Chaque fois que cela est exigé, une condition limite de fonctionnement temporaire peut être également spécifiée.

3.1.3.5

plage de températures de processus d'exploitation

plage de températures du milieu du processus en contact avec l'élément de détection du PMT au-delà de laquelle l'appareil doit fonctionner dans les tolérances spécifiées

3.1.4 Termes relatifs aux procédures d'essais

3.1.4.1

essai de réception

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que l'appareil soumis à l'essai satisfait à certaines conditions de sa spécification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.1.4.2

essai individuel de série

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.1.4.3

procédure d'essai

spécification des essais à effectuer et des conditions de chaque essai, établie avant d'effectuer les essais et d'un commun accord entre le constructeur, le laboratoire d'essai et le client (ou l'utilisateur)

[SOURCE: IEC 61298-1:2001, 3.13]

3.1.4.4

essai de type

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.2 Termes abrégés

DCS	Distributed Control System (système de commande réparti)
DUT	Device Under Test (appareil soumis à l'essai)
CEM	Compatibilité Électromagnétique
FAT	Factory Acceptance Test (essai de réception en usine)
HART®	(Highway Addressable Remote Transducer), marque
LOP	List Of Properties (liste de propriétés)
PMT	Process Measurement Transmitter (transmetteur de mesure industrielle et de processus)
SAT	Site Acceptance Test (essai de réception sur site)
SCADA	Supervisory, Control And Data Acquisition (système de supervision, contrôle et acquisition de données)
SIL	Safety Integrity Level (niveau d'intégrité de la sécurité)
SIT	Site Integration Test (essai d'intégration sur site)
TPE	Total Probable Error (erreur probable totale)

3.3 Référence au dictionnaire de données communes

Le dictionnaire de données communes IEC contient une classification des appareils de mesure avec des listes de propriétés des types d'appareils les plus souvent utilisés en pratique. Ces propriétés peuvent être utilisées pour décrire les performances d'un appareil, l'effet de certaines grandeurs ayant un impact sur ses performances, ainsi que les normes de référence en fonction desquelles il a été soumis à l'essai et les résultats d'essai.

Chaque propriété est associée à un identifiant unique (ABB551, par exemple) mentionné dans le présent document, le cas échéant. En entrant les propriétés appropriées dans les listes de propriété, les parties intéressées peuvent échanger les résultats d'essai de manière électronique. Le CDD est disponible à l'adresse suivante: <http://std.iec.ch/cdd/iec61987/cdddev.nsf>.

Les différents appareils de mesure sont disponibles dans le domaine "Process automation (série IEC 61987)", ABA000 – Equipment for industrial-process automation, ABV000 – Characterization, ABA001 – Measuring Instruments. L'appareil est également caractérisé dans l'IEC 61987-11.

4 Description générale du PMT

La définition d'un protocole d'essai détaillé exige une profonde compréhension du PMT spécifique soumis à l'essai et de ses composants. Elle est obtenue grâce à une étroite collaboration, pendant l'évaluation, entre la personne chargée de l'évaluation et le fabricant.

Pour le domaine d'application du présent document, qui ne définit que les procédures d'essais générales, une brève description des blocs fonctionnels du PMT est suffisante (voir l'Annexe A informative). Toutefois, un schéma fonctionnel simplifié d'un PMT est présenté à la Figure 2.

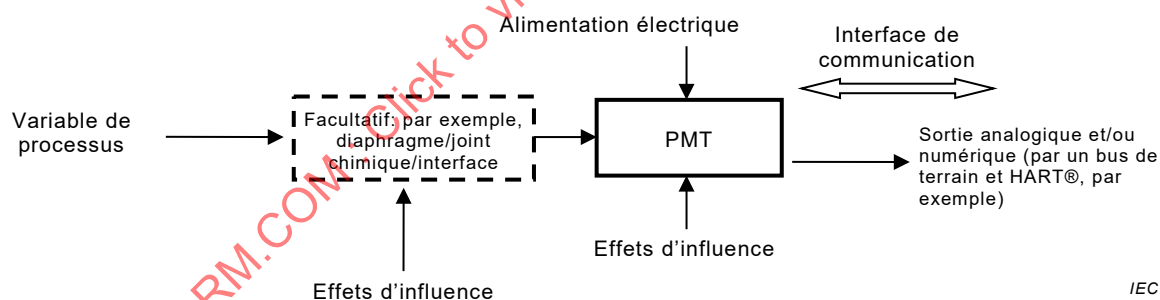


Figure 2 – Schéma fonctionnel d'un PMT générique

En termes généraux, un PMT peut être défini comme un "transmetteur à échelle fixe" lorsque l'étendue de mesure est définie par le fabricant, et comme un "transmetteur à échelle variable" lorsque l'étendue de mesure est ajustable (rapport de marge de réglage effective).

5 Conditions d'essais de référence

5.1 Généralités

Le présent article définit les "conditions d'essais de référence normalisées" et les "conditions d'essais de référence de processus et ambiantes" pour les grandeurs influençant le fonctionnement pour les essais de type et les essais individuels de série à prendre en compte lors de l'évaluation du comportement statique et dynamique des PMT analogiques et dynamiques lors des essais réalisés selon les procédures décrites à l'Article 6. Le "critère de conception de référence" considère les propriétés mécaniques, électriques et fonctionnelles

d'un appareil qui ne sont pas, par nature, des grandeurs d'influence, mais pour lesquelles il existe des normes de conception, en fonction desquelles l'appareil peut être évalué.

Les conditions d'essais de référence normalisées sont un ensemble limité de conditions normalisées mises en œuvre pour évaluer les valeurs de performances du PMT. Elles ne représentent pas les conditions de fonctionnement réelles dans lesquelles le PMT est destiné à être installé.

Les conditions d'essais de référence pour les grandeurs ambiantes et les grandeurs de processus qui ont une influence sur le fonctionnement représentent les conditions réelles que le PMT peut rencontrer à l'endroit où il est destiné à être installé. Ces conditions d'essai ont pour objet de déterminer l'impact des grandeurs d'influence sur les performances du PMT, et de vérifier les conditions mécaniques et électriques auxquelles un PMT peut résister et toujours fonctionner selon ses spécifications.

Ces conditions d'exploitation sont définies en termes de plages (classes) des paramètres qui caractérisent les différents emplacements, et sont déterminées par les essais en laboratoire visant à évaluer les performances du PMT en faisant varier les paramètres influents par rapport à la valeur d'essai de référence.

5.2 Conditions d'essais de référence normalisées

5.2.1 Généralités

Selon l'IEC 61298-1, les conditions d'essais de référence sont essentiellement associées aux conditions environnementales, aux conditions d'alimentation, aux conditions de charge et aux montages.

5.2.2 Conditions d'essai environnementales

Le PMT doit être évalué selon les conditions spécifiées au Tableau 1.

Tableau 1 – Conditions d'essai environnementales

Conditions d'essai environnementales	Température °C	Humidité relative %	Pression atmosphérique kPa
Atmosphère de référence normalisée	20	65	101,3
Limites pour les conditions d'essais atmosphériques	15 ÷ 25	50 ÷ 70	86 ÷ 106
NOTE Différentes conditions environnementales peuvent être utilisées dans le cadre d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.			

La température d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai, et les résultats d'essai doivent être corrigés en fonction des conditions atmosphériques de référence normalisées (voir l'IEC 61298-1).

NOTE Il est admis qu'un facteur de correction de l'humidité n'est pas toujours disponible.

Le taux maximal autorisé de variation de la température ambiante au cours d'un essai doit être de 1 °C en 10 min et ne pas excéder 3 °C/h.

Il est possible qu'un équipement spécial soit exigé pour maintenir les conditions d'essais de base dans les limites spécifiées.

5.2.3 Conditions d'alimentation

Les valeurs de référence pour la tension et, le cas échéant, pour la fréquence doivent être spécifiées par le fabricant.

Sauf si d'autres tolérances sont convenues entre l'utilisateur et le fabricant, les valeurs suivantes doivent s'appliquer:

- tension assignée: $\pm 1 \%$;
- fréquence assignée: $\pm 1 \%$;
- distorsion harmonique (alimentation en courant alternatif): inférieure à 5 %;
- ondulation (alimentation en courant continu): inférieure à 0,1 %.

NOTE Les tolérances relatives aux conditions d'alimentation ne s'appliquent pas aux PMT à alimentation autonome (à batterie, par exemple). Les tolérances pour les équipements alimentés par batterie peuvent être convenues.

5.2.4 Conditions de charge

Les conditions de charge de référence minimale et maximale pendant les essais d'évaluation doivent être spécifiées par le fabricant.

5.2.5 Positions de montage

L'appareil doit être installé dans une seule de ses positions de fonctionnement normales spécifiées, avec une tolérance de $\pm 3^\circ$ ou moins, conformément aux instructions du fabricant. La position choisie doit être clairement indiquée dans le rapport d'essai.

Le cas échéant, le support de montage fourni avec l'appareil doit être utilisé.

Tous les capots fournis avec l'appareil doivent être en place.

5.3 Conditions d'essais de référence pour les grandeurs ambiantes et les grandeurs de processus influençant le fonctionnement

5.3.1 Généralités

Le présent article définit tous les paramètres qui doivent être considérés comme des grandeurs influentes pour les conditions de fonctionnement. Dans la mesure du possible, ils sont identifiés en termes de plages (classes) des différents paramètres ayant un impact sur les résultats des essais.

5.3.2 Conditions de processus

Pour les conditions de processus (température, pression, impulsions assignées du processus, etc.), il est généralement fait référence aux normes internationales ou nationales applicables. Ces conditions doivent être spécifiées par le fabricant ou convenues avec l'utilisateur.

5.3.3 Conditions atmosphériques environnementales

5.3.3.1 Généralités

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions limites de fonctionnement spécifiées par le fabricant ou, si aucune valeur spécifique n'est donnée, selon les conditions spécifiées dans l'IEC 60654-1.

Pour la définition des conditions atmosphériques environnementales, les conditions climatiques dans différents emplacements sont en général exprimées en termes de plages (classes) de température et d'humidité ambiantes.

NOTE La pression barométrique n'est en général pas pertinente pour les PMT.

Les classes d'emplacement normalisées généralement utilisées sont les suivantes:

Classe A: lieux protégés contre les intempéries, lieux climatisés;

Classe B: lieux protégés contre les intempéries, lieux fermés chauffés et/ou refroidis;

Classe C: lieux protégés contre les intempéries, lieux fermés abrités et/ou non chauffés;

Classe D: lieux non protégés contre les intempéries, lieux extérieurs.

5.3.3.2 Température ambiante

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'a indiqué aucune limite, dans les conditions spécifiées dans l'IEC 60654-1 pour l'application de fonctionnement classique.

Le Tableau 2 donne un exemple de plages de températures ambiantes communes pour différentes applications de fonctionnement.

Tableau 2 – Plages de températures ambiantes communes

Température °C		Classe de température (IEC 60654-1)	Application de fonctionnement classique
min.	max.		
+20	+25	A1	Lieux climatisés
+15	+30	B1	Lieux fermés chauffés et/ou refroidis
+5	+40	B2	
-5	+45	C1	Lieux abrités
-25	+55	C2	
-33	+40	D1	Lieux extérieurs

5.3.3.3 Humidité relative ambiante

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'a donné aucune limite, dans les conditions spécifiées dans l'IEC 60654-1 pour l'application de fonctionnement classique.

Le Tableau 3 donne un exemple de plages d'humidité relative ambiante de référence pour différentes applications de fonctionnement.

Tableau 3 – Plages d'humidité relative ambiante communes

Humidité relative %		Classe d'humidité (IEC 60654-1)	Application de fonctionnement classique
min.	max.		
20	75	A1	Lieux climatisés
10	75	B1	Lieux fermés chauffés et/ou refroidis
5	85	B2	
5	95	C1	Lieux abrités
10	100	C2	
15	100	D1	Lieux extérieurs

5.3.4 Vibrations mécaniques

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'a spécifié aucune limite, les valeurs de référence spécifiées au Tableau 4 pour différentes applications de fonctionnement classiques doivent être utilisées. Les procédures d'essai de référence sont celles spécifiées dans l'IEC 60068-2-6.

Tableau 4 – Niveaux d'essais de vibrations

Application classique	Plage de fréquences d'essai Hz	Amplitude de crête de déplacement mm	Amplitude de crête d'accélération m/s ²
Salle de commande ou terrain avec faible niveau de vibrations	10 à 150	0,35	
Salle de commande ou terrain avec niveau de vibrations moyen	10 à 150	0,75	2
Terrain avec application générale ou canalisations avec faible niveau de vibrations	10 à 1 000	0,15	20
Terrain ou canalisations avec haut niveau de vibrations	10 à 1 000	0,35	50

5.3.5 Chocs, chutes et renversement

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'a spécifié aucune limite, les valeurs suivantes relatives aux chocs, chutes et renversements en termes de hauteur de chute libre doivent être utilisées: 25 mm, 50 mm, 100 mm, 250 mm, 500 mm, 1 000 mm ou > 1 000 mm pour les conditions les plus sévères. Les procédures d'essai de référence sont celles spécifiées dans l'IEC 60068-2-27.

5.3.6 Alimentation électrique

Le PMT doit être évalué à l'aide des conditions spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'a spécifié aucune limite, dans les conditions spécifiées au Tableau 5 pour la tension et la fréquence.

Tableau 5 – Plages d'alimentation électrique pour la tension et la fréquence

Classe d'alimentation électrique pour la tension	Tolérance de la tension d'alimentation électrique en courant alternatif	Tolérance de la tension d'alimentation électrique en courant continu
1	± 1 %	± 10 %
2	± 10 %	+10 % / -15 %
3	+10 % / -15 %	+15 % / -20 %
4	+15 % / -20 %	+30 % / -25 %
Classe d'alimentation électrique pour la fréquence	Tolérance de la fréquence d'alimentation électrique en courant alternatif	
1	± 0,2 %	
2	± 1 %	
3	± 5 %	

5.3.7 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le PMT doit être évalué par rapport à l'immunité et aux émissions électromagnétiques à l'aide des limites spécifiées par le fabricant ou, si ce dernier n'en a spécifié aucune, dans les conditions établies dans la série de normes IEC 61326, qui doit être utilisée en référence pour le montage d'essai et les procédures d'essai.

Le choix de limites pertinentes doit être déterminé après la prise en compte des exigences d'émission et d'immunité adaptées à l'emplacement d'utilisation.

5.4 Critères de conception de référence

5.4.1 Généralités

Les critères de conception de référence concernent les normes en fonction desquelles un appareil a été conçu. Dans certains cas (protection contre l'entrée et les impacts, par exemple), les propriétés établies peuvent être soumises à l'essai. Dans d'autres cas (la protection, par exemple), la preuve de conformité est en principe exigée sous la forme d'une documentation ou d'un certificat d'essai délivré par un organisme indépendant.

5.4.2 Protection de l'enveloppe contre les solides, les liquides (IP) et les impacts (IK)

5.4.2.1 Vue d'ensemble

Les classes de protection de l'enveloppe de l'appareil contre la pénétration de solides et de liquides et contre les impacts mécaniques sont spécifiées respectivement dans l'IEC 60529 et l'IEC 62262. Le PMT doit résister aux conditions définies par le code indiqué par le fabricant.

5.4.2.2 Protection de l'enveloppe contre les solides et les liquides (code IP)

L'IEC 60529 définit des codes de protection contre la pénétration de solides et de liquides (IP) avec les conditions d'essai associées.

5.4.2.3 Protection de l'enveloppe contre les impacts mécaniques (code IK)

Voir l'IEC 62262 pour une classification complète des codes de protection IK contre les impacts mécaniques.

5.4.3 Protection de l'enveloppe contre les influences corrosives et érosives

L'IEC 60654-4 définit les classes de protection de l'enveloppe contre les influences corrosives et érosives (gaz, vapeurs et aérosols) avec les conditions d'essai associées.

5.4.4 Sécurité électrique (résistance d'isolement, résistance diélectrique)

L'IEC 61010-1 définit les aspects de la conception liés à la sécurité de l'équipement eu égard à la résistance d'isolement et à la résistance diélectrique, avec les conditions d'essai associées.

5.4.5 Environnement dangereux (pour application en atmosphère explosive)

Si un appareil a été conçu pour être utilisé dans une zone présentant un risque d'explosion selon la série IEC 60079-10, le type de protection et la zone d'utilisation doivent être spécifiés par le fabricant. La preuve de conformité doit être apportée sous la forme d'un certificat d'essai établi par un organisme d'essai indépendant compétent.

5.4.6 Sécurité fonctionnelle

Si un appareil a été conçu pour satisfaire à la série de normes de référence IEC 61508, à l'IEC 61511 pour les applications de processus industriels ou à l'IEC 62061 pour les

applications de machines, le niveau de sécurité atteint et la norme utilisée doivent être spécifiés par le fabricant. La preuve de conformité doit être apportée sous la forme d'un certificat d'essai établi par un organisme d'essai indépendant compétent ou sous la forme d'une documentation exhaustive conforme à la norme d'essai.

6 Procédures d'essais

6.1 Généralités

6.1.1 Vue d'ensemble

Le présent article spécifie les procédures d'essai exigées permettant de vérifier les caractéristiques de performance du PMT dans les conditions normalisées, ambiantes et de processus données à l'Article 5.

Ces procédures d'essai sont en général applicables aux PMT tant analogiques que numériques. Les procédures d'essai spécifiques pour les PMT numériques sont définies dans les articles correspondants.

Dans le cas d'un PMT avec un élément de détection intégré, une variable de processus adaptée à l'essai à réaliser doit être générée de manière appropriée. Si l'élément de détection peut être séparé (RTD ou thermocouple, par exemple), la variable de processus peut être simulée de manière électrique.

6.1.2 Classification des essais

Les essais sont classés comme suit: essais de type, essais de réception et essais individuels de série, conformément aux définitions données à l'Article 3. De plus, le terme essais d'évaluation sert à indiquer un ensemble complet d'essais destiné à établir les performances d'un PMT dans toutes les conditions de fonctionnement possibles, afin de permettre la comparaison avec les spécifications de performance publiées ou déclarées par le fabricant pour le PMT ou avec les exigences de l'utilisateur.

Les essais de type sont en principe réalisés par le fabricant sur au moins un PMT pris dans la production ou la préproduction normale. Ils sont destinés à évaluer les performances strictement en fonction de la conception du PMT. Ils sont réalisés sur de nouveaux produits ou sur des produits ayant subi des modifications de conception importantes.

Les essais individuels de série sont réalisés par le fabricant au stade de la production afin de vérifier le bon déroulement du processus de fabrication et l'étalonnage final du PMT. Ces essais sont donc souvent limités aux aspects métrologiques et de sécurité. Ces essais sont en général bien plus simples que les essais de type, et ils ne produisent en général aucune preuve du comportement dans des conditions climatiques et/ou électromagnétiques sévères.

Les essais de réception sont également réalisés par le fabricant, généralement en présence du client, afin de vérifier si les PMT fournis par le fabricant satisfont aux exigences définies dans la spécification du fabricant et/ou du client. Ces essais sont généralement similaires aux essais individuels de série, sauf spécification contraire et/ou demande du client.

Les tableaux de l'Annexe B et de l'Annexe C informatives donnent une liste de l'ensemble complet des procédures d'essais étudiées dans le présent article, en relation avec les conditions d'essais de référence normalisées et de fonctionnement, respectivement. Ces tableaux récapitulent les procédures, mettant en exergue les particularités de chaque essai et indiquant quels essais doivent être considérés comme des essais de type et/ou des essais de réception et/ou des essais individuels de série.

En règle générale, les essais individuels de série et les essais de réception font l'objet de moins de procédures que les essais de type, ces procédures étant par ailleurs plus simples.

NOTE Par exemple, l'essai individuel d'exactitude consiste à prendre seulement un cycle de mesure pour chaque 25 % de l'intervalle de l'appareil, tandis qu'un essai de type étendue au moins 3 cycles de mesure pour chaque 20 % de l'intervalle de l'appareil. De plus, seuls les essais de type sont éventuellement menés à différents réglages du zéro et de l'intervalle.

Les appareils analogiques font l'objet d'une autre classification par rapport aux réglages de l'intervalle et de la valeur inférieure de la plage (Tableau 7) et par rapport au nombre de cycles de mesure et au nombre et à l'emplacement des points d'essais (Tableau 6) pour les différents essais, à savoir:

- FT1: pour un essai de 1 cycle de traversée complète (pour les essais individuels de série, par exemple)
- FT3: pour un essai de 3 cycles de traversée complète (pour les essais de type, par exemple)
- FT5: pour un essai de 5 cycles de traversée complète (pour les essais étendus, par exemple, bien que cela soit relativement inhabituel)
- Z/S: vérification de la variation dans la valeur inférieure de la plage (zéro) et dans la valeur supérieure de la plage (intervalle) provoquée par le facteur influent (pour le dépassement, la position de montage, etc.)
- 10 %: vérification de la variation uniquement avec un signal d'entrée de 10 % (pour une ondulation de sortie, par exemple)
- 50 %: vérification de la variation uniquement avec un signal d'entrée de 50 % (pour des vibrations, des essais de CEM, etc.)
- 90 %: vérification de la variation uniquement avec un signal d'entrée de 90 % (pour un démarrage ou une dérive à long terme, par exemple).

Tableau 6 – Exemple du nombre de cycles de mesure et du nombre et de la position des points d'essais

Type d'essai		Nombre de cycles de mesure	Nombre de points d'essais	Position des points d'essais (% de l'étendue de mesure spécifiée)
Essais complets	Essai d'évaluation	3 ou 5	6	0, 20, 40, 60, 80, 100
	Essais de type		11	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100
Essais simplifiés	Essais individuels de série	1	5	0, 25, 50, 75, 100
	Essais de réception			

Tableau 7 – Exemple de réglages de l'intervalle et de la valeur inférieure de la plage pour des appareils analogiques

Type d'essai		Intervalle réglable	Suppression de zéros et/ou élévation
Essais complets	Essai d'évaluation	Réglage A ^a	Réglage B ^b
	Essai de type		
Essais simplifiés	Essais individuels de série	Réglage C ^c	Réglage D ^d
	Essai par échantillonnage		

^a Réglage A: Réglage de l'intervalle aux valeurs maximale et minimale spécifiées par le fabricant, et à une valeur intermédiaire.

^b Réglage B: Généralement, les essais sont réalisés avec un seul réglage de la valeur inférieure de la plage, sans suppression ni élévation, mais des essais supplémentaires aux réglages minimal et maximal peuvent être exigés si les effets sont significatifs.

^c Réglage C: Sauf spécification contraire dans le programme d'essai, l'intervalle est celui défini par le fabricant.

^d Réglage D: Sauf spécification contraire dans le programme d'essai, la valeur inférieure de la plage est celle définie par le fabricant.

Le choix des essais à réaliser dépend du type de transmetteur, des spécifications du fabricant et des exigences de l'utilisateur.

6.1.3 Préparation des essais

Avant de définir un programme d'essais d'évaluation; le PMT à l'étude doit être analysé, ainsi que les lignes du modèle suivant, afin de décider des fonctions d'une section unique qui doivent être considérées comme une entité séparée.

Les situations suivantes doivent être étudiées:

- Dans de nombreux cas, l'unité de traitement des données et le sous-système de sortie sont totalement intégrés et les signaux intermédiaires ne sont pas disponibles. Dans ces cas, la définition et l'étude des fonctions de transfert séparées ne sont pas pertinentes.
- D'autres PMT pourraient être fournis sans l'ensemble de détection (sans couple thermoélectrique ni RTD pour les transmetteurs de température, par exemple). Pour ces PMT, les essais d'évaluation sont réalisés à l'aide d'une simulation adaptée (conformément aux tableaux de température de référence appropriés, par exemple).
- Un capteur en contact avec le milieu du processus peut être influencé par les caractéristiques du milieu et les conditions d'installation. En tant qu'unité à distance, il peut également être soumis à des conditions environnementales plus sévères. L'évaluation doit donc tenir compte de la combinaison des conditions environnementales et de processus. Les ensembles de détection comprenant des capteurs de différentes natures (des auxiliaires à des fins de compensation ou de diagnostic, par exemple) exigent des agencements de mesure adaptés.
- Le choix du montage d'essai et le moyen d'application exacte et traçable d'une grandeur physique à l'entrée du DUT sont des aspects importants des points de vue technique et économique. Un équipement complet, dans lequel tous les facteurs qui influencent la grandeur à appliquer à l'appareil sont contrôlés, peut être exigé. Pour certains essais (vibrations, température ambiante, par exemple), cet équipement peut être extrêmement coûteux. Par conséquent, une analyse approfondie doit être menée pour décider quel type d'installation d'essai est nécessaire aux différents essais. À l'exception des mesurages d'exactitude, les essais n'exigent souvent que des signaux stables et réglables avec exactitude, et il peut être décidé de réaliser ces essais au moyen d'installations satisfaisant uniquement à ces exigences.

Par exemple, lorsque le mesurage d'une courbe d'étalonnage entière devient économiquement impossible, il peut être décidé, lorsque la caractéristique d'E/S du DUT est linéaire, de réaliser des mesurages à "zéro entrée" et/ou à 100 % en entrée ou à une autre entrée arbitraire.

- Sauf accord contraire, l'incertitude des installations d'essai et des équipements de mesure associés doit être supérieure ou égale à 1/3 de l'incertitude de l'appareil à évaluer.

6.1.4 Évaluation préliminaire

Avant de soumettre l'appareil à l'essai, une évaluation préliminaire doit être réalisée sur la base des listes de contrôle présentées du Tableau 8 au Tableau 14. Ces tableaux contiennent un certain nombre de vérifications permettant d'évaluer la fonctionnalité, la configurabilité, la configuration matérielle, les procédures de réglage et d'adaptation, l'opérabilité, la sûreté de fonctionnement et l'assistance du fabricant.

Si des éléments de contrôle supplémentaires sont exigés, ils doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Noter que certaines fonctions/capacités à prendre en compte pour l'évaluation s'appliquent uniquement aux PMT numériques.

Tableau 8 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la fonctionnalité

Fonction/capacité	Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Fonction(s) principale(s)	Donner une description concise du (des) principe(s) de mesure. Décrire les informations de statut de l'appareil et les informations de mesure (grandeurs séparées et composites) disponibles au niveau des interfaces humaines et de communication et du sous-système de sortie électrique. Décrire la structure du microprogramme (les blocs fonctionnels et la manière dont ils peuvent être organisés) ainsi que les règles régissant le logiciel d'application.
Fonction(s) auxiliaire(s)	Donner une description concise des fonctions auxiliaires correspondant aux entrées et sorties analogiques et numériques.
Blocs fonctionnels	Répertorier les blocs fonctionnels normalisés disponibles (conformément à la série IEC 61499 ou à la série IEC 61804) ou, en cas de blocs fonctionnels propriétaires, les décrire et les classer en termes de: • blocs fonctionnels dépendant du temps (totaliseurs, appareils de commande, temporisateurs, compteurs d'avance/retard); • blocs fonctionnels ne dépendant pas du temps, à classer en: – blocs de calcul (linéarisation du capteur, racine carrée, loi exponentielle, par exemple); – blocs logiques (et, ou, etc.). Pour chaque bloc fonctionnel, fournir: • Le nom; • La plage de réglage si le réglage est faisable par l'utilisateur; • Les valeurs par défaut, le cas échéant; • Le contrôle de la reconnaissance et du rejet des valeurs non valides; • Pour plus de détails sur le contrôle des caractéristiques des blocs fonctionnels, voir l'Annexe D.
Suppression de signal	• Vérifier la disponibilité de la suppression du signal. En général, la suppression du signal est possible à l'extrémité inférieure de la caractéristique afin d'éviter des signaux non valides ou bruyants. Toutefois, la suppression du signal peut également avoir lieu à l'extrémité supérieure. Indiquer les options disponibles et si les valeurs de suppression sont configurables par l'utilisateur. • Vérifier la présence éventuelle d'une zone morte entre l'activation et la libération et si elle est réglable par l'utilisateur.
Filtres	Si des filtres sont prévus: • Sont-ils analogiques (matériels) ou numériques (logiciels)? • De quel type (1er, 2e ordre) et la constante de temps est-elle réglable?
Compatibilité ascendante	Vérifier si un nouveau transmetteur est compatible avec une ancienne version qu'il est destiné à remplacer. NOTE Il convient que les nouvelles versions d'un transmetteur soient compatibles avec d'anciennes versions, tant en termes matériels que logiciels. Il convient que le fabricant spécifie la compatibilité dans la documentation. Si un nouveau transmetteur n'offre pas une complète compatibilité ascendante, une table de corrélation pourrait aider à identifier les particularités du matériel/logiciel nouveau ou ancien.

Tableau 9 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la configurabilité

Fonction/capacité	Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Compatibilité de bus de terrain ou de communication sans fil	Vérifier si l'appareil à l'essai convient: • À la connexion à d'autres appareils ou à un bus de terrain conformément à la série IEC 61158; • Ou en application autonome en combinaison avec une connexion temporaire à un bus de terrain ou une liaison de communication propriétaire; • Ou en application autonome; • Ou connexion à une liaison de communication sans fil. Fournir une liste de versions de l'appareil compatibles pour la communication/le bus de terrain.
Outils de configuration	Vérifier si l'appareil peut être configuré: • À partir de commandes locales (interface humaine) sur l'appareil; • À distance, à partir d'un PC ou d'un ordinateur hôte; • Par l'intermédiaire d'un module de communication portatif temporairement connecté. Noter les difficultés évidentes apparues lors de la configuration de l'appareil au moyen de ces outils. Les difficultés pourraient être: – Certaines entrées de paramètres peuvent générer une modification inaperçue d'autres paramètres déjà définis assurant un fonctionnement correct; – Des incohérences de traitement des paramètres (absence de message de mise en garde en cas de tentative de modification d'un paramètre protégé, par exemple).
(Re)configuration en ligne	Vérifier si des fonctions et paramètres peuvent être modifiés en mode contrôle. Si c'est le cas, vérifier si la sortie n'est pas affectée de manière inacceptable. Vérifier si un mécanisme de sécurité interdit l'accès en ligne à tout ou partie de certains paramètres et fonctions.
Configuration hors ligne	Vérifier si des configurations peuvent être réalisées et enregistrées pour un certain nombre de transmetteurs sur un PC séparé (hors ligne). Mesurer la durée exigée pour la configuration hors ligne.
Téléchargement vers/à partir d'un PC	Vérifier si l'envoi de configuration est possible. Vérifier si les configurations préparées hors ligne sont téléchargeables. Mesurer la durée exigée pour réaliser ces actions (uniquement un PMT participant): • Lors de la mise en service d'un système de bus de terrain; • Sur un système de bus de terrain opérationnel (actif).
Conditions de redémarrage configurables	Lorsqu'un transmetteur comporte une fonction de commande de processus, il peut également comporter des "conditions de redémarrage configurables" à mettre en œuvre par suite d'une mise hors tension. Exemple de conditions de redémarrage usuelles: • Retour à la dernière valeur; • Passage à une valeur définie par l'utilisateur; • Retour au mode manuel. Vérifier toutes les conditions qui s'appliquent.
Conditions de "sécurité intrinsèque" configurables	Énumérer les actions qui peuvent être configurées dans le transmetteur en cas de détection d'une défaillance interne ou d'une défaillance du capteur.

Tableau 10 – Liste de contrôle pour l'évaluation de la configuration matérielle

Fonction/capacité		Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Construction mécanique	Charnières/capots	Commenter ces éléments sur la base de la complexité et de la solidité de la construction et de la protection contre les dommages. Se reporter, le cas échéant, aux problèmes mécaniques apparus lors de la préparation de l'évaluation et de l'exécution de l'un des essais.
	Modules internes	
	Support	
	Pièces saillantes	Commenter les modules internes sur la base de l'emplacement/positionnement et de l'adressage du matériel par des commutateurs DIP ou par logiciel.
	Commandes locales	
	Connexions de capteurs	
	Connexions électriques	
	Connexions mécaniques	
Facilité de montage		La procédure de montage peut affecter l'étalonnage. Vérifier si la procédure attire suffisamment l'attention sur l'alignement, la fixation à l'installation, l'isolation thermique, etc. Noter les difficultés évidentes qui ont pu apparaître lors du démontage et du montage de l'appareil. De même, déterminer le temps nécessaire pour réaliser correctement le montage.

Tableau 11 – Liste de contrôle pour l'évaluation des procédures de réglage et d'adaptation

Fonction/capacité		Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Procédure de réglage		Les aspects à prendre en compte sont les suivants: - Combien existe-t-il de procédures de réglage et quelles en sont les différences (laquelle est conseillée, etc., réglage et adaptation ou configuration en ligne et hors ligne)? - Quel équipement extérieur est nécessaire à l'étalonnage, au réglage et à l'adaptation? - Combien de fois l'utilisateur doit-il interagir, et à quel moment? - Une partie de la procédure est-elle effectuée automatiquement? - Les données de réglage, d'étalonnage et d'adaptation (nom de l'opérateur, date, paramètres, etc.) sont-elles enregistrées dans une mémoire non volatile? - Quelles sont les limites de la plage? - Quelle est la résolution des réglages du zéro/de l'intervalle à la fois aux limites supérieure et inférieure de la plage? - La linéarisation fait-elle partie de la procédure? - Mesurer la durée exigée pour le réglage, l'étalonnage et l'adaptation. Noter les difficultés évidentes ou potentielles qui ont pu apparaître pendant la procédure.
Procédure d'adaptation		Certains appareils exigent une adaptation aux conditions et aux propriétés du processus, aux conditions d'installation et aux conditions environnementales. Décrire brièvement la procédure. Les éléments suivants doivent être pris en compte: - Dans certains cas, l'adaptation peut exiger le réglage de paramètres fixes liés au processus, notamment lorsqu'il s'agit de configurer l'appareil. La validité de cette méthode est souvent limitée, notamment lorsque les paramètres réels du processus peuvent varier sur une large plage; - Il peut également y avoir une procédure automatique à effectuer dans des conditions réelles. Dans ce cas, combien de fois est-il nécessaire que l'utilisateur interagisse? Les paramètres obtenus sont-ils automatiquement activés ou l'utilisateur peut-il les ignorer/modifier et saisir des valeurs différentes? Enregistrer les valeurs de sortie de l'appareil au cours de la procédure. Cet enregistrement peut indiquer les limitations de la procédure; - Le réglage et l'adaptation sont-ils intégrés de manière indissociable dans une seule procédure? - Mesurer la durée exigée pour l'adaptation.

Tableau 12 – Liste de contrôle pour l'évaluation de l'opérabilité

Fonction/capacité	Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Commandes locales (outils) pour l'accès	Fournir une description concise: • Des touches (boutons poussoir, etc.) disponibles; • De l'ergonomie et de l'utilisation des touches; • De la protection/adéquation des touches pour utilisation dans des lieux dangereux.
Dispositifs d'affichage locaux	Fournir une description concise des informations qui peuvent être visualisées sur les dispositifs d'affichage locaux, par exemple: • Le nombre de lignes et de caractères par ligne; • Les paramètres de commande fournis; • Les messages d'erreur; • La lisibilité des affichages sans ôter les capots de protection de l'électronique.
Interface(s) humaine(s) avec le système extérieur	Pour les logiciels implantés sur PC, décrire l'organisation et la hiérarchie des divers groupes d'accès utilisateur et les affichages correspondants, ainsi que l'éventuelle disponibilité de claviers dédiés. Pour une console de communication portative, fournir une représentation avec l'implantation de l'affichage et du clavier.
Dispositifs et outils pour le personnel technique et le personnel chargé de la maintenance	Pour les dispositifs implantés sur PC, fournir une description concise de l'organisation et de la hiérarchie des modèles de logiciels et de dispositifs d'affichage correspondant à des activités techniques et de maintenance. Le cas échéant, énumérer les autres outils matériels (tels que commutateurs, potentiomètres, etc.) qui peuvent être utilisés pour la configuration, l'installation, les réglages et l'étalonnage.
Aspects liés au diagnostic du processus	Vérifier si, outre la fonction de mesure principale, l'appareil comporte des moyens de diagnostic des défauts et pannes du processus et des installations du processus. Dans la liste d'exemples ci-dessous, certains aspects sont spécifiques à des types d'appareils particuliers: • Cavitation; • Abrasion et corrosion (origine chimique/mécanique); • Contamination du produit (y compris la condensation, par exemple); • Manque d'homogénéité du produit (gaz occlus dans le liquide, par exemple); • Blocage du flux de produit; • Vibrations excessives de l'installation; • Température et pression; • Intégrité et performance de la boucle, en utilisant les informations provenant des appareils et des blocs fonctionnels utilisés dans la boucle; • Rupture, usure, fatigue ou corrosion des canalisations ou des récipients, etc. Décrire les essais pertinents et les alarmes mises en œuvre, telles que: • Analyse du signal de capteur principal dans le domaine temporel ou harmonique; • Empreinte; • Disponibilité de capteurs supplémentaires; • Outils logiciels supplémentaires pour la totalisation du temps de fonctionnement, du temps à une certaine charge, du nombre de cycles. Vérifier si ces outils sont intégrés dans le transmetteur ou dans l'équipement hôte; • Les essais en ligne sont-ils automatiques ou lancés par l'opérateur? • Les paramètres d'essais sont-ils adaptables par l'utilisateur? • Les actions du transmetteur en cas d'apparition d'alarmes de diagnostic.

Tableau 13 – Liste de contrôle pour l'évaluation de sûreté de fonctionnement

Fonction/capacité	Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Diagnostics du transmetteur	Décrire la manière dont le transmetteur diagnostique les défaillances internes et garantit un fonctionnement en toute sécurité en cas de défaillance. Des mécanismes peuvent être mis en œuvre pour détecter: • une défaillance de la mémoire flash en lecture seule; • l'absence de temps libre; • une défaillance de la tension de référence; • une défaillance du courant d'entraînement; • une défaillance critique de la mémoire non volatile; • des défaillances du capteur auxiliaire (température, pression interne, par exemple). Vérifier si les appareils de bus de terrain peuvent fournir des messages spécifiques, comme: • défaut du processeur d'E/S; • sortie hors service; • perte des paramètres statiques; • erreur de lecture des données d'étalonnage. Vérifier quels sont les diagnostics réalisés: • En ligne (en cours de fonctionnement) automatiquement, continuellement ou par intermittence; • En ligne (en cours de fonctionnement) initié par l'utilisateur; • Hors ligne (hors fonctionnement). Le fabricant donne-t-il un facteur d'élargissement en fonction de la détection des défaillances internes?
Détection d'usage incorrect	L'appareil ou le système de bus de terrain détecte-t-il des erreurs et défaillances dues à un fonctionnement incorrect et/ou imprévu et/ou à des actions de maintenance, comme: • des réglages incorrects d'adresses au moyen de cavaliers ou de commutateurs DIP (le cas échéant); • une inversion du câblage d'alimentation, des connecteurs et cartes de circuit imprimé (éventuellement); • de connecteurs en position incorrecte (si la longueur du câblage le permet); • d'un circuit laissé ouvert par non-branchement d'un connecteur; • l'exécution incomplète ou incorrecte de la procédure de démarrage; • l'appareil laissé à un niveau de sécurité incorrect; • l'usage multiple des mêmes noms et numéros d'étiquettes pour des transmetteurs différents dans un système de communication numérique à branchements multiples; • un court-circuit provoqué par le contact de parties adjacentes lors de réglages mécaniques.
Alarmes	Deux groupes d'alarmes peuvent être distingués: • Alarmes de processus (relatives aux aspects de diagnostic du processus mentionnés ci-dessus). L'utilisateur peut régler les paramètres des alarmes; • Alarmes d'autotest (relatives aux défaillances internes du transmetteur). Ces alarmes ne sont généralement pas modifiables par l'utilisateur. Énumérer les alarmes fournies dans les deux groupes et indiquer la manière dont elles sont communiquées: • Hôte par le biais du bus de terrain; • Câblage en dur par l'intermédiaire de sorties de relais; • Dispositif d'affichage local. Vérifier si les alarmes apparaissent automatiquement en ligne ou uniquement à la demande de l'utilisateur ou de toute autre manière.
Sécurité contre l'accès non autorisé	Décrire les méthodes de sécurité mises en œuvre: • Matérielles (commutateur protégé en écriture); • Logicielles (mots de passe, nombre de niveaux d'accès et degrés d'accès et de configurabilité à ces niveaux); • Accès aux commandes locales et fonctionnalités de réglage/d'adaptation.

Tableau 14 – Liste de contrôle pour l'évaluation de l'assistance du fabricant

Fonction/capacité	Aspects à prendre en compte lors de l'évaluation (le cas échéant)
Aide à la maintenance de la part du fabricant	- Le fabricant propose-t-il des contrats de maintenance? - Quelle est leur portée? - Quelle est la durée garantie de fourniture de personnel de maintenance sur site?
Pièces de rechange	- Indiquer la plus petite unité remplaçable; - Indiquer le contenu/l'importance du stock recommandé de pièces de rechange; - Disponibilité des pièces de rechange après la fin de la production du transmetteur.
Garantie	Indiquer la période de garantie et son étendue.

Les résultats des évaluations préliminaires doivent être documentés au format papier ou électronique. Après un examen des résultats et si l'étendue des essais fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, les fonctions et propriétés de l'appareil à soumettre à l'essai doivent être convenues.

La définition de ces fonctions et propriétés, à prendre en compte dans l'évaluation, repose sur le concept des itinéraires de flux de données. Il est nécessaire que les parties concernées définissent les itinéraires de flux de données pertinents ainsi que les étendues de mesure du PMT à évaluer. Le Tableau 15 et le Tableau 16 donnent des exemples d'un format permettant d'énumérer et de définir les fonctions à évaluer. Le Tableau 15 donne un exemple représentatif d'un transmetteur à variable simple de pression différentielle avec compensation de la température, tandis que le Tableau 16 donne un exemple représentatif d'un PMT avec un transmetteur à variables multiples de pression différentielle avec compensation de la température plus un capteur de température supplémentaire pour le milieu du processus.

Tableau 15 – Exemple d'énumération de fonctions pour un PMT à variable simple à compensation de température (pression différentielle)

Numéro de référence	Valeurs mesurées (sorties) à respecter							Caractéristiques du capteur		Grandeurs physiques correspondantes à fournir au niveau d'une ou de plusieurs entrées			
	Variable mesurée	Étendue de mesure	Type de mesure		Itinéraire du flux de données vers:					Grandeur	Source		
			Principale	Auxiliaire ¹⁾	Dispositif d'affichage local	Système extérieur	Sortie électrique. 4 mA à 20 mA	Principe de mesure	Étendue de mesure		Grandeur physique	Simulateur	
1	Pression différentielle	(0 à 100) kPa ²⁾	S ³⁾				X	X	Capacitif	(- 500 à + 500) kPa	Pression différentielle	X	
2 ⁴⁾	Température interne ⁵⁾	-40 °C à +50 °C		A ⁶⁾	X ¹⁾				RTD	(- 40 à + 100) °C	Température	X	

1) Ce paramètre auxiliaire peut ne pas être disponible dans la sortie.

2) Dans l'étendue allant de (0 à 100) kPa, une série d'essais limitée doit être réalisée, ces essais devant être explicitement indiqués dans les matrices de 6.2 et 6.3.

3) S: Variable simple.

4) Uniquement pour la compensation de la température.

5) La température interne doit être surveillée sur le dispositif d'affichage local pour tous les essais. Tout écart important par rapport à la température ambiante peut indiquer un défaut.

6) A: Variable auxiliaire.

Tableau 16 – Exemple d'énumération de fonctions pour un PMT à variables multiples à compensation de température (pression différentielle plus pression et température)

Numéro de référence	Valeurs mesurées (sorties) à respecter							Caractéristiques du capteur		Grandeurs physiques correspondantes à fournir au niveau d'une ou de plusieurs entrées		
	Variable mesurée	Étendue de mesure	Type de mesure		Itinéraire du flux de données vers:			Principe de mesure	Étendue de mesure	Grandeur	Source	
			Principale	Auxiliaire ¹⁾	Dispositif d'affichage local	Système extérieur	Sortie électrique, 4 mA à 20 mA				Grandeur physique	Simulateur
1	Pression différentielle	(0 à 100) kPa ²⁾	S ³⁾			X	X	Capacitif	(-500 à +500) kPa	Pression différentielle	X	
2 ⁴⁾	Température interne ⁵⁾	-40 °C à +50 °C		A ⁶⁾	X ¹⁾			RTD	(-40 à +100) °C	Température	X	
3	Pression statique	(0 à 10) MPa ²⁾	S ³⁾			X	X	Capacitif	(0 à +20) MPa	Pression	X	
4	Température du milieu du processus	-0 °C à +400 °C	S ³⁾			X	X	TC	(-0 à +500) °C	Température	X	
1) Ce paramètre auxiliaire peut ne pas être disponible dans la sortie. 2) Dans l'étendue allant de (0 à 100) kPa, une série d'essais limitée doit être réalisée, ces essais devant être explicitement indiqués dans les matrices de 6.2 et 6.3. 3) S: Variable simple. 4) Uniquement pour la compensation de la température. 5) La température interne doit être surveillée sur le dispositif d'affichage local pour tous les essais. Tout écart important par rapport à la température ambiante peut indiquer un défaut. 6) A: Variable auxiliaire.												

6.2 Essais de type aux conditions d'essais de référence normalisées

6.2.1 Généralités

Ces essais concernent l'exactitude, le comportement statique et le comportement dynamique du DUT.

Avant de commencer les essais, le bon fonctionnement du DUT doit être vérifié. Si le DUT possède un écran permettant d'afficher la valeur mesurée (et d'autres indications), son fonctionnement doit être vérifié visuellement pendant et après les essais (sections numériques manquantes, luminosité, contraste et angle de vue avant perte de luminosité/contraste).

6.2.2 Exactitude et facteurs associés

6.2.2.1 Généralités

L'essai d'exactitude vise à détecter le signal de sortie réel et à le comparer à la valeur déclarée.

6.2.2.2 Procédures d'essai applicables aux PMT analogiques et numériques

En présence de plages sélectionnables et de réglages, les essais doivent être répétés pour couvrir toutes les plages ou tous les réglages strictement nécessaires à la vérification des performances du PMT complet.

Si le DUT est fourni étalonné pour l'utilisation, le premier groupe d'essais doit être effectué sans réglage.

En règle générale, il convient d'évaluer les appareils, quant à leur exactitude, dans chacune des conditions qu'ils sont susceptibles de rencontrer en fonctionnement. Malheureusement, l'évaluation des performances dans toutes les combinaisons possibles de conditions de fonctionnement ne se révèle ni pratique ni économique. Une procédure d'essai normalisée est donc spécifiée pour des conditions en laboratoire. Elle permet de fournir suffisamment de données grâce auxquelles une prédiction des performances sur le terrain peut être obtenue. L'utilisation d'un petit nombre de conditions normalisées couvrant la plage simplifie les essais et permet de comparer plus facilement les essais réalisés sur différents appareils.

L'essai d'un PMT qui permet un réglage important de l'intervalle et de la valeur inférieure de la plage peut exiger un nombre d'essais important impossible à mettre en pratique. Dans ce cas, des essais préliminaires doivent être menés pour déterminer l'effet de la modification des réglages de l'intervalle et de la valeur inférieure de la plage sur la caractéristique mesurée. Il convient que cela permette de supprimer certains essais du programme d'essais dans les cas où les caractéristiques peuvent être déduites avec fiabilité d'essais moins nombreux. Par exemple, l'hystérèse peut ne pas être affectée de manière significative par la sélection des valeurs inférieure et supérieure de la plage si l'intervalle reste constant, et peut souvent être déduite pour des intervalles différents des mesurages effectués sur un seul intervalle.

Toutefois, le rapport doit indiquer clairement les valeurs pertinentes des paramètres mesurés pour chaque réglage, afin que les valeurs de l'imprécision, de l'hystérèse, etc., puissent toutes être référencées suivant le même réglage du PMT.

En règle générale, sauf spécification contraire dans le programme d'essais, l'essai sur les facteurs relatifs à l'exactitude doit être réalisé avec les réglages A, B, C et D du Tableau 7, si l'intervalle et/ou la valeur inférieure de la plage sont réglables au-delà des tolérances de fabrication.

Avant de commencer les essais, le DUT doit être préconditionné, en le plaçant dans les conditions ambiantes de l'essai suffisamment longtemps pour atteindre des conditions de température stables (en général au moins 1 h).

Si le DUT est sous tension, un délai supplémentaire suffisant doit pouvoir garantir la stabilisation de la température de fonctionnement du DUT. En l'absence de recommandations dans le programme d'essais, ce délai ne doit pas être inférieur à 30 min. L'équipement d'essai, pour les mesurages du signal d'entrée et de sortie, doit également pouvoir se stabiliser.

Avant de procéder à l'essai d'exactitude, le DUT doit être soumis à trois traversées complètes de la plage dans chaque sens.

Les performances du DUT doivent être vérifiées sur toute la plage pour les valeurs croissantes et décroissantes utilisant le même nombre d'échelons dans chaque sens.

Par exemple, si un échelon de 20 % est sélectionné, les valeurs de 20 %, 40 %, 60 %, 80 % et 100 % sont soumises à l'essai en montant, et les valeurs de 80 %, 60 %, 40 %, 20 % et 0 % sont soumises à l'essai en redescendant.

Le nombre de cycles de mesure et le nombre de points d'essais dépendent du type d'essai à l'étude. Sauf spécification contraire pour un type de PMT particulier, les valeurs qu'il convient d'adopter sont données au Tableau 6.

Initialement, un signal d'entrée égal à la valeur inférieure de la plage est généré, puis lentement augmenté pour atteindre, sans dépassement, le premier point d'essai. À l'issue

d'une période de stabilisation adéquate, la valeur du signal d'entrée et de sortie correspondant est enregistrée.

Ensuite, le signal d'entrée est lentement augmenté pour atteindre, sans dépassement, la valeur du point d'essai suivant et, à l'issue d'une période de stabilisation, la valeur correspondante du signal de sortie est enregistrée.

L'opération est répétée pour toutes les valeurs prédéterminées jusqu'à 100 % de l'intervalle d'entrée. Une fois les mesurages effectués à ce point, le signal d'entrée est diminué lentement à la valeur d'essai directement inférieure à 100 % de l'intervalle d'entrée, puis à toutes les autres valeurs à tour de rôle, jusqu'à 0 % de l'intervalle d'entrée, achevant ainsi le cycle de mesure.

NOTE Pour les PMT sans hystérèse (les transmetteurs de température, par exemple), un seul cycle de mesure peut être effectué, uniquement avec une augmentation (de préférence) ou une diminution de l'entrée.

6.2.2.3 Traitement des valeurs mesurées

Les différences entre les valeurs du signal de sortie obtenues aux différents points d'essais pour chaque traversée ascendante et descendante et les valeurs déclarées correspondantes sont enregistrées comme étant des erreurs de sortie.

En règle générale, les erreurs doivent être exprimées en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré.

Pour chaque point de mesure, les relevés obtenus lors des cycles successifs pour l'erreur ascendante et descendante, respectivement, doivent être moyennés pour donner les valeurs ascendante et descendante moyennes, lesquelles doivent être moyennées à leur tour pour obtenir la valeur moyenne à ce point.

Pour des raisons pratiques, toutes les valeurs d'erreur obtenues doivent être présentées dans un tableau (voir l'exemple du Tableau 17), et les valeurs moyennes présentées sous forme graphique (voir la Figure 3) pour obtenir l'exactitude ou l'incertitude de mesure, selon les définitions données à l'Article 3.

6.2.2.4 Détermination de l'exactitude

6.2.2.4.1 Généralités

Compte tenu du nombre limité de mesurages (voir le Tableau 6 par exemple), les facteurs suivants associés à l'exactitude doivent être déterminés en traitant les erreurs de manière simple (différence entre les valeurs mesurées et la valeur idéale ou la valeur de comparaison), comme indiqué par exemple au Tableau 17. Cette méthode simple s'applique à tous les paragraphes de 6.2.2.4.2 à 6.2.2.4.8.

6.2.2.4.2 Imprécision

L'imprécision est déterminée (voir l'exemple du Tableau 17) en sélectionnant les écarts positif et négatif les plus grands des valeurs mesurées par rapport à la valeur déclarée, pour les entrées ascendante et descendante, pour chaque cycle d'essai séparément, et en reportant ces écarts en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré.

Tableau 17 – Exemple de tableau d'erreurs de PMT

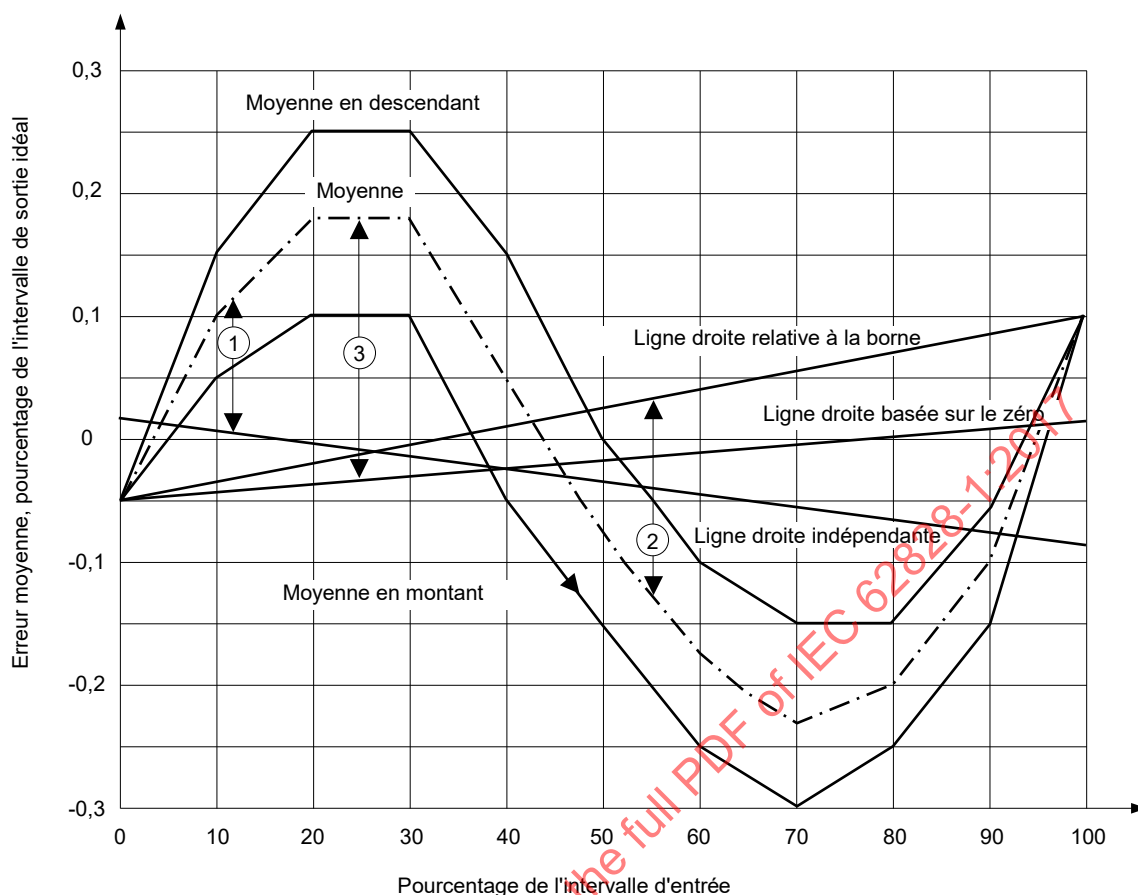
	1 ^{er} cycle		2 ^e cycle		3 ^e cycle		Moyenne des cycles		Moyenne totale
	Erreur (en % de l'intervalle idéal)								
Entrée en % de l'intervalle	Réelle en montant	Réelle en descendant	Réelle en montant	Réelle en descendant	Réelle en montant	Réelle en descendant	Réelle en montant	Moyenne en descendant	Erreur moyenne
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0		-0,04		-0,05		+0,06		-0,05	-0 050
10	+0,06	+0,14	+0,04	+0,15	+0,05	+0,16	+0,05	+0,15	+0 100
20	+0,13	+0,23	+0,08	+0,26	+0,09	+0,26	+0,10	+0,25	+0 175
30	+0,11	+0,24	+0,09	+0,25	+0,10	+0,26	+0,10	+0,25	+0 175
40	-0,04	+0,13	-0,07	+0,15	-0,04	+0,17	-0,05	+0,15	+0 050
50	-0,18	-0,02	-0,16	+0,01	-0,13	+0,01	-0,15	0,00	-0 075
60	-0,27	-0,12	-0,25	-0,10	-0,23	-0,08	-0 025	-0,10	-0 175
70	-0,32	-0,17	-0,30	-0,16	-0,28	-0,12	-0,30	-0,15	-0 225
80	-0,27	-0,17	-0,26	-0,15	-0,22	-0,13	-0,25	-0,15	-0 200
90	-0,16	-0,06	-0,15	-0,05	-0,14	-0,04	-0,15	-0,05	-0 100
100	+0,09		+0,11		+0,10		+0,10		+0 100

Non-répétabilité = +0,05 %

Hystérèse = +0,22 %
= erreur d'hystérèse + zone morte

Inexactitude = -0,32 % + 0,26 %

Erreur mesurée maximale = -0,30 %



- ① Non-linéarité indépendante = $\pm 0,2 \%$
- ② Non-linéarité relative à la borne = $-0,28 \%$ et à $\pm 0,28 \%$
- ③ Non-linéarité basée sur le zéro = $\pm 0,22 \%$

IEC

Figure 3 – Courbes d'erreur correspondant à l'exemple du Tableau 17

6.2.2.4.3 Erreur mesurée maximale

L'erreur mesurée maximale est déterminée (voir l'exemple du Tableau 17) en sélectionnant la plus grande valeur positive ou négative des erreurs ascendantes moyennes et des erreurs descendantes moyennes.

6.2.2.4.4 Non-linéarité

Pour les PMT présentant une relation entrée/sortie linéaire, la non-linéarité est déterminée à partir de la courbe tracée au moyen de la moyenne générale des erreurs moyennes ascendantes et descendantes correspondantes (voir l'exemple du Tableau 17 et la Figure 3 correspondante).

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

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

a) Non-linéarité relative à la borne

La non-linéarité relative à la borne est déterminée en dessinant une ligne droite de façon qu'elle coïncide avec la courbe d'étalonnage moyenne à la valeur supérieure de la plage et à la valeur inférieure de la plage.

NOTE Lorsque les étalonnages en atelier et les réglages sur le terrain sont faits, seule la non-linéarité relative à la borne présente un intérêt pratique.

b) Non-linéarité indépendante

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

c) Non-linéarité par rapport au zéro

La non-linéarité par rapport au zéro est déterminée en dessinant une ligne droite de façon qu'elle coïncide avec la courbe d'étalonnage moyenne à la valeur inférieure de la plage (zéro) et de manière à réduire le plus possible l'écart maximal.

Dans toutes les déclarations relatives au calcul de linéarité et d'exactitude, la non-linéarité relative à la borne doit toujours être utilisée.

6.2.2.4.5 Non-conformité

La non-conformité (non-conformité relative à la borne, non-conformité indépendante et non-conformité par rapport au zéro) est utilisée pour les PMT qui présentent une relation entrée/sortie non linéaire (logarithme, racine carrée, etc.).

La non-conformité est déterminée et présentée au moyen des mêmes procédures que la non-linéarité.

Dans toutes les déclarations relatives au calcul de conformité et d'exactitude, la non-conformité relative à la borne doit toujours être utilisée.

6.2.2.4.6 Hystérèse

L'hystérèse est déterminée directement à partir des valeurs d'écart (voir l'exemple du Tableau 17), comme la différence entre les sorties ascendante et descendante consécutives pour un cycle d'essai au même point d'essai.

La valeur maximale observée à partir de tous les cycles d'essai est consignée comme étant "l'hystérèse" et doit être exprimée en pourcentage de l'intervalle de sortie idéal. Si exigée, l'erreur d'hystérèse peut être déterminée en soustrayant la valeur de la zone morte de la valeur d'hystérèse correspondante pour un point de mesure donné. Sa valeur maximale peut être consignée comme étant une "erreur d'hystérèse" en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré.

NOTE La zone morte peut être déterminée à 50 % du signal d'entrée en augmentant et diminuant le signal d'entrée jusqu'à ce que le signal de sortie varie, mais dans le présent PMT, cet écart est très faible, et cet essai peut donc être éliminé.

6.2.2.4.7 Non-répétabilité

La non-répétabilité est la différence algébrique entre les valeurs extrêmes obtenues en effectuant un certain nombre de mesurages consécutifs de la valeur de sortie pendant une courte période, pour la même valeur d'entrée, dans les mêmes conditions de fonctionnement, en allant dans le même sens, et pour des traversées de toute la plage.

La non-répétabilité est habituellement exprimée en pourcentage d'un intervalle de sortie idéal et n'inclut pas l'hystérèse.

La non-répétabilité est déterminée (voir l'exemple du Tableau 17) à partir de la différence maximale en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré, entre toutes les valeurs de sortie pour toute valeur d'entrée unique, en tenant compte séparément des courbes ascendante et descendante. La valeur maximale découlant de la valeur ascendante ou descendante est consignée comme étant la non-répétabilité.

6.2.2.4.8 Présentation des résultats

Les résultats des mesurages réalisés pour évaluer les valeurs d'imprécision, d'erreur mesurée, de non-linéarité, de non-conformité, d'hystérèse et de non-répétabilité doivent être déterminés selon les spécifications précédentes de 6.2.2.4.2 à 6.2.2.4.7, et doivent être présentés dans le rapport d'essai en incluant les tableaux et figures (voir l'exemple du Tableau 17 et de la Figure 3).

Pour les essais de réception, les valeurs correspondantes des mêmes facteurs relatifs à l'exactitude spécifiés par le fabricant doivent être présentées sous forme de tableau en même temps que les valeurs déterminées à l'issue des essais. L'exactitude de l'appareil peut être dite conforme à sa spécification lorsque les valeurs mesurées sont supérieures ou égales aux valeurs déclarées.

NOTE Le fabricant peut déclarer les termes relatifs à l'exactitude par de différentes manières, par exemple en tant qu'imprécision (qui inclut l'hystérèse et la non-répétabilité) et hystérèse, en tant qu'erreur mesurée (qui inclut l'hystérèse) et hystérèse, voire en tant que non-linéarité/non-conformité (qui exclut l'hystérèse), hystérèse et zone morte.

Dans l'exemple du Tableau 17, l'imprécision trouvée varie entre $-0,32\%$ et $+0,26\%$ en fonction de l'entrée. Par conséquent, si l'exactitude assignée spécifiée par le fabricant est, par exemple, de $\pm 0,35\%$, cette valeur spécifiée est respectée.

6.2.2.5 Détermination de l'incertitude de mesure

Les résultats obtenus à l'issue des mesurages, tels que ceux reportés au Tableau 17, peuvent être traités pour déterminer l'incertitude de mesure conformément aux documents suivants:

- *Vocabulaire international de métrologie* (VIM: ISO/IEC Guide 99:2007);
- *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM: ISO/IEC Guide 98-3:2008).

Une brève description de l'approche est donnée à l'Annexe E.

6.2.3 Comportement statique

6.2.3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, pour évaluer le comportement statique des PMT avec sortie analogique ou numérique, il n'est pas utile de soumettre à l'essai toutes les configurations possibles. La configuration soumise à l'essai doit être représentative de l'utilisation classique du PMT en cours d'évaluation. Le fabricant doit spécifier la configuration à adopter.

6.2.3.2 Résistance d'isolement

Le DUT doit être installé en fonctionnement normal. La résistance d'isolement de chaque circuit d'entrée et de sortie doit être mesurée par rapport à la terre. L'essai doit être réalisé sur le DUT hors tension en appliquant la tension d'essai en courant continu tour à tour entre les bornes court-circuitées d'entrée, de sortie et d'alimentation, et l'enveloppe connectée à la terre.

Pour éviter les pointes de courant, la tension d'essai appliquée doit être progressivement élevée à sa pleine valeur et, à la fin de la période d'essai, doit être progressivement

diminuée. Sauf accord contraire, la tension d'essai en courant continu nominale doit être de 500 V, conformément à l'IEC 61010-1.

Après l'application de la tension d'essai complète pendant au moins 30 s, la valeur de la résistance d'isolement doit être mesurée avec l'équipement approprié. La valeur mesurée doit être conforme aux données déclarées par le fabricant.

6.2.3.3 Résistance diélectrique

La valeur efficace de la tension d'essai doit être déterminée en référence à la valeur de la tension assignée (ou tension d'isolement) indiquée dans l'IEC 61010-1 et/ou dans la norme nationale. Le DUT étant hors tension et le boîtier (le cas échéant) étant fixé, la tension d'essai doit être appliquée tour à tour entre les bornes d'entrée, de sortie et d'alimentation et la terre. Pendant chaque essai, le boîtier et les bornes qui ne sont pas directement concernées doivent être connectés ensemble et mis à la terre.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement à sa valeur spécifiée, par échelons, de sorte qu'aucun courant transitoire important ne se produise, et doit être ensuite maintenue au niveau spécifié pendant 1 min.

Pendant l'essai, aucune rupture ni aucun contournement ne doivent se produire.

6.2.3.4 Consommation de puissance

Cet essai a pour objet de déterminer la consommation de puissance du DUT dans les conditions d'alimentation normales.

L'essai doit être conduit dans les conditions d'entrée et de charge qui produisent la consommation de puissance maximale du DUT.

Si le PMT est alimenté en courant alternatif, la puissance absorbée doit être mesurée, en tenant compte des mesurages des valeurs efficaces. Le mesurage doit être réalisé aux tension et fréquence nominales, à la tension maximale et à la fréquence minimale spécifiées par le fabricant pour l'alimentation donnée.

Pour les PMT alimentés en courant continu, le courant absorbé doit être mesuré à la tension d'alimentation nominale.

La valeur mesurée doit être conforme aux données déclarées par le fabricant.

6.2.3.5 Zone d'exploitation

Pour les PMT analogiques à deux fils (sortie de courant alimenté par boucle), la région de fonctionnement doit être vérifiée en faisant varier le signal d'entrée entre 0 % et 100 %, et en contrôlant le signal de sortie correspondant à:

- à la tension d'alimentation minimale et à la résistance de charge minimale, et
- à la tension d'alimentation maximale et à la résistance de charge maximale.

Pour toutes les combinaisons tension/charge dans la zone de fonctionnement, le signal de sortie ne doit pas varier.

6.2.3.6 Influence des variations de l'alimentation

Pour tous les PMT, à l'exception des transmetteurs analogiques alimentés par boucle couverts par 6.2.3.5, l'essai doit être réalisé en faisant varier le signal d'entrée entre 0 % et 100 %, puis en vérifiant le signal de sortie correspondant, aux variations de tension d'alimentation et de fréquences suivantes (le cas échéant):

- tension: valeur nominale, valeur maximale, valeur minimale
- fréquence: valeur nominale, valeur maximale, valeur minimale

où les valeurs maximale et minimale sont définies en fonction des classes d'alimentation du PMT définies au Tableau 5.

Chaque valeur de tension doit être combinée à chaque valeur de fréquence, de sorte que le résultat consiste en neuf séries de mesurages pour les alimentations en courant alternatif ou en trois séries de mesurages pour les alimentations en courant continu.

Les variations de tension et de fréquence doivent être lentes et progressives. Les mesurages à 0 % et 100 % de la sortie doivent être réalisés dans les conditions de régime établi de tension et de fréquence.

Les variations à 0 % et 100 % de la sortie doivent être indiquées en pourcentage de l'intervalle.

Pour les essais de réception, les variations de sortie par rapport aux conditions nominales doivent rester dans les limites des valeurs spécifiées pour le DUT pour chaque combinaison de tension/fréquence.

6.2.3.7 Effets de la charge de sortie

Cet essai a pour objet de déterminer les effets d'une variation de la charge de sortie sur le signal de sortie des PMT analogiques.

Pour déterminer l'effet sur un signal de sortie électrique, la résistance de charge doit varier entre la valeur minimale à la valeur maximale spécifiées par le fabricant. Toute modification de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle du fait de ces variations doit être exprimée en pourcentage de l'intervalle de sortie. La chute de tension de sortie au niveau du DUT à la valeur supérieure de la plage doit également être enregistrée si le DUT est un PMT à deux fils. Il convient de tenir compte de l'effet de la connexion de charges capacitatives ou inductives.

Pour les essais de réception, les variations de sortie par rapport à leur valeur nominale doivent rester dans les limites des valeurs spécifiées pour le DUT pour toutes les valeurs de charge appliquées.

6.2.3.8 Ondulation de sortie

Les valeurs de crête à crête maximales et la composante de fréquence fondamentale d'une ondulation de la sortie des PMT analogiques doivent être mesurées et enregistrées avec des signaux d'entrée à 10 % et 90 % aux charges minimale et maximale spécifiées pour le DUT.

Pour les essais de réception, l'ondulation de sortie doit rester dans les limites des valeurs spécifiées pour le DUT pour toutes les conditions d'essai.

6.2.3.9 Dépassement

Cet essai doit être réalisé en mesurant toutes les variations de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle qui résultent du dépassement de l'entrée de 50 % par rapport aux réglages minimal et maximal de l'intervalle, sauf spécification contraire par le fabricant pour éviter les dommages.

L'entrée doit être augmentée progressivement en partant de la valeur inférieure de la plage jusqu'au dépassement sélectionné pour l'essai.

Après que le dépassement a été appliqué pendant 1 min, l'entrée doit être réduite à la valeur inférieure nominale de la plage.

NOTE Si le dépassement produit des effets thermiques significatifs, la durée d'application est augmentée pour atteindre une condition thermique stable.

Au bout de 5 min supplémentaires, la valeur inférieure de la plage et l'intervalle doivent être déterminés en pourcentage de l'intervalle de sortie.

Si le DUT doit être soumis à l'essai pour l'effet de dépassement dans les deux sens, comme pour les PMT de mesure différentielle et les PMT dont l'entrée peut être inférieure à la valeur inférieure de la plage et supérieure à la valeur supérieure de la plage, il doit être soumis à l'essai comme indiqué ci-dessus, tout d'abord en dépassant la valeur supérieure de la plage, puis en dépassant la valeur inférieure de la plage.

Toutes les variations de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle déterminée après le dépassement dans chaque sens doivent être enregistrées. Pour les essais de réception, ces variations doivent rester dans les limites des valeurs spécifiées pour le DUT.

6.2.3.10 Position de montage

Si le DUT est susceptible d'être sensible à la position, la variation de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle provoquée par des inclinaisons de 10° par rapport aux positions spécifiées par le fabricant doit être mesurée et enregistrée en pourcentage de l'intervalle de sortie.

Quatre mesurages doivent être réalisés avec l'inclinaison appliquée dans deux plans à angle droit l'un par rapport à l'autre.

Si une inclinaison de 10° est excessive en raison de la conception du DUT, l'inclinaison maximale spécifiée par le fabricant doit être utilisée.

Toutes les variations de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle déterminée dans chaque position d'essai doivent être enregistrées. Pour les essais de réception, ces variations doivent rester dans les limites des valeurs spécifiées pour le DUT.

6.2.4 Comportement dynamique

6.2.4.1 Généralités

Le présent paragraphe a pour objet de définir les procédures d'essais pour l'évaluation du comportement dynamique du PMT à sortie analogique ou numérique.

La configuration soumise à l'essai doit être représentative de l'utilisation classique du PMT en cours d'évaluation. Le fabricant doit spécifier la configuration à adopter et les valeurs de performance à satisfaire pour chaque caractéristique.

Un échelon et des signaux d'entrée sinusoïdaux peuvent être utilisés pour obtenir la réponse dynamique du PMT.

Les données d'essais sinusoïdales sont souvent utiles pour l'analyse mathématique, pour la solution graphique de problèmes de commande et pour la caractérisation des performances dynamiques des systèmes linéaires.

Les essais par échelons permettent de mesurer le temps mort et la constante de temps.

Pour définir un nombre d'essais pratique, il est nécessaire de n'adopter qu'une seule valeur de charge de sortie et qu'un nombre minimal de configurations de signaux d'entrée.

Il est admis que les données des essais par échelons et sinusoïdaux spécifiés ne suffisent pas à décrire complètement le comportement dynamique du PMT. Toutefois, en suivant les exigences du présent document, des données comparables, utiles pour identifier le comportement dynamique des PMT simples et pour donner des indications qualitatives pour les plus complexes, peuvent être collectées. Dans certains cas, des essais plus détaillés peuvent être spécifiés dans le programme d'essais.

NOTE Les charges de sortie spécifiées et les niveaux de signaux d'entrée sont suffisants pour donner des données valides pour les exigences d'essais les plus courantes, et des indications qualitatives sur l'effet de signaux aux variations importantes inhabituelles.

Selon leur principe de construction, tous les PMT ne peuvent pas être soumis à l'essai pour tous les paramètres spécifiés dans les paragraphes suivants.

6.2.4.2 Réponse à un échelon

Une série de variations en échelon doit être appliquée à l'entrée du DUT. Le temps de montée de l'entrée d'échelon doit être faible par rapport au temps de réponse du DUT.

L'échelon d'entrée et la réponse de sortie doivent être enregistrés ensemble.

Les échelons d'entrée préférentiels suivants sont appliqués:

- un échelon correspondant à 80 % de l'intervalle de sortie, donnant une variation de sortie comprise entre 10 % et 90 %, puis une autre comprise entre 90 % et 10 %;
- des échelons correspondant à 10 % de l'intervalle de sortie, donnant les variations de sortie croissantes et décroissantes suivantes:
5 % à 15 %, 45 % à 55 % et 85 % à 95 %.

Le temps nécessaire pour que la sortie atteigne et reste dans les limites de 1 % de l'intervalle de sortie de sa valeur stable finale (durée d'établissement) doit être mesuré pour chaque condition d'essai. La quantité de temps mort et de dépassement transitoire, le cas échéant, doit être déclarée (voir la Figure 4 et la Figure 5).

NOTE Le mesurage du temps de réponse à un échelon à 90 % ou de la constante de temps à 63 % peut également être utile.

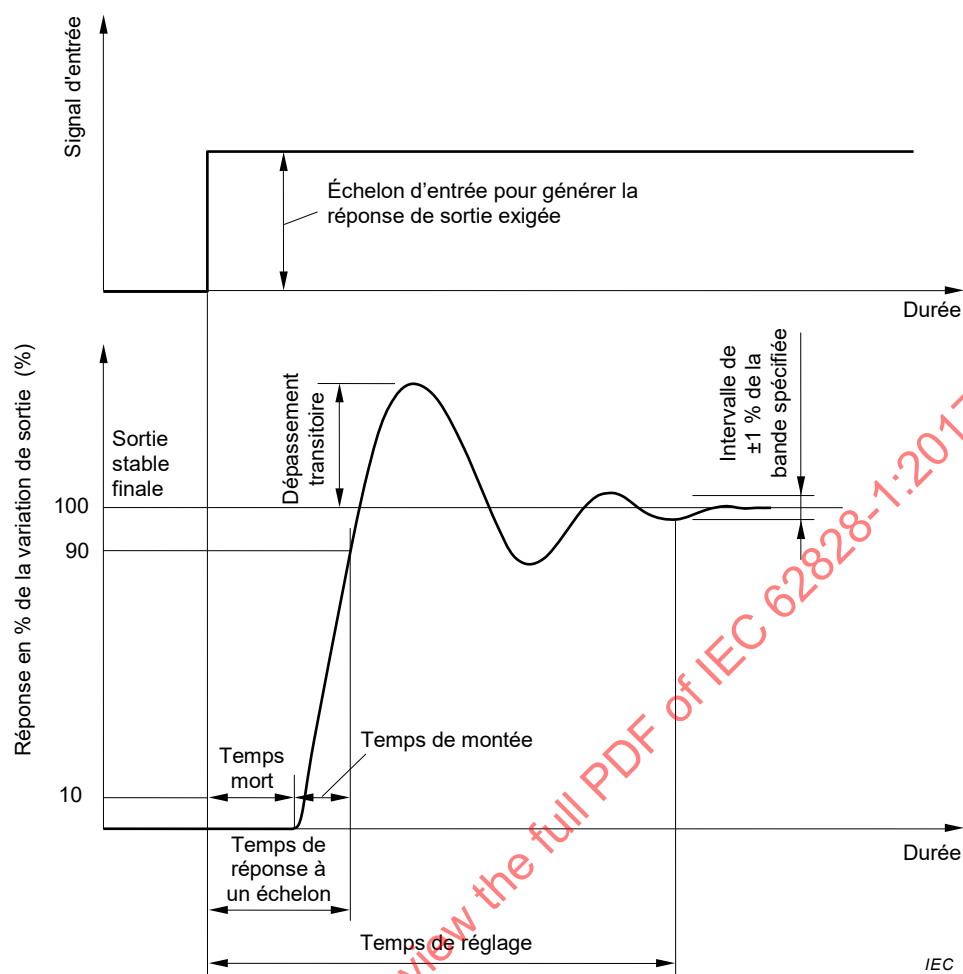


Figure 4 – Exemple de réponses à une entrée d'échelon avec taux de dépassement

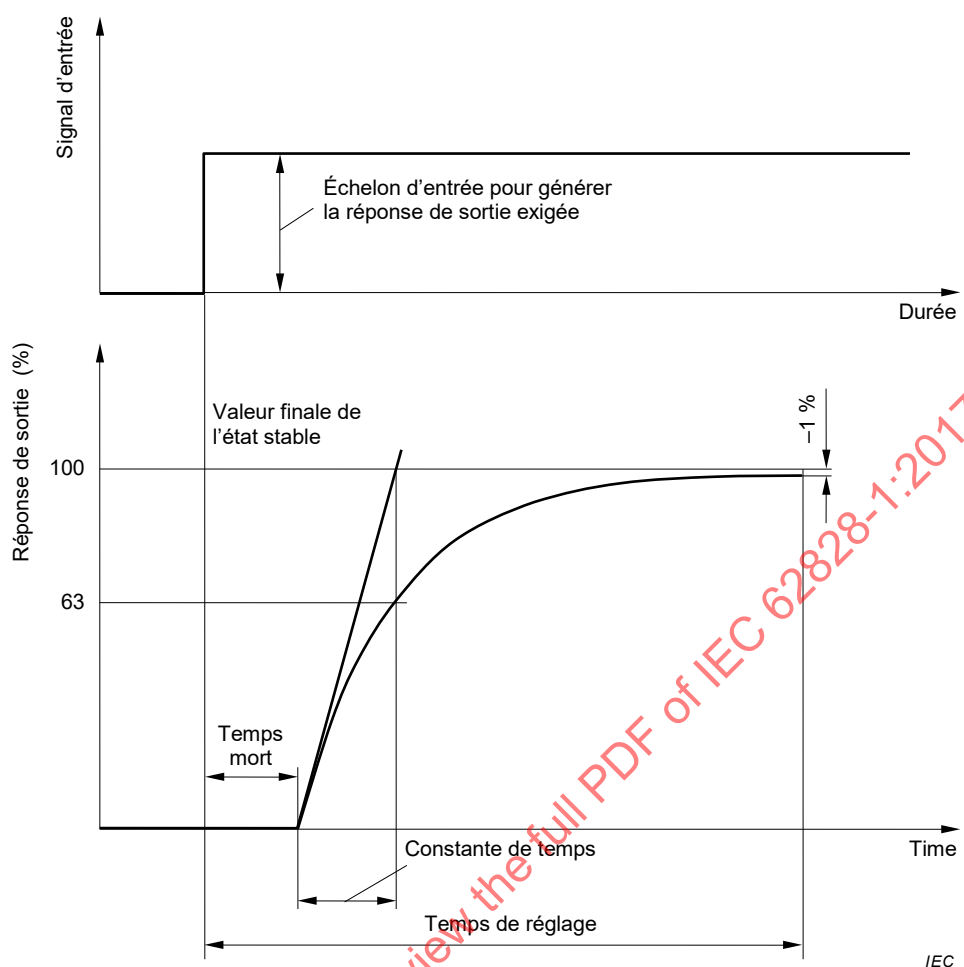


Figure 5 – Exemple de réponses à une entrée d'échelon sans taux de dépassement

6.2.4.3 Réponse en fréquence

Un signal sinusoïdal doit être appliqué par un générateur de fonction à l'entrée du DUT.

Il convient que l'amplitude de crête à crête du signal sinusoïdal ne dépasse pas 20 % de l'intervalle, mais elle doit être suffisante pour permettre un mesurage valide sans provoquer de distorsion ou de saturation de la sortie.

La fréquence du signal d'entrée doit être augmentée par incréments, à partir d'une valeur initiale suffisamment basse pour déterminer le gain statique, jusqu'à une fréquence plus élevée à laquelle la sortie est atténuée à moins de 10 % de son amplitude initiale ou à laquelle le retard de phase est égal à 300° .

Au moins un cycle complet de l'entrée et de la sortie doit être enregistré simultanément à chaque échelon de fréquence.

Les résultats de ces essais doivent être présentés sous forme graphique comme suit (voir la Figure 6 et la Figure 7): le gain et le retard de phase doivent être tracés en fonction de la fréquence sur une échelle logarithmique.

À partir des graphiques, les valeurs suivantes doivent être obtenues:

- la fréquence à laquelle le gain relatif est égal à 0,7;
- la fréquence à laquelle le retard de phase est égal à 45° ;
- la fréquence à laquelle le retard de phase est égal à 90° ;

d) le gain relatif maximal, la fréquence et l'angle de phase correspondants.

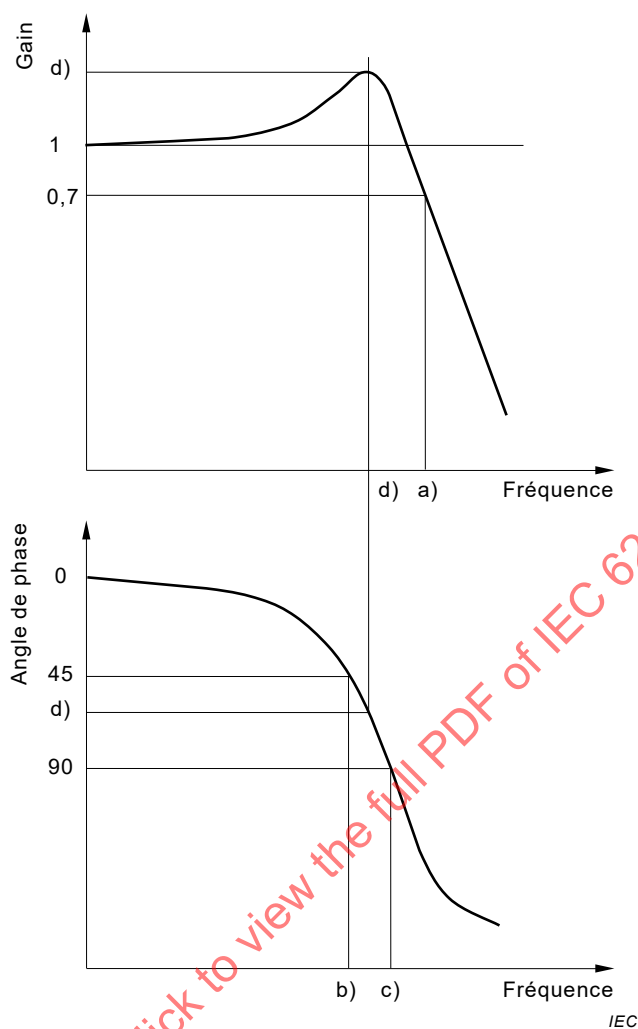


Figure 6 – Exemple 1 de réponse en fréquence

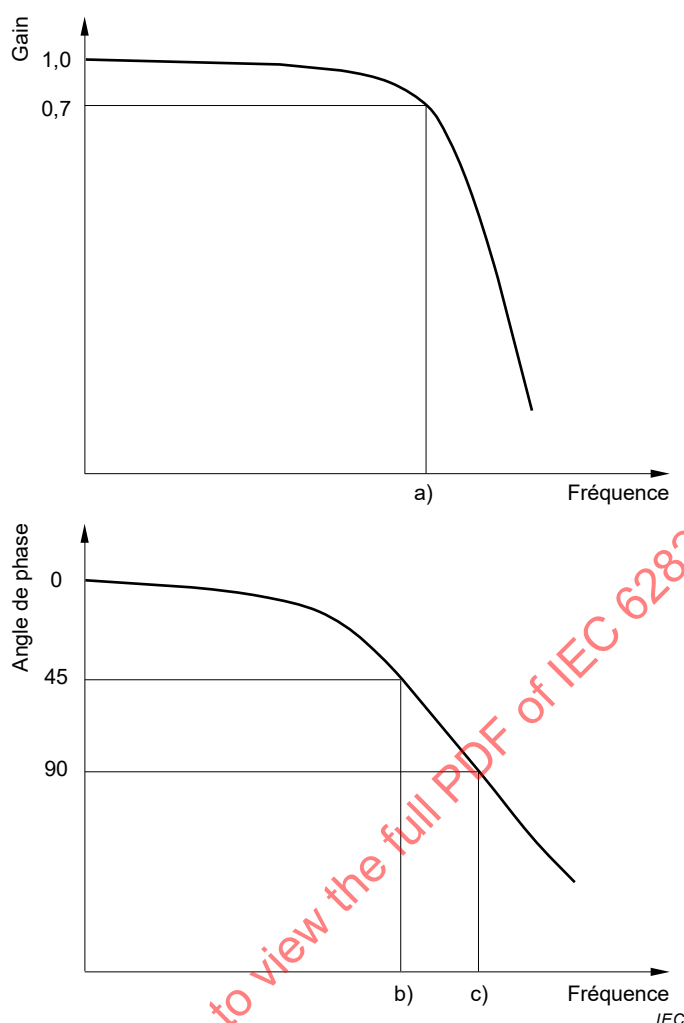


Figure 7 – Exemple 2 de réponse en fréquence

6.2.4.4 Caractéristiques de la dérive

6.2.4.4.1 Dérive au démarrage

Cet essai doit être réalisé en mesurant les variations de la sortie qui se produisent après la mise sous tension du DUT.

Avant l'essai, le PMT est soumis aux conditions environnementales ambiantes, ou telles que conseillées par le fabricant, pendant au moins 12 h, mais il n'est pas mis sous tension. Il convient d'ajuster l'intervalle à la moyenne approximative des intervalles maximal et minimal, la valeur inférieure de la plage étant approximativement définie au point intermédiaire de sa plage de réglage admissible.

Avec 90 % du signal d'entrée appliqué au PMT, il convient de le mettre sous tension, et de surveiller la sortie tant qu'elle n'est pas stabilisée (pendant une période maximale de 4 h). Les mesures obtenues doivent être enregistrées, et la dérive au démarrage consignée comme étant la durée nécessaire à la sortie pour atteindre et rester dans les limites spécifiées par le fabricant.

6.2.4.4.2 Dérive à long terme

Le PMT doit fonctionner pendant 30 jours et, dans la mesure du possible, un signal d'entrée stable correspondant à 90 % de l'intervalle doit être conservé.

Il convient d'ajuster l'intervalle à la moyenne approximative des intervalles maximal et minimal, la valeur inférieure de la plage étant approximativement définie au point intermédiaire de sa plage de réglage admissible.

Pour les PMT dont une entrée est intermittente ou simple, ou pour lesquels il n'est pas pratique de conserver un signal d'entrée d'essai constant (certains types d'analyseurs, par exemple), une entrée correspondant à 90 % de l'intervalle doit être appliquée au moins une fois par jour. L'entrée et la sortie doivent être mesurées, de préférence chaque jour ouvré, et la dérive en sortie déterminée et corrigée par calcul pour chaque petite variation de l'entrée. Il convient de s'assurer que les variations dues aux conditions environnementales ambiantes autres que le temps ne masquent pas les effets de la dérive à long terme. La valeur inférieure de la plage et l'intervalle doivent être mesurés et enregistrés immédiatement avant et après la période d'essai de 30 jours. Il convient de traiter les données mesurées pour déterminer la ligne droite la mieux adaptée et vérifier s'il existe une dérive dans un sens ou une dérive aléatoire.

6.2.4.4.3 Stabilité à long terme

La stabilité à long terme sur une période de 6 mois, 1 an, 2 ans ou 5 ans doit être spécifiée.

NOTE Parfois, une stabilité sur la durée de vie est également spécifiée.

Les résultats des essais accélérés, les données de terrain ou l'évaluation statistique peuvent être utilisés pour évaluer la stabilité à long terme.

6.3 Essais de type aux conditions d'essais de référence de fonctionnement

6.3.1 Généralités

Le présent paragraphe a pour objet de définir les procédures d'évaluation de l'influence des conditions de fonctionnement des PMT à sortie analogique ou numérique.

Sauf spécification contraire par l'essai spécifique (effets de la température ambiante, par exemple) ou en raison d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur pour une application spécifique, les évaluations suivantes doivent être réalisées dans les conditions atmosphériques de référence spécifiées au Tableau 1.

La configuration soumise à l'essai doit être représentative de l'utilisation classique du PMT en cours d'évaluation. Dans le cas des essais de réception, le fabricant doit spécifier la configuration à adopter et les valeurs de performance à satisfaire pour chaque caractéristique.

6.3.2 Effets de la température ambiante

Comme spécifié dans l'IEC 60068-2-1 et l'IEC 60068-2-2, une durée suffisante doit être admise pour assurer la stabilisation thermique du DUT avant de procéder aux mesurages d'essai à chaque température d'essai.

La période de stabilisation dépend de la masse du DUT et de la dissipation énergétique. Elle est généralement vérifiée en enregistrant le signal de sortie du DUT. Elle peut durer jusqu'à 3 h.

Quel que soit le cycle de température prescrit, pendant les cycles de température, il est important de réaliser les mesurages à la même température pendant chaque cycle, afin de permettre la comparaison.

Les effets de la température ambiante doivent être mesurés dans la plage de températures spécifiée par le fabricant ou, si ce dernier n'a formulé aucune spécification, selon les limites données au Tableau 2.

Il convient que les limites d'essai pour la température ambiante soient adaptées aux températures à l'emplacement de fonctionnement prévu du DUT.

L'essai doit être réalisé en procédant au même essai de performance à chaque température ambiante d'essai sélectionnée, en commençant par la température de référence (+20 °C).

En règle générale, il convient de choisir les températures ambiantes d'essai à intervalles de 20 °C, jusqu'aux limites de température spécifiées pour le DUT.

Par exemple, dans le cas d'une température de Classe C2, il convient que le cycle de température d'essai soit de +20 °C (référence), +40 °C, +55 °C, +20 °C, 0 °C, -25 °C, +20 °C.

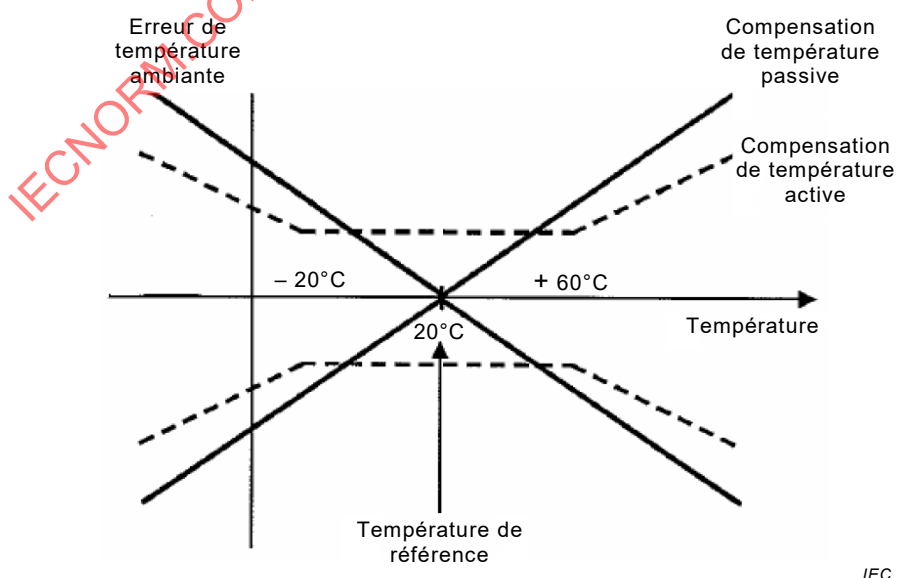
Sous réserve d'un accord entre toutes les parties convenu dans le programme d'essais, un essai à quatre températures seulement, 20 °C (référence), maximale, minimale et 20 °C, peut être suffisant.

Il convient que la tolérance pour chaque température d'essai soit de ± 2 °C, et que le taux de variation de la température ambiante soit inférieur à 1 °C par minute. Aucun réglage ne doit être effectué sur le DUT pendant le cycle d'essai.

Un deuxième ou un troisième cycle de température, sans réglage sur le DUT, peut être spécifié dans le programme d'essais. À chaque température d'essai, les données doivent être enregistrées pour les valeurs croissante et décroissante de la sortie tous les 25 % de l'intervalle.

Les variations de sortie à chaque valeur d'essai doivent être calculées à partir de la moyenne des relevés ascendants et descendants et consignées en pourcentage de l'intervalle de sortie déclaré. Toute variation significative de l'hystérèse, de la linéarité ou de la répétabilité doit également être calculée et consignée.

L'influence de la température ambiante sur la sortie nulle et l'intervalle doit être exprimée comme une erreur totale sur une plage de températures donnée (- 20 °C à + 60 °C avec compensation de température active, par exemple) ou comme un coefficient de température spécifié en %/10 K (% de l'intervalle pour la compensation de température passive). La Figure 8 est un exemple de schéma pour les différentes options de compensation.



IEC

Figure 8 – Exemple de schéma des options de compensation

Les éventuels effets sur un indicateur d'affichage numérique doivent également être consignés, y compris la perte de contraste, la luminosité, la distorsion ou les bits manquants.

6.3.3 Effets de l'humidité relative ambiante

Les effets de l'humidité relative doivent être mesurés dans la plage d'humidité spécifiée au Tableau 3.

Il convient que les limites d'essai pour l'humidité soient adaptées aux températures à l'emplacement de fonctionnement prévu du DUT.

En règle générale, les effets de l'humidité relative ambiante doivent être déterminés à la température nominale de 40 °C et au taux d'humidité relative nominale de 95 %, et donc de façon adaptée seulement aux DUT conçus pour des applications dans les lieux normalisés selon l'IEC 60654-1, Classe B, C et D (pour les DUT de classe A, l'essai d'humidité n'est habituellement pas nécessaire).

Comme spécifié dans l'IEC 60068-2-78, les effets de l'humidité relative ambiante doivent être déterminés en plaçant le DUT dans une chambre d'essai d'humidité dans laquelle il convient de contrôler la valeur de l'humidité relative dans les limites de + 2 % à – 3 % du niveau maximal spécifié d'humidité relative.

Le DUT doit être stabilisé à l'humidité relative de référence < 60 % à la température de 40 °C ± 2 °C.

Les mesurages doivent être réalisés tous les 25 % de l'intervalle de sortie dans les deux sens.

L'humidité relative doit ensuite être augmentée en 3 h au moins à (93^{+2}_{-3}) % en évitant le dépôt de condensation sur le DUT, et maintenue à cette valeur pendant au moins 48 h. Si cela a été convenu dans le programme d'essais, le DUT peut être mis hors tension pendant cette période.

Les mesurages doivent être de nouveau réalisés tous les 25 % de l'intervalle de sortie dans les deux sens.

Le DUT restant en fonctionnement, l'humidité relative doit être réduite en 3 h au moins à la valeur de référence d'origine de < 60 %.

Après une stabilisation pendant au moins 12 h, les mesurages doivent être répétés.

Toute variation de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle doit être calculée et consignée en pourcentage de l'intervalle de sortie.

De plus, il convient de calculer et de consigner toutes les variations significatives de l'hystérèse, de la linéarité ou de la répétabilité.

De plus, un examen visuel doit être réalisé après l'essai pour détecter une éventuelle détérioration des composants ou la présence d'humidité ayant pénétré dans les enveloppes fermées.

6.3.4 Effets de vibrations

6.3.4.1 Généralités

Les procédures générales de cet essai satisfont à la procédure d'essai décrite dans l'IEC 60068-2-6, les plages et valeurs des vibrations satisfaisant à celles de l'IEC 60654-3.

L'effet des vibrations doit être déterminé par la procédure suivante à l'aide des amplitudes de crête, des niveaux d'accélération et des plages de fréquences indiqués au Tableau 4 ou spécifiés par le fabricant.

Les mesurages doivent être effectués avant et après l'exposition aux vibrations.

Le DUT doit être monté, conformément aux instructions du fabricant pour une installation normale, sur une table vibrante sur laquelle il doit être soumis à des vibrations sinusoïdales rectilignes dans chacun de trois axes mutuellement perpendiculaires, dont l'un doit être vertical.

La rigidité de la table vibrante et des moyens de montage du DUT doit être telle que la vibration soit transférée au point de montage normal du DUT avec un minimum de perte ou de gain.

Le niveau de vibration de l'essai doit être mesuré au point de montage normal du DUT.

Les vibrations doivent être appliquées DUT sous tension et fonctionnant avec un signal d'entrée à 50 %.

Le signal de sortie doit être enregistré afin de signaler toute variation de la sortie.

La fréquence de transfert est la région de variation par rapport à l'amplitude constante et l'accélération constante.

Les essais de vibrations doivent inclure les trois étapes suivantes:

- une recherche initiale de résonance;
- une épreuve d'endurance par balayage de la fréquence sur la plage de fréquences appropriée spécifiée au Tableau 4 (ou sur une autre plage indiquée dans l'IEC 60654-3), ou comme spécifiée par le fabricant ou l'utilisateur;
- une recherche finale de résonance.

Ces trois étapes doivent être exécutées successivement. À chaque étape, le DUT doit être soumis à des vibrations dans chacun des trois axes principaux avant de passer à l'étape suivante.

6.3.4.2 Recherche initiale de résonance

La recherche initiale de résonance doit être effectuée pour étudier le comportement du DUT afin de déterminer toutes les résonances éventuelles des composants et les fréquences de résonance correspondantes, et d'obtenir des informations permettant la comparaison avec la recherche finale de résonance.

La vitesse de balayage ne doit pas être supérieure à 0,5 octave par minute.

Pendant la recherche de résonance, les fréquences qui entraînent les effets suivants doivent être notées:

- a) des variations importantes du signal de sortie;
- b) des résonances mécaniques des composants ou des sous-assemblages.

Toutes les amplitudes et fréquences auxquelles ces effets se produisent doivent être enregistrées afin de les comparer à celles trouvées lors de la recherche finale de résonance spécifiée ci-dessous.

6.3.4.3 Épreuve d'endurance par balayage

L'essai est réalisé en balayant la fréquence de vibration à une vitesse d'une octave par minute sur la plage sélectionnée.

Il convient que le nombre total de balayages soit égal à 60, c'est-à-dire 20 dans chacune des trois directions mutuellement perpendiculaires.

6.3.4.4 Recherche finale de résonance

La recherche finale de résonance doit être réalisée de la même manière que la recherche initiale de résonance et avec les mêmes caractéristiques de vibration.

Les fréquences de résonance et les fréquences donnant lieu à des variations significatives du signal de sortie trouvées dans la recherche initiale de résonance et la recherche finale de résonance doivent être comparées.

6.3.4.5 Mesurages finaux

Le bon état mécanique du DUT doit être vérifié à la fin des essais par un examen visuel visant à détecter les déformations ou fissures dans les composants ou les montages.

La bonne performance du DUT doit être vérifiée au moyen d'un essai de mesure. Toute variation de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle doit être enregistrée en pourcentage de l'intervalle de sortie.

6.3.5 Chocs, chutes et renversement

L'essai doit être réalisé conformément à l'IEC 60654-3, en adoptant les méthodes d'essai définies dans l'IEC 60068-2-27 et l'IEC 60068-2-31, sauf spécification contraire du fabricant.

Avant l'essai, les mesures de référence de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle doivent être enregistrées.

Pendant l'essai, l'alimentation et les entrées peuvent être mises hors tension.

Cet essai a pour objet:

- de représenter les coups et les à-coups susceptibles de se produire durant un travail de réparation ou une manipulation brusque;
- de vérifier le degré minimal de robustesse mécanique.

La procédure de "chute sur une face" doit être appliquée comme suit:

Le DUT, en position d'utilisation normale sur une surface lisse, dure et rigide de béton ou d'acier, est incliné selon un angle inférieur, de sorte que la distance entre le bord opposé et la surface d'essai soit égale à 25 mm, 50 mm ou 100 mm (valeur choisie dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur) ou de sorte que l'angle entre le fond et la surface d'essai soit égal à 30°, en choisissant la condition la moins sévère. Il peut ensuite être lâché pour tomber librement sur la surface d'essai.

Le DUT doit être soumis à une chute sur chacun des quatre angles inférieurs.

À l'issue de cet essai, le DUT doit être examiné en vue de détecter d'éventuels dommages.

Toute variation de la valeur inférieure de la plage et de l'intervalle doit être enregistrée.

Si des variations sont notées, le fait que le DUT peut être réajusté de manière à pouvoir établir de nouveau la performance initiale doit être vérifié.

NOTE Dans certains cas particuliers, par accord, il est possible d'utiliser l'un des autres essais de chocs définis dans l'IEC 60068-2-31 (l'essai de chute et renversement, par exemple).

6.3.6 Essai de durée de vie fonctionnel accéléré

Le DUT incorporant des parties mécaniques ou électromécaniques doit être connecté comme pour un fonctionnement normal.

Une entrée en courant alternatif à amplitude de crête à crête égale à la moitié de l'intervalle et centrée à la moyenne des valeurs supérieure et inférieure de la plage doit être appliquée.

La fréquence doit être telle que le gain ne soit pas réduit à moins de 0,8. Une fréquence d'essai classique est de 0,5 Hz.

Sauf accord contraire avec le fabricant, le DUT doit être soumis à 100 000 cycles de mesure.

La valeur inférieure de la plage et l'intervalle (ainsi que l'hystérèse, si cela est exigé, à la moitié de l'intervalle) doivent être mesurés avant et après l'essai, et toutes les variations doivent être enregistrées et consignées.

6.3.7 Essais relatifs à la CEM

Les essais (émissions et immunité) doivent être réalisés selon les procédures définies dans la série IEC 61326.

6.3.8 Autres procédures d'essais

Pour les procédures d'essais concernant les aspects suivants, les normes de référence doivent être indiquées:

- stockage et transport: IEC 60721-3-1, IEC 60721-3-2;
- protection de l'enveloppe contre les solides, les liquides (IP) et les impacts (IK): IEC 60529, IEC 62262;
- protection de l'enveloppe contre les influences corrosives et érosives: IEC 60654-4;
- environnement dangereux (pour application en atmosphère explosive): série IEC 60079-10;
- sécurité fonctionnelle (pour application dans un système instrumenté de sécurité): IEC 61508, IEC 61511, IEC 62061.

6.3.9 Essais supplémentaires pour les transmetteurs numériques

6.3.9.1 Généralités

Comme mentionné à l'Article 4 et à l'Annexe A, les nouveaux PMT destinés à être utilisés dans les systèmes de commande de processus industriels et sur des machines sont aujourd'hui très sophistiqués et utilisent des méthodes numériques de traitement et de communication des données, des capteurs auxiliaires et l'intelligence artificielle. Cela les rend plus complexes que des PMT analogiques conventionnels et leur confère une valeur ajoutée considérable.

Un PMT numérique est un appareil qui utilise les méthodes numériques de traitement et de communication des données pour remplir ses fonctions, et pour sauvegarder et transmettre des données et des informations concernant son fonctionnement. Il peut comporter des capteurs et des fonctionnalités supplémentaires qui viennent à l'appui de sa fonction principale en tant que transmetteur numérique. De plus, la génération suivante de PMT possède de plus en plus des capteurs différents intégrés. Les diverses fonctionnalités

supplémentaires peuvent, par exemple, améliorer l'exactitude et la marge de réglage, les capacités d'autotest, ainsi que la surveillance d'alarme et d'état. Par conséquent, les essais de performance liés à l'exactitude, même s'ils demeurent un outil d'évaluation important, ne suffisent plus à démontrer leur flexibilité, leurs capacités et autres caractéristiques en termes d'ingénierie, d'installation, de maintenabilité, de fiabilité et d'opérabilité.

La plupart des transmetteurs numériques devant être intégrés dans des systèmes (bus) de communication numérique, ils doivent coopérer avec un large éventail d'autres appareils. Dans ce cas, la sûreté de fonctionnement, l'(inter)opérabilité et le comportement en temps réel sont des aspects importants de leur fonctionnement. Les essais correspondants dépendent en grande partie de la structure interne et de l'organisation du transmetteur intelligent, ainsi que de l'architecture et des dimensions du système de bus.

NOTE L'Annexe D, l'Annexe F et l'Annexe G informatives donnent des méthodologies et un cadre facultatifs permettant de concevoir des procédures d'évaluation spécifiques dans un cas particulier d'essai de bloc fonctionnel et d'essai de sûreté de fonctionnement et de production.

Par conséquent, pour procéder à l'évaluation des PMT intelligents, les méthodologies mises en avant à l'Article 6 du présent document doivent être appliquées en tenant compte des fonctions plus complexes de ces appareils à vérifier.

Tout d'abord, au cours de l'évaluation, une collaboration plus étroite que dans le cas d'un simple PMT analogique est nécessaire entre la personne chargée de l'évaluation et le fabricant. Les spécifications du fabricant pour l'appareil doivent être minutieusement analysées lors de la décision du programme d'essais, et les commentaires du fabricant tant sur le programme d'essai que sur les résultats représentent une contribution importante à l'évaluation du PMT.

6.3.9.2 Conformité au protocole de bus de terrain

Le PMT numérique doit fonctionner comme spécifié dans toutes les conditions de fonctionnement, et la communication numérique doit se poursuivre comme prévu.

La preuve de conformité au protocole de bus de terrain doit être apportée sous la forme d'un certificat d'essai établi par un organisme de bus de terrain compétent.

Il doit être vérifié que les grandeurs d'influence ne compromettent pas la gestion de protocole. La méthode d'essai choisie doit être déclarée dans le rapport d'essai. Par exemple, les méthodes d'évaluation du protocole de bus de terrain données à l'Annexe G informative peuvent être utilisées pour comparer les performances de protocole dans les conditions d'essais de référence normalisées et dans les conditions d'essais de référence pour les grandeurs ayant une influence sur le fonctionnement.

Les normes de référence permettant de vérifier que le protocole de bus de terrain fonctionne comme prévu sont l'IEC 61784-1 et l'IEC 61784-2, les détails étant spécifiés dans l'IEC 61158.

Les données d'essai doivent être rassemblées et documentées.

6.3.9.3 Interopérabilité et interchangeabilité

Les connexions physiques (câbles, connecteurs, etc.) d'un PMT numérique sont définies dans l'IEC 61784-5, qui donne des détails supplémentaires en plus des spécifications générales de l'IEC 61918.

L'interopérabilité et l'interchangeabilité d'un PMT doivent être évaluées en référence à l'IEC 61804-2 (voir la Figure 9).

Les données d'essai doivent être rassemblées et documentées.

Fonction nécessaire	Niveau de compatibilité					
	Incompatible	Coexistant	Interconnectable	Interfonctionnement	Interopérable	Interchangeable
Performances dynamiques						X
Fonctionnalité d'application					X	X
Sémantique de paramètre					X	X
Types de données Accès aux données				X	X	X
Interface de communication			X	X	X	X
Protocole de communication		X	X	X	X	X

IEC

Figure 9 – Niveaux de compatibilité de l'appareil par rapport à l'IEC 61804-2

6.4 Essais individuels de série

Comme indiqué en 6.1.2, ces essais sont un sous-ensemble des essais de type. Ils représentent les essais les mieux adaptés à la détection d'éventuels défauts de production. Les essais recommandés sont les suivants:

- essai d'exactitude, à mener suivant une procédure plus simple (un seul essai de traversée ascendante et descendante tous les 25 % de l'échelle);
- essai de dépassement;
- essai de résistance diélectrique;
- essai de résistance d'isolement;
- essai d'influence de la température (un cycle seulement).

6.5 Essais de réception, essais d'intégration, essais périodiques et essais de maintenance

6.5.1 Généralités

Même s'il apparaît clairement que les évaluations FAT, SAT et SIT vont au-delà du domaine d'application du présent document et sont règlementées par l'IEC 62381, si cela est pertinent pour l'application spécifique et fait l'objet d'un accord entre les utilisateurs et le fabricant, une enquête supplémentaire peut être exigée. Voir l'Annexe H informative.