

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Electrical measuring transducers for converting AC and DC electrical quantities to analogue or digital signals

Transducteurs électriques de mesure convertissant les grandeurs électriques alternatives ou continues en signaux analogiques ou numériques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Electrical measuring transducers for converting AC and DC electrical quantities to analogue or digital signals

Transducteurs électriques de mesure convertissant les grandeurs électriques alternatives ou continues en signaux analogiques ou numériques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-9547-2

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.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	14
3.1 General terms	14
3.2 Terms describing transducers	15
3.3 Terms describing transducers according to the measurand	17
3.4 Terms describing transducers according to their output load	18
3.5 Nominal values	19
3.6 Terms describing transducers with provisions to be adjusted by users	19
3.7 Influence quantities and reference conditions.....	20
3.8 Errors and variations.....	20
3.9 Accuracy, accuracy class, class index.....	21
3.10 Terms related to primary of transducers.....	21
3.11 Terms related to secondary output of transducers.....	22
4 Environmental conditions.....	22
5 Ratings.....	22
6 Requirements for design and construction	23
6.1 General.....	23
6.1.1 Transducer general architecture	23
6.1.2 Classification of transducers (TRD)	23
6.2 Safety requirements.....	24
6.2.1 General	24
6.2.2 Protection against electric shocks.....	24
6.2.3 Protection against mechanical hazards.....	25
6.2.4 Resistance to mechanical stress.....	25
6.2.5 Protection against the spread of fire	25
6.2.6 Equipment temperature limits and resistance to heat	25
6.2.7 Protection against hazards from fluids	26
6.2.8 Protection against radiation, including laser sources, and against sonic and ultrasonic pressure	26
6.2.9 Protection against liberated gases and substances, explosion and implosion	26
6.2.10 Components and subassemblies.....	26
6.2.11 Protection by interlocks	26
6.2.12 Hazards resulting from application.....	26
6.2.13 Risk assessment	27
6.3 EMC requirements	27
6.3.1 General	27
6.3.2 Immunity requirements	27
6.3.3 Emission requirements	28
6.4 Climatic requirements	28
6.5 Mechanical requirements	28
6.6 Functional requirements.....	28
6.7 Marking requirements	28
6.8 Documentation requirements	28

7	Type tests	29
8	Routine tests	29
Annex A (normative) Requirements for TRD1.....		30
A.1	General.....	30
A.2	References for the purposes of this Annex A	30
A.3	Terminology for the purposes of this Annex A	30
A.4	Environmental conditions	30
A.5	Ratings	30
A.6	Requirements for design and construction of TRD1.....	31
A.6.1	General	31
A.6.2	Safety requirements.....	31
A.6.3	EMC requirements	31
A.6.4	Climatic requirements	31
A.6.5	Mechanical requirements	31
A.6.6	Functional requirements	31
A.6.7	Marking requirements	39
A.6.8	Documentation requirements	42
A.7	Type tests for TRD1.....	42
A.7.1	General	42
A.7.2	General additional requirements for type tests for TRD1	42
A.7.3	Variations due to auxiliary supply voltage	43
A.7.4	Variations due to auxiliary supply frequency	44
A.7.5	Variations due to ambient temperature	44
A.7.6	Variations due to the frequency of the input quantity(ies).....	45
A.7.7	Variations due to the input voltage.....	46
A.7.8	Variations due to the input current	46
A.7.9	Variations due to power factor	47
A.7.10	Variation due to output load.....	48
A.7.11	Variations due to distortion of the input quantity(ies).....	49
A.7.12	Variation due to magnetic field of external origin.....	49
A.7.13	Variation due to unbalanced currents.....	50
A.7.14	Variation due to interaction between measuring elements.....	51
A.7.15	Variation due to self-heating	52
A.7.16	Variation due to continuous operation	52
A.7.17	Variation due to common mode interference	53
A.7.18	Variation due to series mode interference.....	53
A.7.19	Permissible excessive inputs	54
A.7.20	Impulse voltage tests	54
A.7.21	High frequency disturbance test.....	55
A.7.22	Test for temperature rise	55
A.7.23	Other tests.....	55
Annex B (normative) Requirements for TRD2.....		56
B.1	General.....	56
B.2	References for the purposes of this Annex B	56
B.3	Terminology for the purposes of this Annex B	56
B.4	Environmental conditions	56
B.4.1	General	56
B.4.2	Normal environmental conditions	56

B.5	Ratings for TRD2	57
B.5.1	General	57
B.5.2	Input ratings	57
B.5.3	Output ratings.....	58
B.5.4	General ratings.....	59
B.6	Requirements for design and construction of TRD2.....	61
B.6.1	General	61
B.6.2	Safety requirements.....	61
B.6.3	EMC requirements	61
B.6.4	Climatic requirements	61
B.6.5	Mechanical requirements	62
B.6.6	Functional requirements	66
B.6.7	Marking requirements	73
B.6.8	Documentation requirements	74
B.7	Type tests of TRD2	76
B.7.1	General	76
B.7.2	Safety tests	76
B.7.3	EMC tests.....	76
B.7.4	Climatic tests.....	77
B.7.5	Mechanical tests.....	79
B.7.6	Functional tests	89
B.7.7	Verification of markings and documentation.....	96
B.7.8	Short-time currents tests.....	96
B.7.9	Inter-turn overvoltage tests	97
B.7.10	Anti-aliasing tests	98
B.7.11	Test with harmonics and at low frequencies.....	98
B.8	Routine tests for TRD2	99
B.8.1	General	99
B.8.2	Accuracy tests	99
B.8.3	Verification of markings	99
B.8.4	Safety tests	99
B.8.5	Inter-turn overvoltage tests	99
Annex C	(normative) Interface coding	100
C.1	General.....	100
C.2	Characteristics of interface connection.....	100
C.3	Coding of rated output values for transducers	100
C.4	Coding of auxiliary power supply for transducers	102
C.5	Coding of transfer function curves for transducers	103
C.6	Interface full coding for output of transducers	103
C.6.1	General	103
C.6.2	Examples of interface codes and most common interface codes	104
Annex D	(informative) Anti-aliasing guidance	106
Annex E	(normative) Requirements for the measurement of harmonics and low frequencies.....	109
E.1	General.....	109
E.2	Requirements for accuracy class extension WBm0	109
E.3	Requirements for accuracy class extension WBm1	110
E.4	Requirements for accuracy class extension WBm2	110
E.5	Requirements for accuracy class extension WBm3	111

Annex F (normative) Markings of terminals of TRD2	112
F.1 Marking of terminals for TRD2 monitoring AC current.....	112
F.2 Marking of terminals for TRD2 monitoring voltage	112
Annex G (informative) Guidance related to cables, busbars and bare conductors within an installation	114
G.1 Insulation of cables	114
G.2 Temperature of cables and busbars	114
G.2.1 Cables	114
G.2.2 Busbars	114
Annex H (informative) Guidance related to overvoltage categories and measurement categories.....	115
H.1 Concept of overvoltage category.....	115
H.2 Approach of IEC 60664-1 for primary circuits of TRD2	115
H.2.1 General	115
H.2.2 Examples with IEC 60664-1:2020, for primary measuring circuits, OVC III, PD 2, altitude under 2 000 m, inhomogeneous field	115
H.3 Approach of IEC 61010 (all parts) for primary circuits of TRD2	116
H.3.1 General	116
H.3.2 Example with IEC 61010-2-030:2023 for primary measuring circuits, OVC III, PD 2, altitude under 2 000 m, inhomogeneous field.....	116
H.4 Approach for secondary circuits of TRD2	117
Annex I (informative) Examples of clamping units and relationship between clamping unit and connecting device.....	118
I.1 Clamping unit in a connecting device.....	118
I.2 Examples of clamping units.....	118
Bibliography.....	125
Figure 1 – Transducer (TRD) architecture example	23
Figure A.1 – Transfer function curve A.....	35
Figure A.2 – Transfer function curve B.....	36
Figure A.3 – Transfer function curve C.....	36
Figure A.4 – Transfer function curve D.....	37
Figure A.5 – Transfer function curve E.....	37
Figure B.1 – Relationship between ambient air temperature and relative humidity	61
Figure B.2 – Dimensions	63
Figure B.3 – Accuracy limits of a TRD2-IAC (a) and TRD2-IDC (b)	68
Figure B.4 – Definition of the angle between primary conductor and the equipment	71
Figure B.5 – Definition of the primary conductor position according to the position factor	72
Figure B.6 – Gauges of form A and form B.....	83
Figure B.7 – Test equipment for flexion test.....	85
Figure B.8 – Measurement of the step response time.....	91
Figure B.9 – Temperature cycle accuracy test.....	93
Figure B.10 – Test set up for impact of magnetic field from other phases – a) First step – b) Second step	94
Figure B.11 – Accuracy measurement test set up	96
Figure D.1 – Digital data acquisition system example.....	106

Figure D.2 – Frequency response mask for metering accuracy class 1 ($f_r = 60$ Hz, $f_s = 4\,800$ Hz)	108
Figure I.1 – Clamping unit in a connecting device	118
Figure I.2 – Screw clamping units	119
Figure I.3 – Pillar clamping units	120
Figure I.4 – Stud clamping units	121
Figure I.5 – Saddle clamping units	122
Figure I.6 – Lug clamping units	123
Figure I.7 – Mantle clamping units	124
Table 1 – Functional classification of transducers with minimal required functions	23
Table 2 – Definition of ports	27
Table 3 – Performance criteria for EMC immunity tests	28
Table A.1 – Usage groups	30
Table A.2 – Relationship between the limits of intrinsic error, expressed as a percentage of the fiducial value, and the class index	31
Table A.3 – Pre-conditioning	32
Table A.4 – Reference conditions of the influence quantities and tolerances for testing purposes	32
Table A.5 – Reference conditions relative to the measurand	33
Table A.6 – Examples of marking relating to the reference conditions and nominal range of use for temperature	40
Table A.7 – Symbols for marking transducers	41
Table A.8 – Permissible variations due to AC auxiliary supply	43
Table A.9 – Permissible variations due to DC auxiliary supply	44
Table A.10 – Permissible variations due to auxiliary supply frequency	44
Table A.11 – Permissible variations due to ambient temperature	45
Table A.12 – Permissible variations due to the frequency of input quantity	46
Table A.13 – Permissible variations due to the input voltage	46
Table A.14 – Permissible variations due to the input current	47
Table A.15 – Permissible variations due to power factor	48
Table A.16 – Permissible variations due to output load	49
Table A.17 – Permissible variations due to distortion of input quantities	49
Table A.18 – Permissible variations due to magnetic field of external origin	50
Table A.19 – Permissible variations due to unbalance currents	51
Table A.20 – Permissible variations due to interactions between measuring elements	51
Table A.21 – Permissible variations due to self-heating	52
Table A.22 – Permissible variations due to continuous operation	53
Table A.23 – Permissible variations due to series mode interference	54
Table B.1 – Environmental conditions parameters	56
Table B.2 – Preferred rated burden for TRD2 with an AC or DC voltage output, or a frequency output	59
Table B.3 – Rated burden for TRD2 with an AC or DC current output	59
Table B.4 – Rated temperatures for TRD2	60

Table B.5 – Rated humidity classes	60
Table B.6 – Examples of terminal lugs for equipment connected to copper conductors	63
Table B.7 – Nominal cross-sections of round copper conductors and approximate relationship between mm ² and AWG/kcmil sizes	64
Table B.8 – Minimum values for maximum cross section of conductors up to 400 A inclusive	65
Table B.9 – Minimum values for maximum cross section of conductors from 400 A and up to 800 A inclusive	66
Table B.10 – Minimum values for maximum cross section for copper bars for currents above 400 A and up to 3 150 A inclusive	66
Table B.11 – Limits for relative error and phase error for TRD2-IAC	67
Table B.12 – Limits of error for TRD2-IDC	67
Table B.13 – Limits of relative error for TRD2-UAC	69
Table B.14 – Limits of relative error for TRD2-UDC	70
Table B.15 – Limits for the position of the primary conductor with respect to the equipment	71
Table B.16 – RJ45 connector pinout	73
Table B.17 – Temperature tests	78
Table B.18 – Tightening torques for the verification of the mechanical strength of screw-type terminals	80
Table B.19 – Maximum conductor cross-sections and corresponding gauges	81
Table B.20 – Relationship between conductor cross-section and diameter	82
Table B.21 – Test values for flexion and pull-out tests for round copper conductors	84
Table B.22 – Test values for pull-out test for flat copper conductors	86
Table B.23 – Test copper conductors for test currents up to 400 A inclusive	87
Table B.24 – Test copper conductors for test currents above 400 A and up to 800 A inclusive	88
Table B.25 – Test copper bars for test currents above 400 A and up to 3 150 A inclusive	88
Table B.26 – Burden values for basic accuracy tests	89
Table C.1 – Coding of interface connection	100
Table C.2 – Rated AC RMS voltage output	101
Table C.3 – Rated DC voltage output	101
Table C.4 – Rated range of DC voltage output	101
Table C.5 – Rated AC RMS current output less than 1A	101
Table C.6 – Rated range of DC current output	102
Table C.7 – Rated frequency output	102
Table C.8 – Rated pulse density output	102
Table C.9 – Coding of power supply for transducers supplied from a measuring instrument via the connector	103
Table C.10 – Coding of external power supply for transducers	103
Table C.11 – Coding of transfer function curves for TRD1	103
Table C.12 – Interface full coding for output of transducers	104
Table C.13 – Examples of interface codes and most common interface codes	104
Table D.1 – Anti-aliasing filter	107
Table E.1 – Limits of error for harmonics – Accuracy class extension WBm0	109

Table E.2 – Limits of errors for harmonics – Accuracy class extension WBm1.....	110
Table E.3 – Limits of errors for harmonics – Accuracy class extension WBm2.....	111
Table E.4 – Limits of errors for supra-harmonics – Accuracy class extension WBm3.....	111
Table F.1 – Marking of terminals for TRD2 monitoring current.....	112
Table F.2 – Marking of terminals for TRD2 monitoring voltage	113
Table H.1 – Clearances according to IEC 60664-1:2020	115
Table H.2 – Creepage distances according to IEC 60664-1:2020	116
Table H.3 – Clearances according to IEC 61010-2-030:2017	117
Table H.4 – Creepage distances according to IEC 61010-2-030:2023	117

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL MEASURING TRANSDUCERS FOR CONVERTING AC AND DC
ELECTRICAL QUANTITIES TO ANALOGUE OR DIGITAL SIGNALS****FOREWORD**

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

IEC 60688 has been prepared by IEC technical committee 85: Measuring equipment for electrical and electromagnetic quantities. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2021. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) updating normative references;
- b) updating definitions;
- c) updating structure;
- d) adding DC power measurement.

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

Draft	Report on voting
85/921/FDIS	85/932/RVD

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

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

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

In this document, the following print types are used:

- requirements and definitions: in roman type;
- NOTES: in smaller roman type;
- *compliance*: in italic type.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

INTRODUCTION

Energy distribution systems need to guarantee energy efficiency, availability, and network performance to address the following challenges:

- meet sustainable development requirements, where energy measurement is necessary to identify sources of energy savings, and to improve the energy performance of manufacturing, commercial organisations, and public services;
- adjust to technological evolutions (electronic loads, electronic measuring methods, etc.);
- address end-user needs (cost saving, compliance building regulations, etc.) regarding electrical energy management;
- ensure safety and continuity of service;
- adjust to the evolution of installation standards;
- meet the needs of new applications for DC systems (photovoltaic, electrical vehicle, DC distribution, etc.).

Monitoring electrical quantities in internal networks contributes to addressing these challenges.

To set up this monitoring, transducers:

- perform the measurement of different types of electrical quantities,
- convert AC and DC electrical quantities to analogue or digital signals,
- can be combined with measuring equipment to monitor and analyse electrical quantities.

NOTE Some of the terms used in this document are different from those used in IEC 60051 (all parts) due to the fundamental differences between indicating instruments and measuring transducers.

ELECTRICAL MEASURING TRANSDUCERS FOR CONVERTING AC AND DC ELECTRICAL QUANTITIES TO ANALOGUE OR DIGITAL SIGNALS

1 Scope

This document applies to transducers (TRD) with electrical inputs and outputs for making measurements of AC or DC electrical quantities. The output signal can be in the form of an analogue or digital signal.

This document applies to measuring transducers used for converting electrical quantities such as:

- current,
- voltage,
- active power,
- reactive power,
- power factor,
- phase angle,
- frequency,
- harmonics or total harmonic distortion,
- apparent power, and
- DC power

to an output signal.

NOTE The above electrical quantities include AC and/or DC components.

This document applies

- a) if the fundamental frequency of the input(s) lies between 0 Hz and 1 500 Hz,
- b) to the electrical measuring transducer if it is part of a system for the measurement of an electrical or non-electrical quantity,
- c) to transducers for use in a variety of applications such as telemetry and process control and in one of a number of defined environments.

This document is not applicable for:

- instrument transformers that comply with IEC 61869 (all parts),
- transmitters for use in an industrial process application that comply with IEC 60770 (all parts),
- power metering and monitoring devices (PMD) that comply with IEC 61557-12,
- meters that comply with the IEC 62053 series,
- handheld sensors,
- residual current monitoring devices (RCMs) that comply with IEC 62020-1,
- residual current detecting devices (RDC-DD) that comply with IEC 62955,
- in-cable control and protection devices (IC-CPDs) that comply with IEC 62752,
- modular residual current devices (MRCDs) that comply with IEC 60947-2:2016/AMD1:2019, Annex M.

Within the measuring range, the output signal is a function of the measurand. An auxiliary supply can be required.

This document is intended:

- to specify the terminology and definitions relating to transducers whose main application is in industry,
- to unify the test methods used in evaluating transducer performance,
- to specify accuracy limits and output values for transducers.

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

IEC 60068-2-11, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

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

IEC 60068-2-52:2017, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60228:2023, *Conductors of insulated cables*

IEC TR 61000-2-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 3: Description of the environment – Radiated and non-network-frequency-related conducted phenomena*

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

IEC 61010-1:2010/AMD1:2016

IEC 61010-2-030:2023, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 2-030: Particular requirements for equipment having testing or measuring circuits*

IEC 61326-1:2020, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 1: General requirements*

IEC 61557-12:2018, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 12: Power metering and monitoring devices (PMD)*

IEC 61557-12:2018/AMD1:2021

IEC 61558-1:2017, *Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof – Part 1: General requirements and tests*

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 62586-1:2017, *Power quality measurement in power supply systems – Part 1: Power quality instruments (PQI)*

ISO 4628-3:2016, *Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 3: Assessment of degree of rusting*

3 Terms and definitions

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

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

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

NOTE Some of the terms used in this document are different from those used in IEC 60051 (all parts) due to the fundamental differences between indicating instruments and measuring transducers.

3.1 General terms

3.1.1

alternating current

electric current that is a periodic function of time with a zero direct component or, by extension, a negligible direct component

Note 1 to entry: For the qualifier AC, see IEC 60050-151:2001, 151-15-01.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-24]

3.1.2

alternating voltage

alternating tension

voltage that is a periodic function of time with a zero direct component or, by extension, a negligible direct component

Note 1 to entry: For the qualifier AC, see IEC 60050-151:2001, 151-15-01.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-25]

3.1.3

direct current system

DC system

electrical system fed by unidirectional voltage

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-04]

3.1.4

direct current

electrical current that is time-independent or, by extension, periodic current the direct component of which is of primary importance

Note 1 to entry: For the qualifier DC, see IEC 60050-151:2001, 151-15-02.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-22]

3.1.5**direct voltage**

voltage that is time-independent or, by extension, periodic voltage the direct component of which is of primary importance

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-23, modified – The term "direct tension" has been omitted.]

3.1.6**DC power**

product of the direct voltage and the direct current (mean values)

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-17-09]

3.1.7**SELV**

electric system in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions and
- under single fault conditions, including earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: SELV is the abbreviation for safety extra-low voltage.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-28, modified – The word "system" has been omitted from the term.]

3.2 Terms describing transducers**3.2.1****electrical measuring transducer
transducer****TRD**

device for converting an AC or DC measurand to a direct or alternating current, a direct or alternating voltage or a digital signal for measurement purposes

3.2.2**electrical measuring transducer type 1
transducer type 1****TRD1**

conventional transducer

3.2.3**electrical measuring transducer type 2
transducer type 2****TRD2**

single-function transducer used in low voltage (LV) monitoring applications

3.2.4**single-function transducer**

transducer performing the measurement of a single electrical quantity (e.g. current, power factor, THD) in a single form (e.g. RMS or peak or average) but not both

3.2.5**analogue transducer**

transducer for converting an AC or DC measurand to a direct or alternating current, a direct or alternating voltage for measurement purposes

3.2.6

digital transducer

transducer for converting an AC or DC measurand to a digital signal for measurement purposes

3.2.7

auxiliary supply

AC or DC electrical supply, other than the measurand, which is necessary for the correct operation of the transducer

3.2.8

auxiliary circuit

circuit which is usually energized by the auxiliary supply

Note 1 to entry: The auxiliary circuit is sometimes energized by one of the input quantities.

3.2.9

transducer with suppressed zero

transducer for which zero output signal corresponds to a measurand greater than zero

3.2.10

output load burden

<analogue signal> total resistance of the circuits and apparatus connected externally across the output terminals of the transducer

3.2.11

ripple content

<analogue output signal> ratio of the peak-to-peak value of the fluctuating component of an analogue output signal, expressed in percentage, to the fiducial value, with steady-state input conditions

3.2.12

output signal secondary signal

analogue or digital representation of the measurand

3.2.13

output current secondary current

current produced by the transducer which is an analogue function of the measurand

3.2.14

output voltage secondary voltage

voltage produced by the transducer which is an analogue function of the measurand

3.2.15

measuring element

unit or module of a transducer that converts the measurand, or part of the measurand, into a corresponding signal

3.2.16

multi-element transducer

transducer having two or more measuring elements

Note 1 to entry: The signals from the individual elements are combined to produce an output signal corresponding to the measurand.

3.2.17**response time**

time from the instant of application of a specified change of the measurand until the output signal reaches and remains at its final steady value or within a specified interval centred on this value

3.2.18**compliance voltage**

accuracy limiting output voltage

<variable output load transducers having a current output> value of the voltage appearing across the output terminals up to which the transducer complies with the requirements of this document

3.2.19**stability**

ability of a transducer to keep its performance characteristics unchanged during a specified time, all influence quantities remaining within their specified ranges

3.2.20**usage group**

group of transducers capable of operating under a specified set of environmental conditions

3.2.21**pulse density output**

digital representation of the measurand, where the relative density of the output pulses corresponds to the analogue signal amplitude

3.3 Terms describing transducers according to the measurand**3.3.1****voltage transducer**

transducer used for the measurement of AC or DC voltage

3.3.2**current transducer**

transducer used for the measurement of AC or DC current

3.3.3**apparent power transducer**

transducer that is used for the measurement of the apparent power

3.3.4**active power transducer**

transducer used for the measurement of active electrical power

3.3.5**reactive power transducer**

transducer used for the measurement of reactive electrical power

3.3.6**frequency transducer**

transducer used for the measurement of the frequency of an AC electrical quantity

3.3.7**phase angle transducer**

transducer for the measurement of the phase angle between two AC electrical quantities having the same frequency

3.3.8

power factor transducer

transducer used for the measurement of the power factor of an AC circuit

3.3.9

harmonics transducer

transducer that is used for the measurement of the harmonics or the total harmonic distortion of an AC circuit

3.3.10

TRD2-PFA

power factor (arithmetic method) transducer for LV monitoring applications

3.3.11

TRD2-PFV

power factor (vector method) transducer for LV monitoring applications

3.3.12

TRD2-THDU

voltage THD transducer for LV monitoring applications

3.3.13

TRD2-THDI

current THD transducer for LV monitoring applications

3.3.14

TRD2-UAC

voltage transducer for LV monitoring applications that is used for the measurement of AC voltage

3.3.15

TRD2-UDC

voltage transducer for LV monitoring applications that is used for the measurement of DC voltage

3.3.16

TRD2-IAC

current transducer for LV monitoring applications that is used for the measurement of AC current

3.3.17

TRD2-IDC

current transducer for LV monitoring applications that is used for the measurement of DC current

3.4 Terms describing transducers according to their output load

3.4.1

fixed output load transducer

transducer that complies with this document only when the output load is at its nominal value, within specified limits

3.4.2

variable output load transducer

transducer that complies with this document when the output load has any value within a given range

3.5 Nominal values

3.5.1

nominal value

value, or one of the values, indicating the intended use of a transducer

Note 1 to entry: The lower and upper nominal values of the measurand are those which correspond to the lower and upper nominal values of the output signal.

3.5.2

span

output span

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

3.5.3

fiducial value

value to which reference is made in order to specify the accuracy of a transducer

Note 1 to entry: The fiducial value is the span, except for transducers having a reversible and symmetrical output signal when the fiducial value may be half the span if specified by the manufacturer.

3.5.4

nominal power factor

factor by which it is necessary to multiply the product of the nominal voltage and nominal current to obtain the nominal power

Note 1 to entry: When the current and voltage are sinusoidal quantities, the nominal power factor is $\cos \varphi$ where φ is the phase difference between the current and the voltage. For reactive power transducers, the nominal power factor is $\sin \varphi$.

3.5.5

limiting value of the output signal

limiting value of the secondary signal

upper limit of output signal which cannot, by design, be exceeded under any conditions

3.5.6

measuring range

range defined by two values of the measurand within which the performance complies with the requirements of this document

Note 1 to entry: See 3.4.3 of IEC 60051-1:2016.

3.5.7

nominal value of the measured voltage

nominal value of the voltage of the external circuit (e.g. the secondary winding of a voltage transformer) to which the voltage input circuit of the transducer is to be connected

3.5.8

nominal value of the measured current

nominal value of the current in the external circuit (e.g. the secondary winding of a current transformer) to which the current input circuit of the transducer is to be connected

3.6 Terms describing transducers with provisions to be adjusted by users

3.6.1

calibration value

value of a quantity to which the nominal value is changed by user adjustment for a specific application

3.6.2

adjustment range

possible range of adjustment values of the measured current or voltage

3.7 Influence quantities and reference conditions

3.7.1

influence quantity

quantity (other than the measurand) that may affect the performance of a transducer

3.7.2

reference conditions

specified conditions under which the transducer complies with the requirements concerning intrinsic errors

Note 1 to entry: These conditions may be defined by either a reference value or a reference range.

3.7.2.1

reference value

specified single value of an influence quantity at which the transducer complies with the requirements concerning intrinsic errors

3.7.2.2

reference range

specified range of values of an influence quantity within which the transducer complies with the requirements concerning intrinsic errors

3.7.3

nominal range of use

specified range of values over which it is intended that an influence quantity can assume without the output signal of the transducer changing by amounts in excess of those specified

3.8 Errors and variations

3.8.1

error

absolute error

actual value of the output signal minus the intended value of the output signal, expressed algebraically

3.8.2

relative error

ε

relative difference between the output signal and the intended value of the output signal, typically expressed as a percentage or ppm

$$\varepsilon = \frac{E_m - E_t}{E_t} \times 100 \%$$

with

E_m Measured output value

E_t Intended (expected) output value

3.8.3

intrinsic error

error determined when the transducer is under reference conditions

3.8.4**variation due to an influence quantity**

difference between the two values of the output signal for the same value of the measurand when an influence quantity assumes successively two different specified values

3.9 Accuracy, accuracy class, class index**3.9.1****accuracy**

quality that characterizes the ability of a transducer to minimize the measurement error

3.9.2**accuracy class****class index**

class of transducers for which the accuracy of all can be designated by the same number if they comply with all the requirements of this document

3.10 Terms related to primary of transducers**3.10.1****rated input voltage****rated primary voltage** U_{pr}

value of the primary voltage on which the performance of the transducer is based

3.10.2**rated frequency** f_r

value of the frequency at which the equipment is designed to operate and on which the requirements are based

3.10.3**rated input current****rated primary current** I_{n-low}

value of the primary current which the performance of the transducer is based

Note 1 to entry: I_{n-low} is also called I_{pr} in other standards.

3.10.4**rated extended input current****rated extended primary current** I_{n-high}

Value of the primary current up to which the accuracy defined at the rated primary current is guaranteed

Note 1 to entry: I_{n-low} and I_{n-high} define a range of rated currents for which the TRD2 can be used. I_{n-low} and I_{n-high} may have the same value.

3.10.5**rated maximum primary current** I_{max}

highest value of the primary current up to which the accuracy of a TRD2 is guaranteed in overload conditions

3.10.6**rated maximum current factor** K_{max}

ratio of the rated maximum primary current to the rated extended primary current

3.10.7

rated continuous thermal current

I_{cth}

value of the current which can be permitted to flow continuously in the primary of the transducer

3.10.8

rated short time thermal current

I_{th}

value of the current which can be permitted to flow for a specified short time in the primary of the transducer

3.10.9

rated dynamic current

I_{dyn}

maximum peak value of the primary current which a transducer will withstand without being damaged electrically or mechanically by the resulting electromagnetic forces

3.11 Terms related to secondary output of transducers

3.11.1

rated output current

rated secondary current

I_{sr}

value of the secondary current on which the performance of the transducer is based

3.11.2

rated output voltage

rated secondary voltage

U_{sr}

value of the secondary voltage on which the performance of the transducer is based

3.11.3

rated output frequency

rated secondary frequency

f_{sr}

value of the secondary frequency on which the performance of the transducer is based

3.11.4

rated burden

Z_{br}

value of the burden on which the accuracy requirements of a specification are based

4 Environmental conditions

No requirements.

5 Ratings

No requirements.

6 Requirements for design and construction

6.1 General

6.1.1 Transducer general architecture

The electrical quantity to be measured may be either directly accessible, as it is generally the case in low-voltage systems, or accessible via measurement sensors like voltage sensors (VS) or current sensors (CS).

Figure 1 shows an example of architecture of a transducer (TRD), with dotted line blocks being optional. The implementation may be analogue or include digital parts.

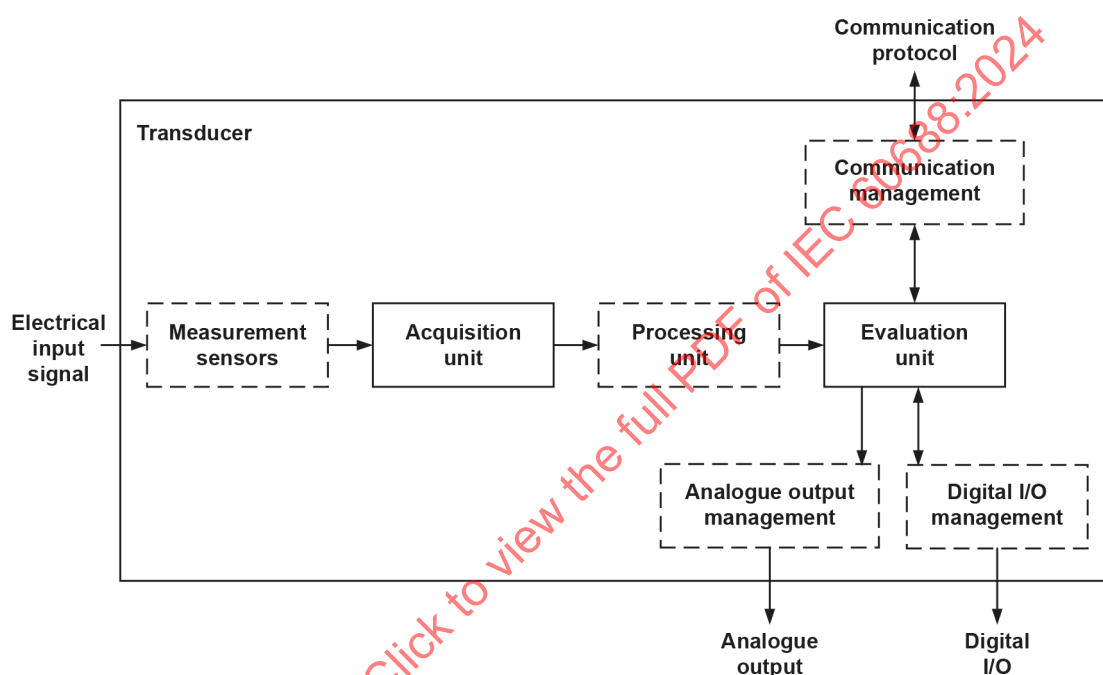


Figure 1 – Transducer (TRD) architecture example

6.1.2 Classification of transducers (TRD)

This document describes two different types of transducers, transducer type 1 (TRD1), and transducer type 2 (TRD2).

- TRD1 are conventional transducers, use conventional interface outputs and are generally single-function devices.
- TRD2 are single-function transducers used in low voltage (LV) applications. TRD2 use specific interface outputs and are generally more accurate than TRD1.

Transducers are classified according to the applications as defined in Table 1.

Table 1 – Functional classification of transducers with minimal required functions

Requirements	Transducers type	
	Transducer type 1 (TRD1)	transducer type 2 (TRD2)
See Annex A	■	
See Annex B		■
NOTE For more information about classification between TRD1 and TRD2, see also Annex C.		

6.2 Safety requirements

6.2.1 General

This Subclause 6.2 is applicable to transducers in applications with nominal voltage up to 1 000 V AC or 1 500 V DC.

NOTE For higher voltage applications, see relevant safety standards.

Two classes of TRD are defined.

- Class F:
 - Safety and insulation requirements: TRD shall comply with the safety requirements of IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 and IEC 61010-2-030:2023 with additional requirements specified in the subsequent subclauses of 6.2 of this document.
 - Class F is recommended for new designs.
- Class D:
 - Safety requirements: TRD shall comply with the safety requirements of IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 and IEC 61010-2-030:2023 except for insulation requirements.
 - Insulation requirements: TRD shall comply with IEC 60664-1:2020, and with additional requirements specified in the subsequent subclauses of 6.2 of this document.

6.2.2 Protection against electric shocks

6.2.2.1 General insulation requirements

For TRD class F, clearances and creepage distances as well as solid insulation shall be selected at least in accordance with

- pollution degree 2,
- measurement category III, for measuring circuits, and
- overvoltage category III, for other circuits.

For TRD class D, clearances and creepage distances as well as solid insulation shall be selected at least in accordance with

- pollution degree 2, and
- overvoltage category III.

See Annex H for guidance related to overvoltage categories and measurement categories.

6.2.2.2 Accessible parts

6.2.2.2.1 Output terminals of TRD

Output terminals of transducers to be connected to the measuring equipment shall generally be considered as accessible parts.

This is especially true for terminals equipped with an information technology connector (e.g. RJ45, DB9, or similar plugin connectors) or with stranded wire, where skilled or unskilled people do not expect a hazardous voltage.

Some exemptions may apply on the condition that they are based on a risk analysis, in which case the related mitigation measures shall be documented.

6.2.2.2.2 Outer surfaces of TRD

Outer surfaces of transducers intended to be installed outside a cabinet, a panel or a cubicle shall generally be considered as accessible parts.

Some exemptions may apply on the condition that they are based on a risk analysis, in which case the related mitigation measures shall be documented.

6.2.2.3 Insulation provided by cables, busbars and bushings

Manufacturers shall specify in the technical documentation:

- the kind of insulation requested on the cables or busbars or bare conductors, and
- the kind of bushings to use, if any.

NOTE Guidance on insulation of cables or bushings is provided in Annex G.

6.2.2.4 Insulation within a panel

Manufacturers shall specify in the technical documentation if a minimum distance should be maintained between outer surfaces of the TRD (or its output circuits) and other equipment such as metallic parts or another TRD in its proximity.

6.2.2.5 Automatic disconnection

TRD class F, when automatic disconnection is implemented, shall comply with the requirements of IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 related to automatic disconnection.

TRD class D, when automatic disconnection is implemented, shall either comply class F requirements or comply with the requirements of Clause 15 of IEC 61558-1:2017 related to automatic disconnection.

6.2.3 Protection against mechanical hazards

IEC 61010-1:2010, Clause 7 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 7 applies.

6.2.4 Resistance to mechanical stress

Clause 8 of IEC 61010-1:2010 applies with the below additional requirements.

Outer surfaces of transducers intended to be installed exclusively inside a cabinet, a panel or a cubicle shall meet, except terminals and cords, at least IK02 (0,2 J) requirements.

6.2.5 Protection against the spread of fire

IEC 61010-1:2010, Clause 9 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 9 apply.

6.2.6 Equipment temperature limits and resistance to heat

IEC 61010-1:2010, Clause 10 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 10 apply with the below additional requirements.

Manufacturers shall declare for TRD measuring current:

- if the TRD is intended to be used with integral means to avoid any (thermal) contact with conductor (cable or busbar) or if it is intended to be used in (thermal) contact with the conductor,
- if two TRD, put side by side, can be continuously in (thermal) contact during service, and

- if a TRD can be continuously in (thermal) contact during service with another cable or busbar in the vicinity.
- if minimum distances should be retained to prevent contacts with the conductors, cables or busbars.

NOTE Guidance on temperature of cables and busbars is provided in Annex G.

6.2.7 Protection against hazards from fluids

6.2.7.1 General

IEC 61010-1:2010, 11.6 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 11.6 apply with the additional requirements of 6.2.7.2 and 6.2.7.3.

6.2.7.2 Degrees of protection for indoor use

For indoor use, outer surface of transducers intended to be installed outside a cabinet, a panel or a cubicle shall meet IP40 requirements.

For indoor use, outer surface of transducers intended to be installed inside a cabinet, a panel or a cubicle shall meet IP2X requirements.

This requirement is not applicable to installations where personnel cannot gain access to the transducer without firstly de-energising the transducer and making it safe through some controlled means (i.e. interlocking, documented operating instructions, etc.). In this case, the need for such external safety measures to the transducer should be clearly stated in the product documentation.

6.2.7.3 Degrees of protection for outdoor use

The recommended minimum degree of protection for enclosures for outdoor TRD is IP44 according to IEC 60529.

For TRD with lower IP index or for higher installation needs, additional protection features against rain and other weather conditions shall be specified by means of the supplementary letter W placed after the second characteristic numeral, or after the additional letter, if any.

6.2.8 Protection against radiation, including laser sources, and against sonic and ultrasonic pressure

IEC 61010-1:2010, Clause 12 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 12 if relevant, apply.

6.2.9 Protection against liberated gases and substances, explosion and implosion

IEC 61010-1:2010, Clause 13 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 13 if relevant, apply.

6.2.10 Components and subassemblies

IEC 61010-1:2010, Clause 14 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Clause 14 apply.

6.2.11 Protection by interlocks

Clause 15 of IEC 61010-1:2010 applies.

6.2.12 Hazards resulting from application

Clause 16 of IEC 61010-1:2010 applies.

6.2.13 Risk assessment

Clause 17 of IEC 61010-1:2010 applies.

6.3 EMC requirements

6.3.1 General

This Subclause 6.3 applies only to TRD with active electronic components.

This Subclause 6.3 is applicable to transducers in applications with nominal voltage up to 1 000 V AC or 1 500 V DC.

NOTE For higher voltage applications, see relevant EMC standards.

TRD shall comply with the immunity requirements of 6.3.2 and the emission requirements of 6.3.3.

They shall also comply with the requirements of IEC 61326-1:2020 in regard to

- test plan,
- test,
- test report, and
- instructions of use.

6.3.2 Immunity requirements

TRD covered by 6.3.1 shall comply with IEC 61326-1:2020, Table 2, with:

- the ports as defined in the below Table 2,
- the performance criteria of 6.4 of IEC 61326-1:2020 are replaced by those defined in the below Table 3, and
- the recommendation that devices are tested at 5 kHz for IEC 61000-4-4, instead of 100 kHz.

Table 2 – Definition of ports

Port	Items related to transducers
Enclosure	Inner surface and outer surface of the transducer, including outer surface of connection cable and connectors.
I/O signal/control	Output terminals Auxiliary power supply port when provided by the measuring equipment connected to the TRD2 output via the connector. Memory management port when provided by the measuring equipment connected to the TRD2 output via the connector. Functional earth, if any.
DC power ^a	Protective earth. Auxiliary power supply port, when supplied from an external power supply source.
AC power	Protective earth. Auxiliary power supply port, when supplied from an external power supply source.
^a Power supply terminal intended to be connected to a low voltage DC supply (≤ 60 V) where the power ports isolated from the AC mains are not subject to transient overvoltages (i.e. reliably grounded, capacitively filtered DC output circuits) and shall be regarded as I/O signal/control ports.	

Table 3 – Performance criteria for EMC immunity tests

Assessment criteria	Conditions for acceptance
A	Normal performance within the accuracy specification limits during and after the test. No change in the operating state is allowed nor is loss of data. For transducers with digital output signal, this includes the state of quality and sync bits. During the tests, no individual sampled value error shall exceed 10 % of the rated value. A reset or restart is not allowed.
B	Normal performance after the tests, within the accuracy specification limits for transducers. An unintended change of the operating state is allowed if self-recoverable. A temporary degradation of the performance is permitted during the tests, provided the function is self-recoverable, i.e. without user intervention, if this is described in the EMC test plan and if the information is provided to the end user. During the tests, no loss of stored data is allowed, and no individual sampled value error shall exceed 100 % of the nominal RMS value. A reset or restart is not allowed.
C	Temporary loss of function is permitted, provided the function is self-recoverable or can be restored by the operation of controls. A reset or restart is allowed, provided that, during this cycle, the output signal is either zeroed or the validity bit is set to invalid until the transducer is again within the normal performance limits. The recovery procedure shall be provided to the end user. No permanent damage to the equipment is allowed. After a reset or restart: normal performance within the accuracy specification limits

6.3.3 Emission requirements

TRD covered by 6.3.1 shall comply with the requirements of 7.2 of IEC 61326-1:2020 for class A or class B equipment.

6.4 Climatic requirements

No general requirements.

6.5 Mechanical requirements

No general requirements.

6.6 Functional requirements

No general requirements

6.7 Marking requirements

No general requirements.

6.8 Documentation requirements

No general requirements.

7 Type tests

No general requirements.

8 Routine tests

No general requirements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

Annex A (normative)

Requirements for TRD1

A.1 General

Clause 1 of this document applies.

A.2 References for the purposes of this Annex A

Clause 2 of this document applies.

A.3 Terminology for the purposes of this Annex A

Clause 3 of this document applies.

A.4 Environmental conditions

The conditions of temperature and humidity are classified according to the severity dictated by the usage group in accordance with Table A.1.

Table A.1 – Usage groups

	K55 class of transducer	K70 class of transducer	Kx ^b class of transducer
Usage group	I	II	III
Rated operating range (with specified uncertainty)	–5 °C to +55 °C	–25 °C to +70 °C	Above +70 °C and/or under –25 °C ^a
Limit range of operation (no hardware failures)	–5 °C to +55 °C	–25 °C to +70 °C	Above +70 °C and/or under –25 °C ^a
Limit range for storage and transport	–25 °C to +70 °C	–40 °C to +85 °C	According to manufacturer specification ^a
^a Limits shall be defined by manufacturer according to the application.			
^b Kx stands for extended conditions.			

For the purpose of this document, ambient temperature shall be the temperature measured at a single representative point with the transducer operating normally. This measuring point shall be adjacent to the transducer, exposed to free air circulation and not significantly affected by heat from the transducer or by direct solar radiation and other sources of heat.

Humidity is not considered to be an influence quantity provided that the environmental conditions are within the limits specified.

A.5 Ratings

No ratings.

A.6 Requirements for design and construction of TRD1

A.6.1 General

Subclause 6.1 of this document applies.

Compliance with requirements of Clause A.6 shall be verified by all applicable tests in accordance with Clause A.7.

A.6.2 Safety requirements

Subclause 6.2 of this document applies.

A.6.3 EMC requirements

Subclause 6.3 of this document applies.

A.6.4 Climatic requirements

Subclause 6.4 of this document applies.

A.6.5 Mechanical requirements

Subclause 6.5 of this document applies.

A.6.6 Functional requirements

A.6.6.1 Class index requirements

A.6.6.1.1 Class index

The class index for a transducer shall be chosen from those given in Table A.2.

This class index definition applies only for the analogue secondary output of the transducers.

Table A.2 – Relationship between the limits of intrinsic error, expressed as a percentage of the fiducial value, and the class index

Class index	0,2	0,5	1	2	2,5	3	5	10	20
Limits of error	±0,2 %	±0,5 %	±1 %	±2 %	±2,5 %	±3 %	±5 %	±10 %	±20 %
Class indices of 0,3 and 1,5, although non-preferred, may be used.									

A.6.6.1.2 Class index for transducer used with sensors

If the transducers are used with sensors, the manufacturer shall specify the accuracy class of the whole system transducer and sensor.

In some cases when a transducer does not include the sensors, their associated uncertainties are not considered. When a transducer includes the sensors, their associated uncertainties are considered.

A.6.6.1.3 Intrinsic error

When the transducer is under reference conditions, the error at any point between the upper and lower nominal values of the output signal shall not exceed the limits of the intrinsic error given in Table A.2 expressed as a percentage of the fiducial value.

Values stated in a table of corrections, if any, supplied with the transducer shall not be taken into account in determining the errors.

A.6.6.2 Conditions for the determination of intrinsic error

Prior to pre-conditioning and before determination of the intrinsic error, preliminary adjustments shall be carried out in accordance with the manufacturer's instructions. The transducer shall be at the reference temperature.

The transducer shall be left in circuit under the conditions specified in Table A.3.

Table A.3 – Pre-conditioning

Conditions	Values
Voltage (including any auxiliary supply)	Nominal value
Current	Nominal value
Frequency	Reference value
Power factor	Reference value
Time between connection into circuit and start of determination of errors	30 min

After the specified pre-conditioning, transducers having adjustments available to the user shall be adjusted in accordance with the manufacturer's instructions.

The reference conditions relative to each of the influence quantities are given in Table A.4. The reference conditions relative to the measurand are given in Table A.5.

Table A.4 – Reference conditions of the influence quantities and tolerances for testing purposes

Influence quantity	Reference conditions unless otherwise marked	Tolerances permitted for testing purposes applicable to a single reference value ^a
Ambient temperature	To be marked in the type test report	±1 °C
Usage group (see A.4)		
I	K55	–
II	K70	–
III	Kx ^b	–
Frequency of the input quantity		
Non-frequency sensitive	Nominal value	±2 %
Frequency sensitive	To be marked in the type test report	±0,1 %
Waveform of the input quantity	Sinusoidal, except for harmonics transducers	The distortion factor × 100 shall not exceed the class index, unless otherwise specified by the manufacturer
Output load		
Fixed output load transducers	Nominal value	±1 %
Variable output load transducers	Mean value of the nominal range	±1 %
Auxiliary supply		
Voltage AC	Nominal value	±2 %
Voltage DC	Nominal value	±1 %
Frequency	Nominal value	±1 %
Distortion factor	0,05 maximum	–
Magnetic field of external origin	Total absence	40 A/m at frequencies from DC to 65 Hz in any direction ^c
^a When a reference range is marked, no tolerance is allowed. ^b "Kx" stands for extended conditions. ^c 40 A/m is approximately the highest value of the earth's magnetic field.		

Table A.5 – Reference conditions relative to the measurand

Measurand	Reference conditions		
	Voltage	Current	Power factor, active or reactive
Apparent power	Nominal voltage $\pm 2\%$	Any current up to the nominal current	$ \cos \varphi $ or $ \sin \varphi = 1,0$ to 0,8 lagging or leading
Active power	Nominal voltage $\pm 2\%$	Any current up to the nominal current	$ \cos \varphi = 1,0$ to 0,8 lagging or leading
Reactive power	Nominal voltage $\pm 2\%$	Any current up to the nominal current	$ \sin \varphi = 1,0$ to 0,8 lagging or leading ^a
Phase angle or power factor	Nominal voltage $\pm 2\%$	40 % to 100 % of the nominal current	–
Frequency	Nominal voltage $\pm 2\%$	–	–
Polyphase quantities	Symmetrical voltages ^b	Symmetrical currents ^b	–

^a Apparent, active power and reactive power transducers are normally used together and are connected to the same current and voltage transformers.

^b The difference between any two line-to-line voltages and between any two line-to-neutral voltages shall not exceed 1 % of the average (line-to-line and line-to-neutral voltages respectively). Each of the currents in the phases shall differ by not more than 1 % from the average of the currents.

The angles between each of the currents and the corresponding phase-to-neutral (star) voltages shall differ by not more than 2°.

Where interactions between the separate measuring elements of a multi-element transducer are adequately characterized, single-phase testing of the transducer is acceptable.

A.6.6.3 Power supply

A.6.6.3.1 General

Some transducers dealt with in this document may need an auxiliary supply. This is specified in two separate categories, DC and AC supplies.

The power supply may be provided by a separate auxiliary supply or may be derived from the measured voltage or current.

A.6.6.3.2 DC supply

- The value of the voltage of the DC supply shall be as specified in A.6.6.4.3.
- The battery supply may be earthed or floating. Suitable means shall be provided in the transducer to ensure isolation between the power supply and the input/output circuits of the transducer (for details of voltage tests, see A.7.19.1.4).
- The transducer shall withstand any voltage ripple up to a maximum of 10 % peak to peak superimposed on the DC power supply.
- The noise fed back to the battery from the transducer shall be limited to 100 mV peak to peak when measured with a specified source resistance at all frequencies up to 100 MHz.

In addition, when the battery feeding the transducer is also used for telephone equipment, the noise shall not exceed 2 mV psophometric.

NOTE The psophometric weighting characteristic is specified in ITU-T Recommendation O.41.

A.6.6.3.3 AC supply

There is no requirement on the nominal value of the voltage of the AC power supply.

A.6.6.4 Input values

A.6.6.4.1 General

The nominal values of voltage, current, frequency and auxiliary supply shall be specified by the manufacturer.

A.6.6.4.2 Adjustment ranges

Adjustment range for transducers that can be adjusted by the user:

- a) for the input voltage: 80 % to 120 % of the nominal value;
- b) for the input current: 60 % to 130 % of the nominal value.

This means that the nominal value of the output signal can be obtained for any calibration value of the measurand within the ranges given above.

A.6.6.4.3 Preferred nominal values

The preferred nominal value of DC auxiliary supplies shall be 24 V, 48 V, 110 V or 220 V.

A.6.6.5 Analogue output values

A.6.6.5.1 General

The lower and upper nominal values of the output signal and the compliance voltage shall be chosen from those given in A.6.6.5.2 and A.6.6.5.3 or A.6.6.5.6.

A.6.6.5.2 Output current

The signal 4 mA to 20 mA is preferred.

NOTE The condition "0 mA" has a special meaning (IEC 60381-1).

Other permissible values are

- 0 mA to 20 mA,
- 0 mA to 1 mA,
- 0 mA to 10 mA,
- –1 mA to 1 mA,
- –5 mA to 5 mA,
- –10 mA to 10 mA, and
- –20 mA to 20 mA.

A.6.6.5.3 Compliance voltage

Permissible values are:

- 10 V;
- 15 V.

A.6.6.5.4 Maximum output voltage

The manufacturer shall state the maximum value of the output voltage occurring under any conditions of output load and input. This voltage shall not exceed the limit of safety extra-low voltage (SELV).

A.6.6.5.5 Interference risk of output current

Attention is drawn to the interference problems which may result if the output current has a low value.

A.6.6.5.6 Output voltage

Permissible values are:

- 0 V to 1 V;
- 0 V to 5 V;
- 0 V to 10 V;
- –1 V to 1 V;
- –10 V to 10 V;
- –5 V to 5 V.

NOTE Transducers having a voltage output are non-preferred.

A.6.6.6 Output transfer function

For analogue transducers, the used transfer function shall be one of the following curves.

For analogue transducers, variables x , y can be adjustable.

Curve A is described in Figure A.1

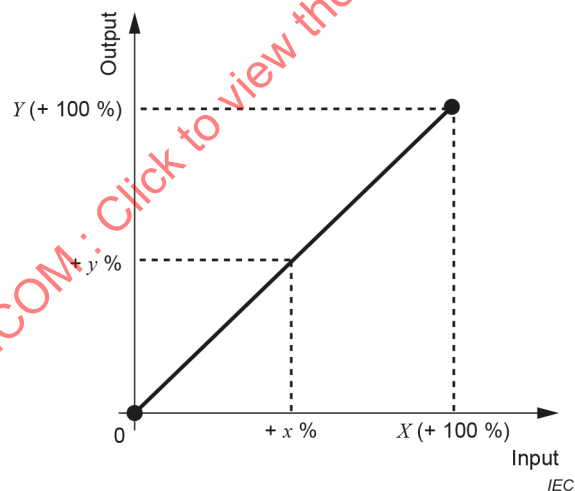


Figure A.1 – Transfer function curve A

Curve B is described in Figure A.2.

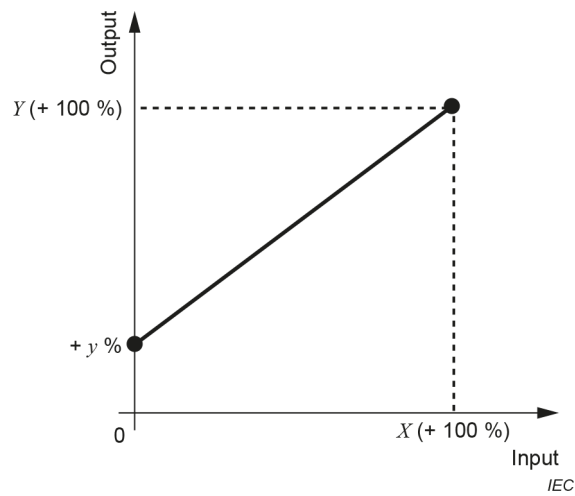


Figure A.2 – Transfer function curve B

Curve C is described in Figure A.3.

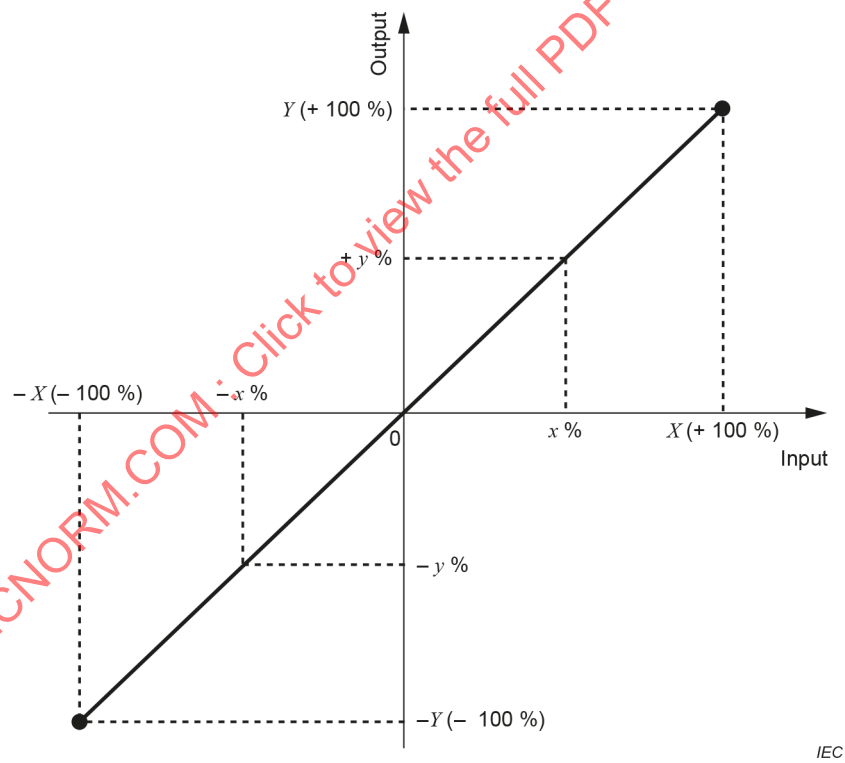


Figure A.3 – Transfer function curve C

Curve D is described in Figure A.4.

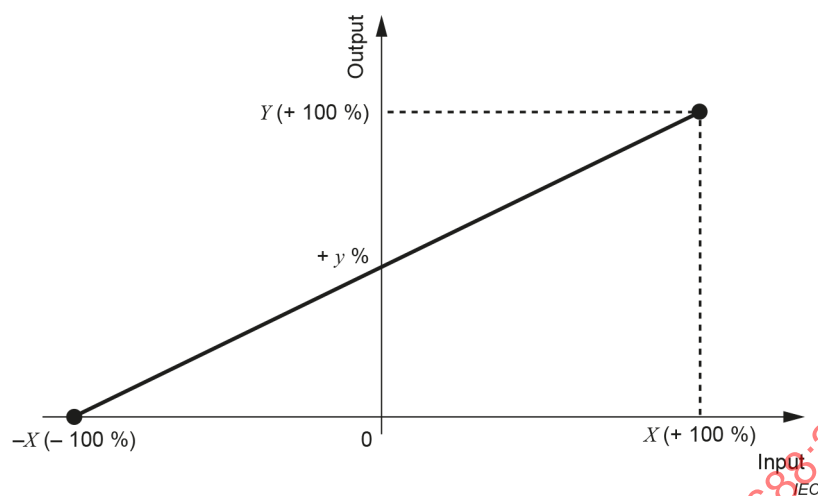


Figure A.4 – Transfer function curve D

Curve E is described in Figure A.5.

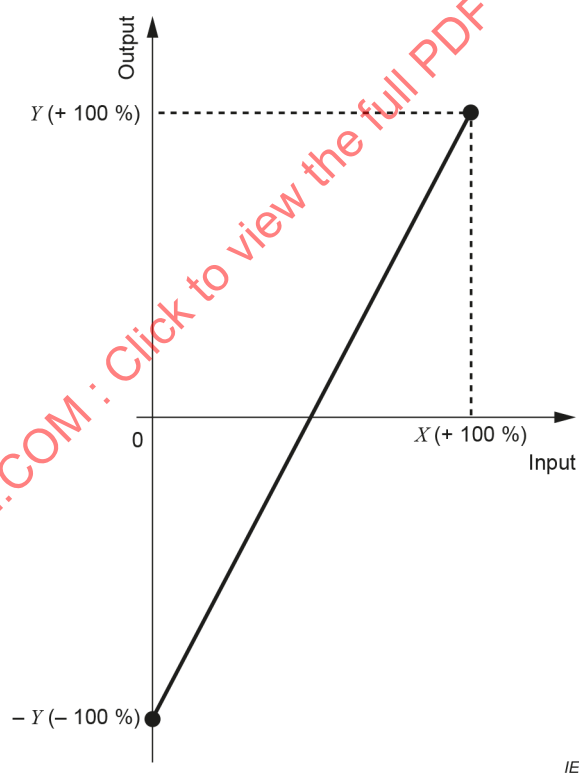


Figure A.5 – Transfer function curve E

Curve F is all other kinds of curves.

The accuracy class shall be checked for each point of the transfer function according to the formula:

$$\frac{Y - R}{R} \times 100$$

where

R is the value of the output signal under reference conditions;

Y is the value of the output signal measured at one extreme of the influence quantity.

For the curves F , F shall be replaced by R in the calculations in A.7.2 to A.7.18.

A.6.6.7 Pulse output signals

The digital output signals chosen shall correspond with the requirements for transducers concerning accuracy and response time as well as with the requirements of the communication system.

A.6.6.8 Ripple (for analogue outputs)

The maximum ripple content in the output signal shall not exceed twice the class index.

A.6.6.9 Response time

Before determining the response time, the transducer shall be under reference conditions and the auxiliary circuit shall be energized for at least the pre-conditioning time unless it is energized from one of the input quantities and is not separately accessible.

The response time shall be stated by the manufacturer and shall be determined for an input step such that it would produce a change in output signal from 0 % to 90 % of the fiducial value.

If a test for decreasing input is required, the input step should produce a change in output signal from 100 % to 10 % of the fiducial value.

The interval (see 3.2.18) shall be ± 1 % of the upper nominal value of the output signal.

Methods of test for frequency transducers and transducers with suppressed zero shall be stated by the manufacturer.

A.6.6.10 Variation due to over-range of the measurand

If, by agreement, a transducer is required to operate with an input up to 150 % of the nominal value, the difference between the intrinsic error at 100 % and the error at 150 % (under reference conditions) of the nominal value of the input shall not exceed 50 % of the class index.

For active power and reactive power transducers, 150 % of the nominal value is achieved by increasing the current while retaining the voltage at the nominal value.

A.6.6.11 Limiting value of the output signal

The output signal shall be limited to a maximum of twice the upper nominal value.

When the measurand is not between its lower and upper nominal values, the transducer shall not, under any conditions, for example over-current or under-voltage, produce an output having a value between its lower and upper nominal values.

A.6.6.12 Limiting conditions of operation

The limits of the nominal ranges of use given in A.6.7 are those within which the transducer will comply with the requirements of this document. It is possible to operate transducers beyond these limits, but the user should note that it is possible that:

- the accuracy will not be maintained, and/or
- the designed operational lifetime will be reduced.

As an example, many transducers will operate in ambient temperatures as low as -25 °C and as high as $+70\text{ °C}$ but the manufacturer should be consulted as to the degradation to be expected in both accuracy and operational lifetime.

A.6.6.13 Limits of the measuring range

When the limits of the measuring range do not coincide with the lower and upper nominal values of the output, the limits of the measuring range shall be marked – see A.6.7.2.

A.6.6.14 Limiting conditions for storage and transport

Unless otherwise stated by the manufacturer, transducers shall be capable of withstanding, without damage, exposure to temperatures within the range specified in Table A.1 for storage and transport.

After returning to reference conditions, they shall meet the requirements of this document.

The manufacturer shall specify any additional limiting condition required to ensure the integrity of the transducer.

A.6.6.15 Sealing

When the transducer is sealed to prevent unauthorized adjustment, access to the internal circuit and to the components within the case shall not be possible without destroying the seal.

A.6.6.16 Stability

Transducers shall comply with the relevant limits of intrinsic error specified for their respective accuracy classes for a period specified by the manufacturer, provided that the conditions of use, transport and storage specified by the manufacturer are complied with.

NOTE Usually, the period will be below one year.

A.6.7 Marking requirements

A.6.7.1 General

Subclause 6.7 applies in addition to the below requirements.

A.6.7.2 Marking on the case

Transducers shall bear, in addition to markings required by IEC 61010-1 and IEC 61010-2-030, on (or visible through) one of the external surfaces of the case, the markings listed below. The markings shall be legible and indelible. The symbols referred to below are specified in Table A.7.

- a) Class index (symbol E-10 or E-11).
- b) Nature of the measurand and number of circuits (symbol B-2, B-4 or B-6 to B-10).
- c) Lower and upper nominal values (RMS values if AC) of the measurand.
- d) Ratios of current transformers and voltage transformers, if any, with which the transducer is intended to be used.

- e) Range of values of the output current (voltage) and output load within which specified operation is obtained (analogue signals only).
- f) Limits of the measuring range, if appropriate (see A.6.6.13).
- g) Symbol showing that some other essential information is given in a separate document (symbol F-33).
- h) Space for adjustment data (if appropriate).
- i) Nominal range of use for temperature, according to usage group I, II or III.
- j) Common mode voltage.

TRD1 should be marked with the reference of this document.

If the markings and symbols are on an easily removable part, such as a cover, the transducer shall have a serial number which shall also be marked on the body of the transducer.

Transducers having a non-linear relationship between input and output shall be marked with the symbol F-33, and actual relationship between input and output shall be given in a separate document.

A.6.7.3 Markings relating to the reference conditions and nominal ranges of use for transducers

The reference values (or ranges) and nominal ranges of use, if different from those given in Table A.4 and Table A.5 and A.6.6, shall be marked on the transducer or given in a separate document.

When a reference value or a reference range is marked, it shall be identified by underlining.

Table A.6 shows the significance of the various markings, for example for temperature.

Table A.6 – Examples of marking relating to the reference conditions and nominal range of use for temperature

Example *	Meaning
–5 ... <u>23</u> ... 55 °C	Conforms to group I
–25 ... 15 ... <u>30</u> ... 70 °C	Conforms to group II
–35 ... <u>0</u> ... <u>45</u> ... 75 °C	Conforms to group III
0 ... <u>25</u> ... 40 °C	Reference value: 25 °C Nominal range of use: 0 °C to 40 °C
–5 ... <u>20</u> ... <u>30</u> ... 35 °C	Reference range: 20 °C to 30 °C Nominal range of use: –5 °C to 35 °C
Three or four numbers shall always be used, and the reference conditions range shall be underlined.	

A.6.7.4 Identification of connections and terminals

If so required for the correct use of the transducer, a diagram or table of connections shall be supplied, and the terminals shall be clearly marked to show the proper method of connection.

If a terminal of a measuring circuit is intended to be kept at, or near to earth (ground) potential (for example, for safety or functional reasons), it shall either be marked with a capital N if it is intended to be connected to the neutral conductor of an AC supply circuit, or it shall be marked with symbol F-45 (see Table A.7) in all other circumstances.

The earthing terminal(s) shall be marked using symbol(s) F-31 and/or F-42 to F-45, as appropriate.

Table A.7 – Symbols for marking transducers

No.	Item		Symbol
B Nature of input quantity(ies) and number of measuring circuits			
B-1	DC circuit (for auxiliary supply only)	IEC 60417-5031 (2002-10)	
B-2	AC circuit (single phase)	IEC 60417-5032 (2002-10)	
B-3	DC and AC circuit	IEC 60417-5033 (2002-10)	
B-4	Three-phase AC circuit (general symbol)	IEC 60417-5032-1 (2002-10)	3
B-6	One measuring element for three-wire network	IEC 60417-5032-1 (2002-10), modified – "1E" has been added	3 1E
B-7	One measuring element for four-wire network	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modified – "1E" has been added	3N 1E
B-8	Two measuring elements for three-wire network with unbalanced load	IEC 60417-5032-1 (2002-10), modified – "2E" has been added	3 2E
B-9	Two measuring elements for four-wire network with unbalanced load	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modified – "2E" has been added	3N 2E
B-10	Three measuring elements for four-wire network with unbalanced load	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modified – "3E" has been added	3N 3E
C Safety (see IEC 61010-1:2010)			
E Accuracy class			
E-10	Class index (e.g. 1) when the fiducial value corresponds to the span	---	1
E-11	Class index (e.g. 0,5) when the fiducial value corresponds to half the span	---	0,5 / 0,5
F General symbols			
F-31	Earth (ground) terminal (general symbol)	IEC 60417-5017 (2006-08)	
F-33	Caution, (refer to a separate document)	ISO 7000-0434B (2004-01)	
F-42	Frame or chassis terminal	IEC 60417-5020 (2002-10)	
F-43	Protective earth (ground) terminal	IEC 60417-5019 (2006-08)	
F-44	Functional earth terminal	IEC 60417-5018 (2011-07)	

No.	Item		Symbol
B Nature of input quantity(ies) and number of measuring circuits			
F-45	Measuring circuit earth (ground) terminal	IEC 60417-5017 (2006-08)	
F-46	Positive terminal	IEC 60417-5005 (2002-10)	
F-47	Negative terminal	IEC 60417-5006 (2002-10)	

A.6.8 Documentation requirements

The following information shall be given in the document supplied with the transducer, in addition to documentation elements specified in IEC 61010-1 and IEC 61010-2-030:

- response time;
- the variation due to a magnetic field of external origin;
- the actual relationship between input and output (see required indications according to type of curves given in A.6.6.1 for output current transfer functions);
- EMC emission class A or class B;
- safety class: class F or class D;
- type of use: outdoor and/or indoor;
- any information from A.6.7.2 that could not fit onto the transducer.

A.7 Type tests for TRD1

A.7.1 General

Clause 7 of this document applies in addition to the below requirements.

A.7.2 General additional requirements for type tests for TRD1

A.7.2.1 Determination of variations

The variation due to an influence quantity shall be determined for each influence quantity. During the tests, all other influence quantities shall be maintained at reference conditions.

All the influence quantities are given in A.7.3 to A.7.23, together with the appropriate testing procedure, computations and the permissible variations for each usage group expressed as a percentage of the class index. None of the variations determined shall exceed the permissible values.

Variations shall be determined at the upper nominal value of the output and, at least, at one other point.

For apparent power, active power and reactive power transducers, these values shall be obtained by maintaining the voltage and power factor at their reference conditions and varying the value of the current.

For DC power transducers, these values shall be obtained by maintaining the voltage at its reference conditions and varying the value of the current.

When a reference range is specified, the influence quantity shall be varied between each of the limits of the reference range and any value in that part of the nominal range of use which is adjacent to the chosen limit of the reference range.

A.7.2.2 Computations

In A.7.2.2 to A.7.2.3, a computation is required according to a formula. The terms in the formulae follow a general principle:

- R is the value of the output signal under reference conditions;
- X (or Y) is the value of the output signal measured at one extreme of the influence quantity;
- F is the fiducial value.

NOTE For curves F (see A.6.6.6) replace in all the following formulae F with R .

A.7.3 Variations due to auxiliary supply voltage

A.7.3.1 Application

All transducers requiring a DC or an AC auxiliary supply except where this is obtained from the input voltage or current and the connections cannot be separated for testing purposes.

A.7.3.2 Procedure

Apply the nominal value of auxiliary supply voltage and record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, reduce the auxiliary supply voltage to the lower limit given in A.7.3.4 and record the value of the output signal (X). Increase the auxiliary supply voltage to the upper limit given in A.7.3.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.3.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.3.4 Permissible variations

For AC auxiliary supplies, Table A.8 applies.

Table A.8 – Permissible variations due to AC auxiliary supply

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	90 to 110	50
II	80 to 120	50
III	80 to 120	50

For DC auxiliary supplies, Table A.9 applies.

Table A.9 – Permissible variations due to DC auxiliary supply

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	85 to 125	50
II	85 to 125	50
III	85 to 125	50

A.7.4 Variations due to auxiliary supply frequency**A.7.4.1 Application**

All transducers requiring an AC auxiliary supply except where this is obtained from the input voltage or current and the connections cannot be separated for testing purposes.

A.7.4.2 Procedure

Apply the nominal value of auxiliary supply frequency and record the value of the output signal (R). At a constant value of the measurand, reduce the auxiliary supply frequency to the lower limit given in A.7.4.4 and record the value of the output signal (X).

Increase the auxiliary supply frequency to the upper limit given in A.7.4.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.4.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.4.4 Permissible variations

Table A.10 applies.

Table A.10 – Permissible variations due to auxiliary supply frequency

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	90 to 110	50
II	90 to 110	50
III	90 to 110	50

A.7.5 Variations due to ambient temperature**A.7.5.1 Application**

All transducers.

A.7.5.2 Procedure

At a constant value of the measurand and at reference temperature, record the value of the output signal (R).

Increase the ambient temperature to the upper limit given in A.7.5.4 and allow sufficient time for conditions to stabilize (30 min is usually adequate). Record the value of the output signal (X).

Reduce the ambient temperature to the lower limit given in A.7.5.4 and allow the same stabilization to take place. Record the stabilization time and the value of the output signal (Y).

A.7.5.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.5.4 Permissible variations

Table A.11 applies.

Table A.11 – Permissible variations due to ambient temperature

Usage group	Nominal range of use °C	Variation % of class index
I	10 to 35	100
II	0 to 45	100
III	–10 to 55	100

A.7.6 Variations due to the frequency of the input quantity(ies)

A.7.6.1 Application

All transducers except frequency transducers and DC transducers. Frequency sensitive transducers (e.g. those employing phase shifting circuits) are exceptions and the nominal range of use shall always be marked.

A.7.6.2 Procedure

Apply the nominal value of the input frequency and record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, reduce the frequency to the lower limit given in A.7.6.4 and record the value of the output signal (X).

Increase the frequency to the upper limit given in A.7.6.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.6.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.6.4 Permissible variations

Table A.12 applies.

Table A.12 – Permissible variations due to the frequency of input quantity

Usage group	Nominal frequency range of use %	Variation % of class index
I	90 to 110	100
II	90 to 110	100
III	90 to 110	100
Frequency sensitive	As marked	100

A.7.7 Variations due to the input voltage

A.7.7.1 Application

Subclause A.7.7 applies to all transducers except voltage and current transducers.

A.7.7.2 Procedure

Apply the nominal value of the input voltage and record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, reduce the voltage to the lower limit given in A.7.7.4 and record the value of the output signal (X).

Increase the voltage to the upper limit given in A.7.7.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.7.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.7.4 Permissible variations

Table A.13 applies.

Table A.13 – Permissible variations due to the input voltage

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	80 to 110	50
II	80 to 120	50
III	80 to 120	50

A.7.8 Variations due to the input current

A.7.8.1 Application

Subclause A.7.8 applies to phase angle transducers and power factor transducers.

A.7.8.2 Procedure

Apply the nominal value of the input current and record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, reduce the input current to the lower limit given in A.7.8.4 and record the value of the output signal (X).

Increase the input current to the upper limit given in A.7.8.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.8.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.8.4 Permissible variations

Table A.14 applies.

Table A.14 – Permissible variations due to the input current

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	20 to 120	100
II	20 to 120	100
III	20 to 120	100

A.7.9 Variations due to power factor**A.7.9.1 Application**

Subclause A.7.9 applies to apparent, active and reactive power transducers.

A.7.9.2 Procedure

Apply respectively 50 % (5 %) of the nominal value of the input current at a power factor of 1,0 and record the two values of the output signal (R). At a constant value of the measurand, increase the input current to 100 % (10 %) of the nominal value and reduce the power factor to 0,5 lag/lead, respectively. Record the two values of the output signal (X).

For convenience, when testing the reactive power transducers, it is usual to apply the equivalent values of $\sin \varphi$.

Active power transducers shall also be tested for error at a power factor of zero and reactive power transducers at a $\sin \varphi = 0$.

A.7.9.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.9.4 Permissible variations

Table A.15 applies.

Table A.15 – Permissible variations due to power factor

Usage group	Nominal range of use	Variation % of class index
I	$\cos(\sin) \varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50
II	$\cos(\sin) \varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50
III	$\cos(\sin) \varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50

For all transducers, the error at a power factor of zero (or $\sin \varphi = 0$) shall not exceed 100 % of the class index.

A.7.10 Variation due to output load

A.7.10.1 Application

Subclause A.7.10 applies to all variable output load transducers.

A.7.10.2 Procedure

Apply a value of output load equal to the mean value of the nominal range and record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, reduce the resistance of the output load to the lower limit given in A.7.10.4 and record the value of the output signal (X).

Increase the resistance of the output load to the upper limit given in A.7.10.4 and record the value of the output signal (Y).

A.7.10.3 Computation

The variations are: $\frac{X - R}{F} \times 100$

and: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.10.4 Permissible variations

Table A.16 applies.

Table A.16 – Permissible variations due to output load

Usage group	Nominal range of use %	Variation % of class index
I	10 to 100	50
II	10 to 100	50
III	10 to 100	50

A.7.11 Variations due to distortion of the input quantity(ies)**A.7.11.1 Application**

Subclause A.7.11 applies to all transducers characterized by the manufacturer for use on systems having distorted waveforms, except harmonics transducers.

A.7.11.2 Procedure

Apply the chosen value of input quantity with no distortion and record the value of the output signal (R). Introduce third harmonic distortion at the level given in A.7.11.4, maintaining the RMS values constant, and record the value of the output signal (X). The phase relationship between the harmonic and the fundamental should be varied so as to determine the most unfavourable conditions.

For apparent, active, and reactive power transducers, the test is performed with distorted current waveform and then repeated with distorted voltage waveform.

For apparent active and reactive power transducers not employing phase shifters, the permissible variations are given in A.7.11.4.

For reactive power transducers employing phase shifters, the permissible variations shall be specified by the manufacturer.

A.7.11.3 Computation

The variation is: $\frac{X - R}{F} \times 100$

A.7.11.4 Permissible variations

Table A.17 applies.

Table A.17 – Permissible variations due to distortion of input quantities

Usage group	Nominal range of use	Variation % of class index
I	Distortion factor 0,2	200
II	Distortion factor 0,2	200
III	Distortion factor 0,2	200

A.7.12 Variation due to magnetic field of external origin**A.7.12.1 Application**

Subclause A.7.12 applies to magnetically sensitive transducers.

A.7.12.2 Procedure

The transducer is placed in the centre of a coil of 1 m mean diameter of square cross section and of radial thickness small compared with the diameter. Other devices which produce an adequate homogeneous magnetic field in the absence of the transducer under test are also permissible. 400 ampere-turns in this coil will produce, at the centre of the coil, in the absence of the transducer under test, a magnetic field strength of 0,4 kA/m. The magnetic field shall be produced by a current of the same kind and frequency as that which energizes the measuring circuit and shall be such as to have the most unfavourable combination of phase and orientation. The values of AC fields are expressed in RMS values.

Any transducer having an external dimension exceeding 250 mm shall be tested in a coil of mean diameter not less than four times the maximum dimensions of the transducer. The magnetic field strength being the same as that given above.

In the absence of the external field, record the value of the output signal (R).

At a constant value of the measurand, apply the external field and record the value of the output signal (X).

A.7.12.3 Computation

The variation is:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.12.4 Permissible variations

Table A.18 applies.

Table A.18 – Permissible variations due to magnetic field of external origin

Usage group	Variation % of class index
I	100
II	100
III	100

A.7.13 Variation due to unbalanced currents

A.7.13.1 Application

Subclause A.7.13 applies to multi-element apparent, active and reactive power transducers.

A.7.13.2 Procedure

The currents shall be balanced and adjusted so that the output signal is approximately in the middle of the span or, if zero output signal is within the span, half-way between zero and the upper nominal value of the output signal. Record the value of the output signal (R).

Disconnect one current, maintaining the voltages balanced and symmetrical, and adjust the other currents, maintaining them equal, so as to restore the initial value of the measurand.

Record the value of the output signal (X).

A.7.13.3 Computation

The variation is: $\frac{X - R}{F} \times 100$

A.7.13.4 Permissible variations

Table A.19 applies.

Table A.19 – Permissible variations due to unbalance currents

Usage group	Variation % of class index
I	100
II	100
III	100

A.7.14 Variation due to interaction between measuring elements**A.7.14.1 Application**

Subclause A.7.14 applies to all multi-element apparent, active power and reactive power transducers except those employing two measuring elements for measuring three-phase four-wired unbalanced power with three current circuits (sometimes known as "two and a half elements") and those reactive power transducers using cross-connection methods.

A.7.14.2 Procedure

The voltage input of one measuring circuit alone shall be energized at nominal voltage. The current input of each of the other measuring circuits shall be energized in turn at nominal current. The maximum deviation of the output signal (X) from that corresponding to zero of the measurand shall be noted whilst the phase angle between the voltage and currents is changed through 360°.

If the auxiliary supply is common to one of the voltage input circuits, this circuit shall be the one to which the voltage is applied.

A.7.14.3 Computation

The variation is: $\frac{X}{F} \times 100$

A.7.14.4 Permissible variations

Table A.20 applies.

Table A.20 – Permissible variations due to interactions between measuring elements

Usage group	Variation % of class index
I	50
II	50
III	50

A.7.15 Variation due to self-heating

A.7.15.1 Application

Subclause A.7.15 applies to all transducers.

A.7.15.2 Method

The transducer shall be at ambient temperature and shall have been disconnected for at least 4 h. Energize the transducer in accordance with reference conditions defined in Table A.4 and Table A.5.

After 1 min and before the third minute, determine the value of the output signal (X). Repeat this procedure between the 30th and 35th minute after energization (R).

A.7.15.3 Computation

The variation is:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.15.4 Permissible variations

Table A.21 applies.

Table A.21 – Permissible variations due to self-heating

Usage group	Variation % of class index
I	100
II	100
III	100

A.7.16 Variation due to continuous operation

A.7.16.1 Application

Subclause A.7.16 applies to all transducers.

A.7.16.2 Procedure

Energize the transducer under reference conditions for at least the preconditioning period. Record the value of the output (R). After a convenient period of continuous operation, for example 6 h, note the value of the output (X).

A.7.16.3 Computation

The variation is:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.16.4 Permissible variation

A variation is allowed but the transducer shall continue to comply in all respects with the requirements appropriate to its accuracy class.

A.7.17 Variation due to common mode interference

A.7.17.1 Application

Subclause A.7.17 applies to all transducers having an analogue output signal.

A.7.17.2 Procedure

At a constant value of the measurand near the upper nominal value, record the value of the output signal (R). Apply a voltage of 100 V RMS, at 45 Hz to 65 Hz. Record the value of the output signal (X).

A.7.17.3 Computation

The variation is:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.17.4 Permissible variations

Table A.22 applies.

Table A.22 – Permissible variations due to continuous operation

Usage group	Variation % of class index
I	100
II	100
III	100

A.7.18 Variation due to series mode interference

A.7.18.1 Application

Subclause A.7.18 applies to all transducers having an analogue current output signal.

A.7.18.2 Procedure

At a constant value of the measurand near the upper nominal value and with the compliance voltage at 80 % of the maximum value, record the value of the output signal I.

Apply a voltage of 1 V RMS at 45 Hz to 65 Hz, in series with the output signal. Record the value of the output signal (X).

NOTE The internal DC resistance of the source of the series-mode interference, if excessive, can influence the test results, especially for the fixed output load transducers.

A.7.18.3 Computation

The variation is:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.18.4 Permissible variations

Table A.23 applies.

Table A.23 – Permissible variations due to series mode interference

Usage group	Variation % of class index
I	100
II	100
III	100

A.7.19 Permissible excessive inputs**A.7.19.1.1 General**

After completion of the tests described in A.7.19.1.2 and A.7.19.1.3 and after having regained equilibrium with the reference value of the ambient temperature, the transducer shall comply with the requirements appropriate to its class index.

A.7.19.1.2 Continuous excessive inputs

The transducer shall withstand the application of excessive inputs simultaneously for 24 h.

- Voltage inputs, including auxiliary supplies, shall be subjected to 120 % of the nominal value of the voltage.
- Current inputs shall be subjected to 120 % of the nominal value of the current.

A.7.19.1.3 Excessive inputs of short duration

The tests shall be made under reference conditions. The excessive input amplitudes of short duration which shall be applied to transducers are:

- for voltage inputs: 200 % of the nominal value of the measured voltage applied for 1 s and repeated 10 times at 10 s intervals;
- for current inputs: 20 times the nominal value of the measured current applied for 1 s and repeated 5 times at 300 s intervals.

The test circuit shall be substantially non-reactive.

After testing, the intrinsic characteristics of the transducer shall be unchanged.

A.7.19.1.4 Voltage test, insulation tests and other safety requirements

The requirements for the voltage test and other safety requirements are included in IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, to which reference shall be made.

A.7.20 Impulse voltage tests

A peak test voltage of 5 kV in both positive and negative senses, having the standardized impulse waveform of 1,2/50 μ s, shall be applied to transducers as follows:

- between the earth terminal and all the other terminals connected together;
- between the terminals of each circuit in turn, all other circuits being earthed.

Three positive and three negative impulses shall be applied at intervals of not less than 5 s. Any flashover (capacitance discharge) shall be considered a criterion of failure unless occurring in a component designed for such.

For further details of the impulse voltage test, reference should be made to IEC 61010-1:2010, IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, and IEC 61010-2-030:2023.

After completion of the impulse voltage test, the transducer shall comply with the requirements appropriate to its class index.

Auxiliary circuits with a reference voltage of over 40 V shall be subjected to the impulse voltage test under the same conditions as those already given for the other circuits.

A.7.21 High frequency disturbance test

The high frequency disturbance test shall be in accordance with IEC 61326 (all parts).

A.7.22 Test for temperature rise

The transducer shall be energized as follows:

- each current circuit shall carry a current of 1,1 times the nominal current;
- each voltage circuit shall be supplied with a voltage of 1,2 times the nominal voltage.

These conditions shall be maintained for at least 2 h. During the test, the transducer shall not be exposed to forced ventilation or to direct solar radiation.

The temperature rise of the following parts of the transducer shall not exceed:

- for input circuits: 60 K;
- for the exterior surface: 25 K.

A.7.23 Other tests

If, by agreement between the manufacturer and purchaser, other tests are required, the following publications shall apply:

- for vibration: IEC 60068-2-6;
- for shock: IEC 60068-2-27.

Annex B (normative)

Requirements for TRD2

B.1 General

Clause 1 of this document applies.

B.2 References for the purposes of this Annex B

Clause 2 of this document applies.

B.3 Terminology for the purposes of this Annex B

Clause 3 of this document applies.

B.4 Environmental conditions

B.4.1 General

TRD2 are used in the environmental conditions of measuring equipment such as PMD complying with IEC 61557-12:2018 or PQI complying with IEC 62586-1:2017.

B.4.2 Normal environmental conditions

Various environments, such as electrical distribution systems or supply grids, can be considered as normal environments.

Normal environmental conditions have been translated into ratings in Clause B.5. See Table B.1 for environmental conditions parameters.

Table B.1 – Environmental conditions parameters

Parameter	Indoor operation ^b	Outdoor operation
Temperature	See B.5.4	See B.5.4
Humidity	See B.5.4	See B.5.4
Vibrations or earth tremors	negligible ^a	negligible ^a
Solar radiation	negligible	≤ 1 120 W/m ²
Wind-driven precipitation (rain, snow, hail, etc.)	negligible	15 mm/mn ^c
Air pollution by dust, salt, smoke, corrosive/flammable gas, vapors	negligible	Significant air pollution by dust and salt
Altitude	≤ 2 000 m	≤ 2 000 m
EMC	Commercial, professional, light and heavy industrial environments as defined in IEC 61000-2-3	
System earthing	TT, TNC, TNS, TNC-S, IT	
^a This item is under consideration for future revision.		
^b Indoor environment: Equipment for use in enclosures and/or inside buildings or shelters. Equipment installed in outdoor enclosures or shelters is considered for indoor use.		
^c For these conditions, condensation can occasionally occur.		

B.5 Ratings for TRD2

B.5.1 General

The basic ratings of TRD2 shall include the following items (as applicable).

1) Input ratings

- rated frequency (f_r);
- rated input voltage (U_{pr}).

The ratings for a TRD2 having a current input shall include, in addition,

- rated primary current (I_{n-low}),
- rated extended primary current (I_{n-high}),
- rated continuous thermal current (I_{cth}),
- rated short-time thermal current (I_{th}), and
- rated dynamic current (I_{dyn}).

2) Output ratings

- rated output current (I_{sr}), for TRD2 delivering a current output;
- rated output voltage (U_{sr}), for TRD2 delivering a voltage output;
- rated output frequency (f_{sr}), for TRD2 delivering a frequency output;
- rated burden Z_{br} .

3) General ratings

- accuracy class;
- rated temperature class;
- rated humidity class;
- rated auxiliary power supply, if any;
- overvoltage category;
- measurement category for TRD2 class F.

B.5.2 Input ratings

B.5.2.1 General

A TRD2 may have multiple ratings.

NOTE As an example, a TRD2 can have 2 ratings of U_{pr} (one for DC and one for AC) or 2 ratings of I_{n-low} (one for DC and one for AC). This is also the case for I_{cth} rating.

B.5.2.2 Rated frequency

For AC applications, the standard values of the rated frequency are:

16,7 Hz, 50 Hz, 60 Hz and 400 Hz.

B.5.2.3 Input voltage ratings

The rated input voltage shall be specified by the manufacturer, taking into account IEC 61010-1:2010, Annex I and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Annex I, considering line-to-neutral voltage relevant to mains system type and nominal voltage.

B.5.2.4 Input current ratings

B.5.2.4.1 Rated primary current (I_{n-low} , I_{n-high})

The rated input current values shall be specified by the manufacturer.

B.5.2.4.2 Rated maximum current (I_{max})

The standard value for the rated maximum primary current (I_{max}) of the TRD2 shall be 120 % of the rated extended current (I_{n-high}).

The TRD2 shall be able to withstand I_{max} during 2 h without any damage.

Compliance is checked according to test B.7.6.1.7.

B.5.2.4.3 Rated extended input current factor (K_{max})

A value K_{max} shall be assigned to the TRD2; the minimum value allowed is 1,2.

The preferred values are:

1,2 – 2 – 4 – 5 – 8 – 10 – 16 – 20 – 50 – 100

B.5.2.4.4 Rated continuous thermal current (I_{cth})

The minimum value for the rated continuous thermal current (I_{cth}) of the TRD2 shall be 100 % of the rated extended input current (I_{n-high}).

When a rated continuous thermal current greater than 100 % of the rated extended input current (I_{n-high}) is specified, the preferred values are 120 %, 150 % and 200 % of rated input current.

B.5.2.5 Short-time current ratings

B.5.2.5.1 Rated short-time thermal current (I_{th})

A rated short-time thermal current (I_{th}) shall be assigned to the equipment.

If the duration is not specified, the minimum value of the duration of the rated short-time thermal current shall be 1 s.

B.5.2.5.2 Rated dynamic current (I_{dyn})

Unless otherwise specified by the manufacturer, the standard value of the rated dynamic current (I_{dyn}) shall be 2,5 times the rated short-time thermal current (I_{th}).

B.5.3 Output ratings

B.5.3.1 Rated output interfaces

Rated output interfaces are defined through interface coding, as defined in Annex C.

NOTE Annex C provides also most common output interfaces.

Output ratings are defined at I_{n-low} for TRD2 measuring current, and at U_{pr} for TRD2 measuring voltage.

B.5.3.2 Rated burden

B.5.3.2.1 Rated burden for TRD2 with an AC or DC voltage output, or a frequency output

The preferred value of rated burden is defined by a resistance in parallel with a capacitance according to Table B.2.

Table B.2 – Preferred rated burden for TRD2 with an AC or DC voltage output, or a frequency output

Burden	Resistance	Capacitance
$Z_{br} U1$	2 M Ω	50 pF
$Z_{br} U2$	200 k Ω	500 pF
$Z_{br} U3$	10 k Ω	10 nF

The impact of the total burden impedance range on accuracy is covered under accuracy classes.

Attention should be paid to the parallel capacitance of instruments. If the transmitting cable is not part of the TRD2, the capacitance of the cable shall be considered as part of the burden.

NOTE Typical cable capacitance is in the range from 15 pF/m to 100 pF/m for unshielded cables.

If a cable is factory mounted, it shall not be changed/modified in order to preserve the specified characteristics of the device, except if special considerations are undertaken to take into account the modified characteristics of the TRD2 based on manufacturer's information.

B.5.3.2.2 Rated burden for TRD2 with an AC or DC current output

The preferred value of rated burden is defined by the impedance in parallel according to Table B.3.

Table B.3 – Rated burden for TRD2 with an AC or DC current output

Burden	Resistance	Power factor
$Z_{br} I1$	1 Ω	1
$Z_{br} I2$	2,7 Ω	1

B.5.3.3 Power supply

Rated external power supply and power supply provided by measuring equipment connected to TRD2 output are defined in Annex C.

B.5.4 General ratings

B.5.4.1 Accuracy classes

The standard accuracy classes for TRD2 are defined in Table B.11, Table B.12, Table B.13 and Table B.14.

B.5.4.2 Rated temperature classes

The standard temperature classes K40, K45, K55, K70 and Ks for TRD2 are defined in Table B.4.

Table B.4 – Rated temperatures for TRD2

	K40 temperature class	K45^d temperature class	K55^d temperature class	K70^d temperature class of TRD2	Ks^{b d} temperature class of TRD2
Rated operating range^c (with specified uncertainty)	–5 °C to +40 °C	–10 °C to +45 °C	–5 °C to +55 °C	–25 °C to +70 °C	According to manufacturer's specification ^a
Limit range of operation (no hardware failures)	–10 °C to +55 °C	–25 °C to +55 °C	–5 °C to +55 °C	–25 °C to +70 °C	
Limit range for storage and shipping	–40 °C to +70 °C	–25 °C to +70 °C	–25 °C to +70 °C	–40 °C to +85 °C	

^a Limits shall be defined by the manufacturer according to the application.

^b Ks stands for special temperature class.

^c An operating temperature is the highest temperature of the air in close proximity to TRD2.

^d K45 temperature class corresponds to F11 of IEC 62586-1:2017 and "indoor use" condition of IEC 62052-11:2020.

K55 temperature class corresponds to K55 class of IEC 61557-12:2018.

K70 temperature class corresponds to K70 class of IEC 61557-12:2018.

Ks temperature class corresponds to any other temperature class, e.g. Kx class of IEC 61557-12:2018, or F12 or FO classes of IEC 62586-1:2017.

B.5.4.3 Rated humidity classes

Table B.5 provides the rated humidity classes (standard humidity class and extended humidity class) for TRD2. See Figure B.1 for the relationship between ambient air temperature and relative humidity.

Table B.5 – Rated humidity classes

	Standard humidity class	Extended humidity class
Rated operating range (with specified uncertainty)	0 % to 75 % RH ^b	0 % to above 75 % RH ^{a b}
Limit range of operation for 30 days/year	0 % to 90 % RH ^b	0 % to above 90 % RH ^{a b}
Limit range for storage and shipping	0 % to 90 % RH ^b	0 % to above 90 % RH ^{a b}
^a Limits shall be defined by manufacturer according to the application. ^b Relative humidity values are specified without condensation.		

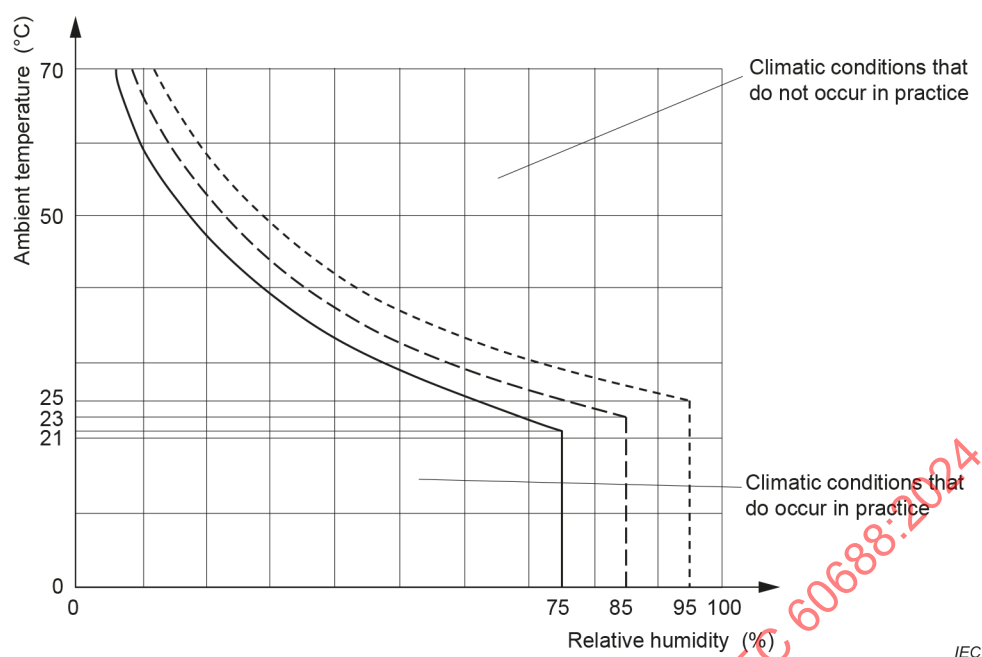


Figure B.1 – Relationship between ambient air temperature and relative humidity

B.6 Requirements for design and construction of TRD2

B.6.1 General

Compliance with requirements of Clause B.6 shall be verified by all applicable tests in accordance with Clause B.7.

If a TRD2 is specified for both AC and DC measuring applications, both AC and DC requirements apply.

However, if a TRD2 is specified for DC measuring with AC components (AC ripples), only DC requirements apply.

Unless otherwise specified in B.6.1 to B.6.8, all the requirements of B.6.1 to B.6.8 apply for TRD2 measuring AC or DC applications.

B.6.2 Safety requirements

Subclause 6.2 of this document applies.

B.6.3 EMC requirements

Subclause 6.3 of this document applies.

B.6.4 Climatic requirements

B.6.4.1 Temperature requirements

TRD2 shall comply with one of the temperature classes defined in B.5.4.2.

B.6.4.2 Corrosion requirements

For TRD2 declared for outdoor use, measures against corrosion during service life shall be considered.

NOTE 1 A corrosion test is specified in subclause B.7.4.2.

For TRD2 declared to be used with aluminium conductors or busbars, galvanic corrosion between materials in contact during service life shall be considered.

NOTE 2 For galvanic corrosion, additional information can be found in IEC 60947-2:2019.

B.6.5 Mechanical requirements

B.6.5.1 Vibration requirements

Under consideration.

B.6.5.2 Degrees of protection

No additional requirements.

B.6.5.3 Mechanical requirements for input terminals for copper conductors and busbars

B.6.5.3.1 Constructional requirements

All parts of terminals which maintain contact and carry current shall be of metal having adequate mechanical strength.

Terminal connections shall be such that the force to connect the conductors may be applied by screws, screwless-type or other equivalent means so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained.

Terminals shall be constructed so that the conductors can be clamped between suitable surfaces without any significant damage either to conductors or terminals.

Terminals shall not allow the conductors to be displaced or be displaced themselves in a manner detrimental to the operation of equipment and the insulation voltage shall not be reduced below the rated values.

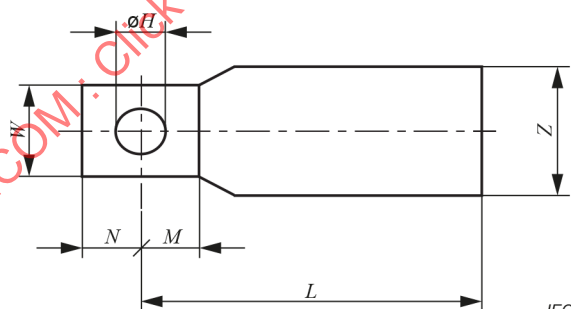
If required by the application, terminals and conductors may be connected by means of cable lugs for copper conductors only (see Table B.6).

Table B.6 – Examples of terminal lugs for equipment connected to copper conductors

Conductor cross-sectional area mm ²		Dimensions (See Figure B.2) mm						Clearance hole for mounting bolt
Flexible	Solid or stranded	<i>L</i> max.	<i>N</i> max.	<i>W</i> max.	<i>W</i> Gauge	<i>Z</i> max.	<i>M</i> min.	<i>H</i>
6	10	22	6	10		12	6	M5
10	16	26	6	10		12	6	M5
16	25	28	6	10		12	6	M5
25	35	33	7	12	12,5	17	7	M6
35	50	38	7	12	12,5	17	7	M6
50	70	41	7	12	12,5	17	7	M6
70	95	48	8,5	16	16,5	20	8,5	M8
95	120	51	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
120	150	60	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
150	185	72	11	25	25,5	25	11	M10
185	240	78	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
240	300	89	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
300	400	105	17	40	40,5	40	17	M16
400	500	110	17	40	40,5	40	17	M16

NOTE Other different dimensions of cables lugs are available.

NOTE 1 Examples of overall dimensions of terminal lugs suitable to be directly connected to the stud terminals of equipment are given in Figure B.2

**Figure B.2 – Dimensions**

NOTE 2 Examples of terminals are given in Annex I.

B.6.5.3.2 Connecting capacity

The manufacturer shall state the type (solid or stranded or flexible), the minimum and the maximum cross-sections of conductors for which the terminal is suitable and, if applicable, the number of conductors simultaneously connectable to the terminal. The maximum cross-section of the conductors or bars shall not be smaller than the stated value in the Table B.8 or Table B.9 or Table B.10, as applicable for the rated primary current. The terminal shall be suitable for conductors of the same type (solid or stranded or flexible) at least two sizes smaller, as given in the appropriate column of Table B.7.

Nominal values of cross-section of round copper conductors (both metric and AWG/kcmil sizes) are shown in Table B.7 which also gives the approximate relationship between ISO metric and AWG/kcmil sizes.

Table B.7 – Nominal cross-sections of round copper conductors and approximate relationship between mm² and AWG/kcmil sizes

Nominal cross-section mm ²	AWG/kcmil size	Equivalent metric area mm ²
0,2	24	0,205
0,34	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
–	1	42,4
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
–	400 kcmil	203
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
The dash, when it appears, counts as a size when considering connecting capacity (see B.6.5.3.2)		

Table B.8 – Minimum values for maximum cross section of conductors up to 400 A inclusive

Range of current ^a		Conductor size ^{b, c}	
A		mm ²	AWG/kcmil
0	1	0,2	24
1	2	0,34	22
2	3	0,5	20
3	6	0,75	18
6	8	1,0	-
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250 kcmil
250	275	150	300 kcmil
275	300	185	350 kcmil
300	350	185	400 kcmil
350	400	240	500 kcmil

^a The value of current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table B.7.

^c Either of the two conductors specified for a given current range may be used.

Table B.9 – Minimum values for maximum cross section of conductors from 400 A and up to 800 A inclusive

Range of test current ^a A		Conductors ^{b, c}			
		Metric		kcmil	
		Number	Size mm ²	Number	Size kcmil
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300
^a The value of current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column. ^b The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table B.7. ^c Either of the two conductors specified for a given current range may be used.					

Table B.10 – Minimum values for maximum cross section for copper bars for currents above 400 A and up to 3 150 A inclusive

Range of test current ^a A		Copper bars ^{b, c}		
		Number	Dimensions	Dimensions
			mm	Inches
400	500	2	30 × 5	1 × 0,250
500	630	2	40 × 5	1,25 × 0,250
630	800	2	50 × 5	1,5 × 0,250
800	1 000	2	60 × 5	2 × 0,250
1 000	1 250	2	80 × 5	2,5 × 0,250
1 250	1 600	2	100 × 5	3 × 0,250
1 600	2 000	3	100 × 5	3 × 0,250
2 000	2 500	4	100 × 5	3 × 0,250
2 500	3 150	3	100 × 10	6 × 0,250
^a The value of current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column. ^b The tables give alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches. Comparison between AWG/kcmil and metric sizes is given in Table B.7). ^c Either of the two conductors specified for a given current range may be used.				

B.6.5.3.3 Connection

Terminals for connection to external conductors shall be readily accessible during installation. Clamping screws and nuts shall not serve to fix any other component although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

B.6.6 Functional requirements**B.6.6.1 General**

The requirements of this Subclause B.6.6 apply in addition to those specified in 6.6.

B.6.6.2 Accuracy requirements

B.6.6.2.1 Accuracy classes for TRD2 monitoring AC current (TRD2-IAC) – Limits of relative error (ε) and phase error

The limits for the error on the magnitude and phase (as applicable) at the rated frequency shall not exceed the values given in Table B.11 for the specified accuracy class at the rated burden. A graphical representation of error limits is shown in Figure B.3.

Table B.11 – Limits for relative error and phase error for TRD2-IAC

Accuracy class	Relative error (as applicable)					Phase error (as applicable)									
	$\pm\%$					$\pm\text{min}$					$\pm\text{Centiradians}$				
	at current (times rated input current $I_{n\text{-low}}$)					at current (times rated input current $I_{n\text{-low}}$)					at current (times rated input current $I_{n\text{-low}}$)				
	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}
0,1	-	0,4	0,2	0,1	0,1	-	15	8	5	5	-	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	-	0,75	0,35	0,2	0,2	-	30	15	10	10	-	0,9	0,45	0,3	0,3
0,2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5	-	1,5	0,75	0,5	0,5	-	90	45	30	30	-	2,7	1,35	0,9	0,9
0,5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9
1	-	3,0	1,5	1,0	1,0	-	180	90	60	60	-	5,4	2,7	1,8	1,8
3			4,5	3,0	3,0										

The error shall stay within the accuracy class if the frequency varies in the interval of 45 Hz to 55 Hz (for a nominal frequency of 50 Hz) or 55 Hz to 65 Hz (for a nominal frequency of 60 Hz). For other nominal frequencies like 16,7 Hz or 400 Hz, an interval between -10% and $+10\%$ of the nominal frequency shall be used.

B.6.6.2.2 Accuracy classes for TRD2 monitoring DC current

B.6.6.2.2.1 General

The error for the DC component, at a burden equal to or higher than the rated burden, shall not exceed the values given in Table B.12, expressed as a percentage of the measured current. A graphical representation of error limits is shown in Figure B.3.

The accuracy shall be guaranteed for the whole range of temperature, for both polarities.

Table B.12 – Limits of error for TRD2-IDC

Accuracy class	Relative error (as applicable)			
	$\pm\%$			
	at current (times rated current $I_{n\text{-low}}$)			
	0,05	0,2	1	K_{max}
0,05	0,5	0,13	0,05	0,05
0,1	1	0,25	0,1	0,1
0,2	2	0,5	0,2	0,2
0,5	3,5	1	0,5	0,5
1	5	2	1	1

For current lower than 5 % of the rated current, the absolute error ε_A shall not increase above the value at 5 %.

NOTE The purpose of B.6.6.2.2.1 is to consider a minimum value of error due to offset voltage and noise.

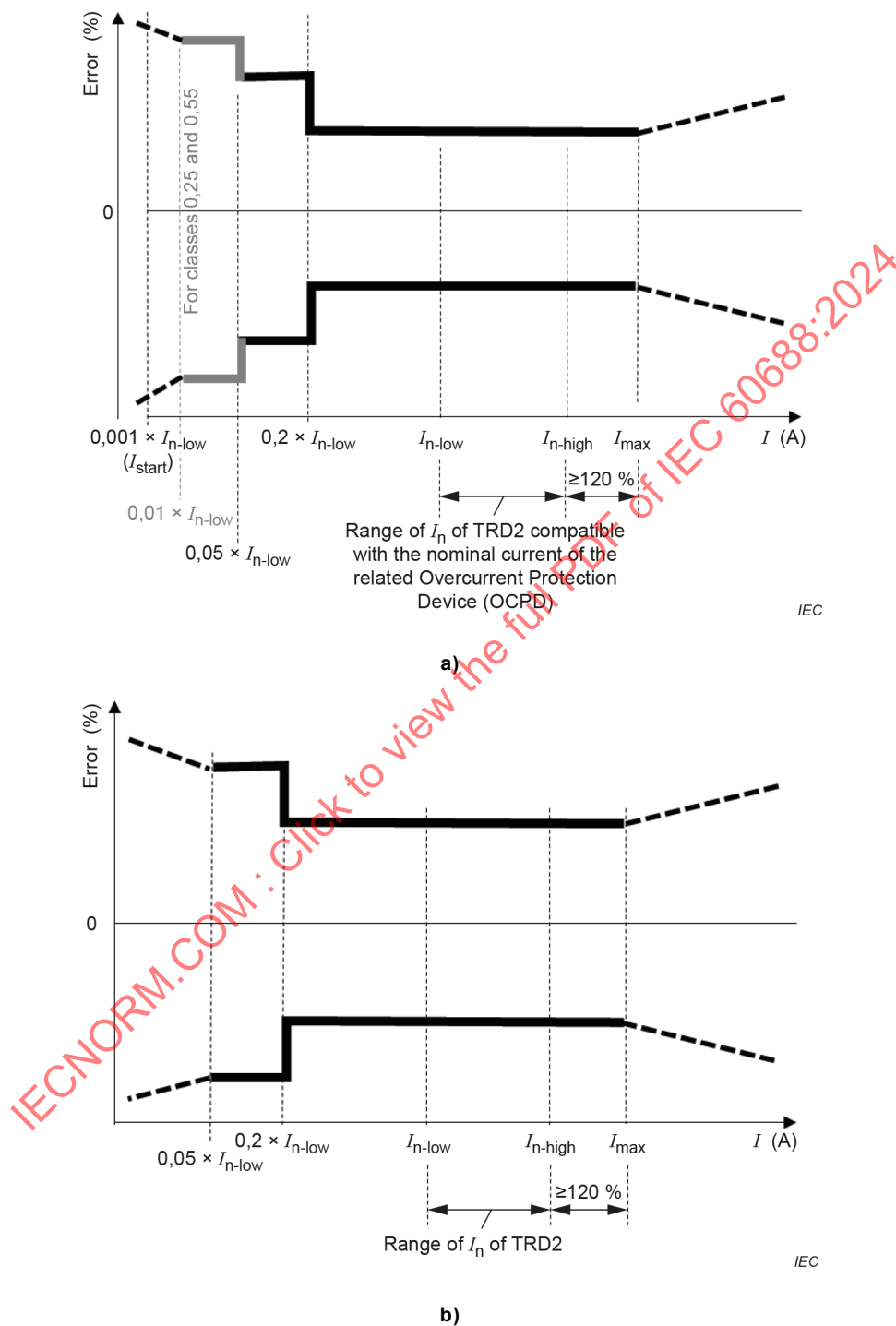


Figure B.3 – Accuracy limits of a TRD2-IAC (a) and TRD2-IDC (b)

B.6.6.2.2.2 Rated step response time

A value for the rated step response time T_{sr1} shall be specified by the manufacturer. The standard values for the rated step response time are:

$$25 \mu\text{s} - 250 \mu\text{s} - 500 \mu\text{s}$$

However, lower values of the rated step response time are allowed.

If digital signal processing is used, a rated delay time may be provided.

B.6.6.2.2.3 Frequency bandwidth

A cut-off frequency and associated amplitude variation shall be specified.

B.6.6.2.2.4 Maximum amplitude of input current over frequency

If the rated input current cannot be sustained over the specified frequency bandwidth, a derating shall be specified.

B.6.6.2.2.5 Noise

An RMS value referenced to input and a frequency band shall be specified. Alternatively, values for spectral noise density shall be specified at discrete frequencies.

Preferred values are under consideration.

B.6.6.2.3 Accuracy classes for TRD2 monitoring AC voltage – Limits of relative error (ϵ) and phase error

The voltage relative error and phase displacement at rated frequency shall not exceed the values given in Table B.13 at any voltage between 80 % and 120 % of rated voltage.

The errors shall be determined at the terminals of the TRD2 and shall include the effects of any fuses or resistors as an integral part of the TRD2.

Table B.13 – Limits of relative error for TRD2-UAC

Accuracy Class	Relative error (as applicable)			Phase error (as applicable)					
	$\pm\%$			$\pm\text{min}$			$\pm\text{Centiradians}$		
	At voltage (times rated voltage)			At voltage (times rated voltage)			At voltage (times rated voltage)		
	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2
0,1	0,1	0,1	0,1	5	5	5	0,15	0,15	0,15
0,2	0,2	0,2	0,2	10	10	10	0,3	0,3	0,3
0,5	0,5	0,5	0,5	20	20	20	0,6	0,6	0,6
1,0	1,0	1,0	1,0	40	40	40	1,2	1,2	1,2
3,0	3,0	3,0	3,0	Not specified			Not specified		

B.6.6.2.4 Accuracy classes for TRD2 monitoring DC voltage

The voltage relative error shall not exceed the values given in Table B.14.

Table B.14 – Limits of relative error for TRD2-UDC

Accuracy class	Relative error (as applicable)					
	$\pm\%$					
	at voltage (times rated voltage)					
	0,05	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2
0,1	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
0,5	3,5	1	0,4	0,4	0,4	0,4
1	5	2	1	1	1	1
3	10	5	3	3	3	3

B.6.6.2.5 Accuracy classes for TRD2 monitoring power factor with arithmetic method (TRD2-PFA)

Accuracy classes shall be the same as the performance classes defined in 4.8.8 of IEC 61557-12:2018 for power factor, arithmetic method.

B.6.6.2.6 Accuracy classes for TRD2 monitoring power factor with vector method (TRD2-PFV)

Accuracy classes shall be the same as the performance classes defined in 4.8.8 of IEC 61557-12:2018 for power factor, vector method.

B.6.6.2.7 Accuracy classes for TRD2 monitoring voltage THD (TRD2-THDU)

Accuracy classes shall be the same as the performance classes defined in 4.8.14 of IEC 61557-12:2018 for voltage THD.

B.6.6.2.8 Accuracy classes for TRD2 monitoring current THD (TRD2-THDI)

Accuracy classes shall be the same as the performance classes defined in 4.8.16 of IEC 61557-12:2018 for current THD.

B.6.6.2.9 Influence of temperature on accuracy

B.6.6.2.9.1 Influence of temperature on accuracy for current measurement

The accuracy of the TRD2 shall remain within the specified accuracy limits specified in Table B.4 over their operating ambient temperature range.

B.6.6.2.9.2 Influence of temperature on accuracy for voltage measurement

The accuracy of the TRD2 shall remain within the specified accuracy limits specified in Table B.4 over their operating ambient temperature range.

B.6.6.2.10 Accuracy class for selectable-ratio TRD2 with taps on the output

For all accuracy classes, the accuracy requirements refer to the highest transformation ratio, unless otherwise specified by the manufacturer.

The manufacturer shall give information about the accuracy performance at lower ratios.

B.6.6.2.11 Requirements for electric and magnetic fields on accuracy

The accuracy with reference to electric and magnetic fields induced by other conductors shall be tested as specified in B.7.6.1.8.

B.6.6.2.12 Requirements for the influence of the position of the primary conductor on accuracy

This Subclause B.6.6.2.12 applies to current measuring TRD2.

The accuracy class may be declared with an extension which defines the degree of sensitivity to the position of the primary conductor. This extension is based on a letter followed by a number according to Table B.15.

If the accuracy class extension is declared, it shall be tested. Otherwise, the equipment is deemed to be A1, or A- if it is provided with means of self-centering (or self-aligning).

Table B.15 – Limits for the position of the primary conductor with respect to the equipment

Extension of the accuracy class designation	Max. position factor (<i>Pf</i>) up to which the accuracy class is guaranteed	Max. angle up to which the accuracy class is guaranteed
A1	0	0
A2	0,5	15°
A3	1	45°
A-	Not applicable	A-
Class extension A- is applicable to self-centering (or self-aligning) TRDs.		

The Position factor (*Pf*) is defined by the following formula:

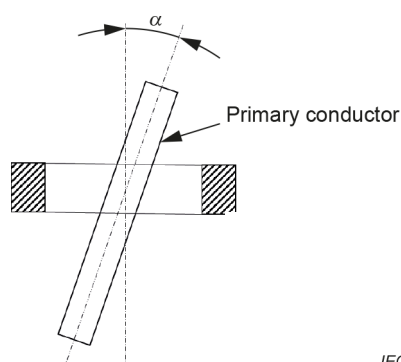
$$Pf = (dM - dm) / (dM + dm)$$

where

dm is the minimal distance between the primary conductor and equipment window;

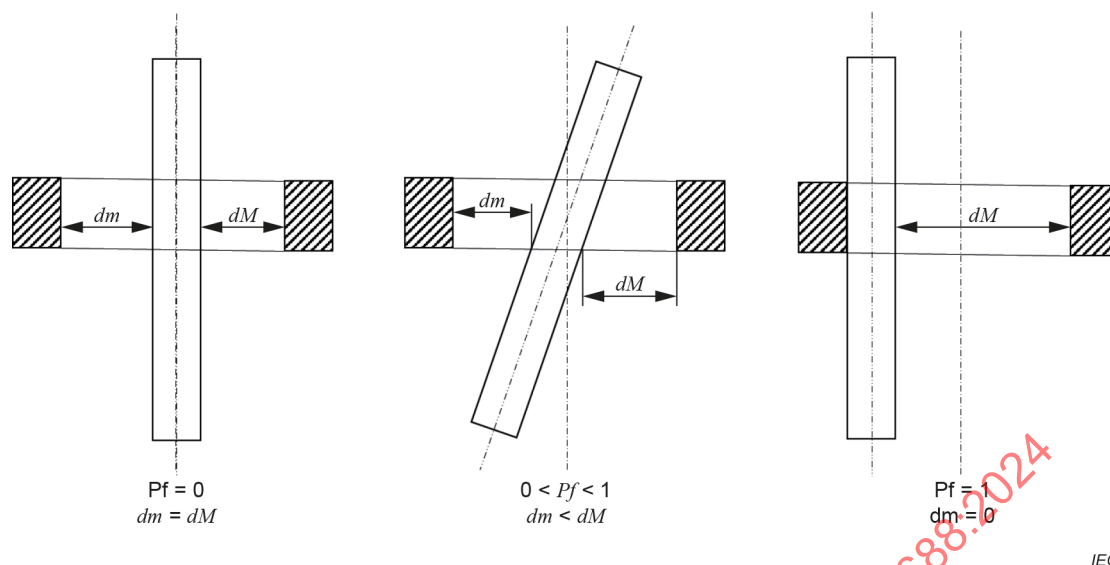
dM is the maximal distance between the primary conductor and equipment window.

These two distances are defined for any angles between the equipment axis and the primary conductor axis (see Figure B.4). Figure B.5 illustrates three examples of primary conductor position.



IEC

Figure B.4 – Definition of the angle between primary conductor and the equipment



IEC

Figure B.5 – Definition of the primary conductor position according to the position factor

Example of declared accuracy class associated to the "Ax" extension:

- class 0,5-A1: equipment with class 0,5 guaranteed with primary conductor centred;
- class 0,5-A3: equipment with class 0,5 guaranteed with primary conductor in contact with inner window.

The same equipment may have the accuracy class 0,2-A2 or 0,5-A3.

Compliance is checked in accordance with B.7.6.1.9.

B.6.6.3 Anti-aliasing guidance

Guidelines can be found in Annex D for digital transducers.

B.6.6.4 Requirements for the measurement of harmonics

If measurement of harmonics or low frequencies is declared by the manufacturer, Annex E applies.

B.6.6.5 Requirements for short-time currents

The specified ratings shall be confirmed by a test specified in B.7.8.

B.6.6.6 Requirements for inter-turn overvoltage

For inductive TRD2 with mA outputs, the rated withstand voltage for inter-turn insulation of output circuits shall be 2 kV peak according to a test specified in B.7.9.

B.6.6.7 Interface requirements

B.6.6.7.1 Input interface requirements

Input terminals, if any, shall be secure and reliable. Screw or screwless terminals are allowed.

B.6.6.7.2 Output interface requirement

Output terminals, if any, shall be secure and reliable.

For output terminals connection, one of the following 4 options is possible:

- integral wire with flying leads, provided the marking complies with B.6.7.3.4;
- terminal for wires (e.g. spring terminals, screw or screwless terminals, terminal block);
- a RJ45 connector as described in Table B.16 may be used for short distances (< 10 m);
- a special connector, according to the manufacturer's specification.

Table B.16 – RJ45 connector pinout

Pin:	1	2	3	4	5	6	7	8
Function:	S1	S2	T1+	V+	V-	T2-	a	n
S1, S2	Transducer output terminals, for transducers issuing a current output signal.							
a, n	Transducer output terminals, for transducers issuing a voltage output signal.							
T1+, T2-	Reserved for future use of TEDS connection (transducer electronic data sheet, ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010). The voltage level delivered to the transducer shall not exceed 5 V DC.							
V+, V-	power supply							
RJ45 cord may be shielded or not depending on the length of the cord.								

B.6.7 Marking requirements**B.6.7.1 Safety markings**

Marking and operating instructions shall comply with IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 unless otherwise specified by the manufacturer.

B.6.7.2 General markings

In addition to safety markings, all transducers shall carry at least the following markings:

- a) name or trademark of the manufacturer or supplier;
- b) a model number, name or other means to identify the equipment;
- c) rated frequency(ies) or declared rated frequency range;
- d) highest voltage of equipment;
- e) accuracy class;
- f) other ratings defined in Clause B.5:
 - input ratings;
 - output ratings.

If there is not enough room on the TRD2 to write all the required markings, a) and b) and f) shall be present on the product in addition to symbol 14 in Table 1 of IEC 61010-1:2010, unless otherwise specified by the manufacturer. The other items shall be provided in the documentation.

B.6.7.3 Markings of terminals

B.6.7.3.1 General

The terminal markings shall identify, as applicable,

- the input and output terminals,
- the relative polarities, if any,
- the intermediate taps, if any, and
- terminals for other purposes, for example auxiliary power supply, earth connection, inputs, outputs, communication ports.

B.6.7.3.2 Markings to be used

All TRD2 shall comply with requirements provided in Annex F.

B.6.7.3.3 Indication of relative polarities

For TRD2 monitoring current, all the terminals marked P1, S1 and C1 shall have the same polarity at the same instant. See Annex F for information.

For TRD2 monitoring voltage, terminals having corresponding capital and lower-case markings shall have the same polarity at the same instant.

B.6.7.3.4 Method of marking

The terminals shall be marked clearly and indelibly, either on their surface or marked (or provided by others means) in their immediate vicinity.

The marking shall consist of letters (in block capitals) followed by numbers, (or preceded where necessary, e.g. for 2 output circuits), or with an arrow pointing from the P1 toward P2.

If possible, the output terminals shall be identified clearly and indelibly, either on the surface of the transducer or, in the case of an integrated cable with connector, in the immediate vicinity of the connector. If not possible, the manufacturer shall in any case provide relevant information in the product documentation.

B.6.8 Documentation requirements

B.6.8.1 General

The manufacturer shall make available to the purchaser the technical documentation, which is necessary for the installation, use and maintenance of the TRD2.

The following information shall either be marked on the transducer or be specified in the documentation:

- General
 - Type of transducer (TRD2);
- Safety
 - safety instructions (see IEC 61010-1:2010, 5.4 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 5.4 and see B.6.2 of this document);
 - safety class: class F or class D;
 - overvoltage category;
 - measurement category for class F;

- EMC
 - EMC emission class A or class B;
 - noise spectral information for specific transducers;
- Mechanical
 - mass in kg (if > 25 kg);
 - dimensions;
- Installation and disposal
 - identification of connections and colour code or both in case of flying leads connection;
 - instructions for transportation and storage;
 - instructions for assembly, installation, connection and maintenance;
 - instructions for dismantling and disposal;
 - limits of environment use and mitigation measures:
 - indoor or outdoor use;
 - installation inside cabinets (or panels or cubical) with or without locking means;
 - kind of bushings or other means for additional insulation;
- Engineering
 - general ratings
 - accuracy class;
 - rated temperature class;
 - rated humidity class;
 - rated auxiliary power supply class, if any;
 - input ratings
 - rated frequency (f_r);
 - rated input voltage (U_{pr});
 - additional input ratings for TRD2 monitoring current
 - rated primary current (I_{n-low});
 - rated extended input current (I_{n-high});
 - rated continuous thermal current (I_{cth});
 - rated short-time thermal current (I_{th});
 - rated dynamic current (I_{dyn});
 - crest factor;
 - output ratings
 - for TRD2 delivering current output: rated secondary current (I_{sr});
 - for TRD2 delivering voltage output: rated secondary voltage (U_{sr});
 - for TRD2 delivering frequency output: rated secondary frequency (f_{sr});
 - rated burden.

B.6.8.2 Information for selection of TRD2

In order to facilitate the selection of transducers compatible with the measuring equipment interface, an interface code, as specified in Annex C, shall be documented by manufacturers.

B.7 Type tests of TRD2

B.7.1 General

B.7.1.1 Selection of test specimens

All the type tests shall be carried out on a set of identical specimens.

A type test may also be considered valid if it is made on a TRD2 that has minor constructional deviations from the TRD2 under consideration, if the deviations can be proven by design to have no impact on the test result.

All the type tests shall be carried out at ambient temperature between 15 °C and 35 °C.

Accuracy type tests shall be carried out at ambient temperature of 23 °C ± 2 °C.

B.7.1.2 Sequence of tests

Unless otherwise specified by the manufacturer, no specific sequence of test is requested.

B.7.2 Safety tests

All relevant clauses related to safety tests in IEC 61010:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 apply.

For insulation tests of TRD2 class D, IEC 60664-1:2020 applies.

See also additional mechanical tests of input terminals in B.7.5.1.4.

B.7.3 EMC tests

B.7.3.1 General

Tests shall be conducted according to IEC 61326-1:2020.

The measurements shall be made in the operating mode in accordance with the EMC test plan (arrangements, including cabling, representative of normal installation conditions, etc.).

B.7.3.2 Immunity tests

Tests shall be conducted according to requirements specified in B.6.3 with the following additions:

- The output equipment, and the auxiliary power supply if any, shall not be subjected to the test stress.
- During the immunity tests, the length of cable connections between the EUT and the output equipment used as auxiliary test equipment shall be the maximum allowed according to the manufacturer's specifications.
- The TRD2 shall be subjected, during the test, to the nominal input signal for which it is rated. However, for ease of testing, in case of TRD2 monitoring current, it is permitted to reduce the input current value to 10 % of the rated value or 100 A, whichever is lower.
- The tests are applied on a port-by-port basis, as detailed in Table 2.
- The TRD2 shall be in its operating conditions.

B.7.3.3 Emission tests

Tests shall be conducted according to requirements specified in B.6.3 with the following additions:

- The description of the tests, test methods and test set-ups are given in Clause 7 of IEC 61326-1:2020.
- The measurements shall be made in the operating condition in accordance with the EMC test plan (arrangements, including cabling, representative of normal installation conditions).

TRD2 shall be tested in operating condition described as follows:

- the rated primary current, drawn by a linear load, shall be applied;
- the rated burden shall be connected;
- the secondary cable length of 1 m shall be used; the cable type shall be as specified in the installation instructions. Secondary cable lengths in excess of 1 m, shall be placed outside of the measurement area or below the reference ground plane;
- if a TRD2 is intended to be used with an external power supply device, such power supply device shall be placed outside of the measurement area or below the reference ground plane.

However, for ease of testing, in case of TRD2 monitoring current, it is permitted to reduce the primary current value to 10 % of the rated value or 100 A, whichever is lower.

B.7.4 Climatic tests

B.7.4.1 Temperature tests

If it can be proven by engineering practice that temperature has no significant impact on the result of the test, this test can be omitted.

Temperature tests are specified in Table B.17.

Table B.17 – Temperature tests

Climatic test, in operation	Standard and level	Test requirements	Performance criterion	Temperature limits according to environment				
				K40	K45	K55	K70	Ks
Cold	IEC 60068-2-1 Test Ad	24 h	a	–5 °C	–10 °C	–5 °C	–25 °C	SBM ^c
Dry heat	IEC 60068-2-2 Test Bd	24 h	a	+40 °C	+45 °C	+55 °C	+70 °C	SBM ^c
Damp heat	IEC 60068-2-78 Test Cab	95 % RH, 4 days	a	+40 °C	+40 °C	+40 °C	+40 °C	SBM ^c
Temperature changes with a specified variation speed	IEC 60068-2-14 Test Nb	0 °C to maximum temperature, 1 °C / min, t1 = 2 h, 5 cycles (without condensation)	a	+40 °C	+45 °C	+55 °C	+70 °C	SBM ^c
Climatic test, de-energized ^b	Standard and level	Test requirements	Performance criterion	Temperature limits according to environment				
				K40	K45	K55	K70	Ks
Cold	IEC 60068-2-1 Test Ab	24 h	b	–25 °C	–25 °C	–25 °C	–40 °C	SBM ^c
Dry heat	IEC 60068-2-1 Test Ab	24 h	b	+55 °C	+55 °C	+55 °C	+70 °C	SBM ^c
Temperature changes with a specified variation speed	IEC 60068-2-14 Test Nb	0 °C to maximum temperature, 1 °C / min, t1 = 2 h, 5 cycles (without condensation)	b	+55 °C	+55 °C	+55 °C	+70 °C	SBM ^c
^a The product functions shall remain within their specifications during the test. ^b For tests with de-energised equipment, the product functions shall remain within their specifications when energised after the test. ^c SBM stands for "Specified By Manufacturer". NOTE Guidance for ambient temperature can be found in IEC 60068-1:2013.								

B.7.4.2 Corrosion tests

For TRD2 declared for outdoor use, the requirements on corrosion shall be checked by a salt mist test according to:

- IEC 60068-2-11 (test Ka) with a duration of 48 h (2 days) or 96 h (4 days), or
- IEC 60068-2-52:2017 (test Kb), with the test method 2 specified in 9.4.3 (test method 2).

The test may be performed on representative models using the same materials as the TRD2 under consideration.

NOTE The salt mist test provides an atmosphere that accelerates corrosion and does not imply that the assembly is suitable for a salt-laden atmosphere.

After the test, the specimen under test shall be washed in running tap water for 5 min, rinsed in distilled or demineralized water, then shaken or subjected to an air blast to remove water droplets. The specimen under test shall then be stored under normal service conditions for 2 h.

Compliance is checked by visual inspection to determine that:

- there is no evidence of cracking or other deterioration other than iron oxide as allowed by ISO 4628-3:2016 for a degree of rusting Ri1 (considering the sample as a whole). However, surface deterioration of the protective coating is allowed;
- the mechanical integrity is not impaired.

Similar metallic parts of TRD2, irrespective of their shape and size, are covered by the corrosion test on the representative samples if they are manufactured from the same materials and with the same surface treatments, using the same manufacturing process.

B.7.5 Mechanical tests

B.7.5.1 Mechanical tests for input terminals for copper conductors and busbars

B.7.5.1.1 General conditions for tests

Unless otherwise stated by the manufacturer, each test shall be made on terminals in a clean and new condition.

When tests are made with round copper conductors, these shall be of copper according to IEC 60228.

When tests are made with flat copper conductors, these shall have the following characteristics:

- minimum purity: 99,5 %;
- ultimate tensile strength: 200 N/mm² to 280 N/mm²;
- Vickers hardness: 40 to 65.

B.7.5.1.2 Tests of mechanical strength of terminals

Tests shall be made with the appropriate type of conductor having the maximum cross-section.

The conductor shall be connected and disconnected five times.

For screw-type terminals, the tightening torque shall be in accordance with Table B.18 or 110 % of the torque specified by the manufacturer, whichever is the greater.

The test shall be conducted on two separate clamping units.

Where a screw has a hexagonal head with means for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is carried out twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III, and then, on another set of samples, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver.

If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is carried out.

Each time the clamping screw or nut is loosened, a new conductor shall be used for each tightening test.

During the test, clamping units and terminals shall not work loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups that will impair the further use of the screwed connections.

Table B.18 – Tightening torques for the verification of the mechanical strength of screw-type terminals

Diameter of thread mm				Tightening torque N·m		
Metric standard values	Range of diameter			I	II	III
1,6	≤ 1,6			0,05	0,1	0,1
2,0	> 1,6	up to and including	2,0	0,1	0,2	0,2
2,5	> 2,0	up to and including	2,8	0,2	0,4	0,4
3,0	> 2,8	up to and including	3,0	0,25	0,5	0,5
–	> 3,0	up to and including	3,2	0,3	0,6	0,6
3,5	> 3,2	up to and including	3,6	0,4	0,8	0,8
4,0	> 3,6	up to and including	4,1	0,7	1,2	1,2
4,5	> 4,1	up to and including	4,7	0,8	1,8	1,8
5	> 4,7	up to and including	5,3	0,8	2,0	2,0
6	> 5,3	up to and including	6,0	1,2	2,5	3,0
8	> 6,0	up to and including	8,0	2,5	3,5	6,0
10	> 8,0	up to and including	10,0	–	4,0	10,0
12	> 10	up to and including	12	–	–	14,0
14	> 12	up to and including	15	–	–	19,0
16	> 15	up to and including	20	–	–	25,0
20	> 20	up to and including	24	–	–	36,0
24	> 24			–	–	50,0
Column I	Applies to screws without heads which, when tightened, do not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the root diameter of the screw.					
Column II	Applies to nuts and screws which are tightened by means of a screwdriver.					
Column III	Applies to nuts and screws which can be tightened by means other than a screwdriver.					

B.7.5.1.3 Insertion test of unprepared round copper conductors having the maximum cross-section

B.7.5.1.3.1 Test procedure

The test shall be carried out using the appropriate gauge form A or form B specified in Table B.19.

The measuring section of the gauge shall be able to penetrate freely into the terminal aperture to the full depth of the terminal (see also the note to Table B.19). Also see Table B.20 for the relationship between conductor cross-section and diameter.

Alternatively, the test can be carried out by inserting the largest conductor of type and rated cross-section among those recommended by the manufacturer, the diameter of which corresponds to the theoretical diameter according to Table B.19, after the insulation has been removed and the end has been reshaped. The stripped end of the conductor shall be able to enter completely within the clamping unit aperture, without use of undue force.

The manufacturer may specify the test method.

Table B.19 – Maximum conductor cross-sections and corresponding gauges

Conductor cross-section		Gauge (see Figure B.6)					Permissible deviation for a and b
Flexible conductors	Solid or stranded conductors	Form A			Form B		
		Marking	Diameter	Width	Marking	Diameter	
mm ²	mm ²		a mm	b mm		a mm	mm
1,5	1,5	A1	2,4	1,5	B1	1,9	0 -0,05
2,5	2,5	A2	2,8	2,0	B2	2,4	
2,5	4	A3	2,8	2,4	B3	2,7	
4	6	A4	3,6	3,1	B4	3,5	0 -0,06
6	10	A5	4,3	4,0	B5	4,4	
10	16	A6	5,4	5,1	B6	5,3	
16	25	A7	7,1	6,3	B7	6,9	0 -0,07
25	35	A8	8,3	7,8	B8	8,2	
35	50	A9	10,2	9,2	B9	10,0	
50	70	A10	12,3	11,0	B10	12,0	0 -0,08
70	95	A11	14,2	13,1	B11	14,0	
95	120	A12	16,2	15,1	B12	16,0	
120	150	A13	18,2	17,0	B13	18,0	
150	185	A14	20,2	19,0	B14	20,0	
185	240	A15	22,2	21,0	B15	22,0	0 -0,09
240	300	A16	26,5	24,0	B16	26,0	

For conductor cross-sections of differently shaped solid or stranded standard conductors other than those given in this table, an unprepared conductor of appropriate cross-section may be used as the gauge, the force of insertion being not greater than 5 N.

Table B.20 – Relationship between conductor cross-section and diameter

Conductor cross-section	Theoretical diameter of the largest conductor						
	Metric			AWG/kcmil			
	Solid	Stranded	Flexible	Rigid		Flexible	
				Gauge	b Solid	b Class B Stranded	c Classes I.K.M. Stranded
mm ²	mm	mm	mm		mm	mm	mm
0,2	0,51	0,53	0,61	24	0,54	0,61	0,64
0,34	0,63	0,66	0,8	22	0,68	0,71	0,80
0,5	0,9	1,1	1,1	20	0,85	0,97	1,02
0,75	1,0	1,2	1,3	18	1,07	1,23	1,28
1,0	1,2	1,4	1,5	–	–	–	–
1,5	1,5	1,7	1,8	16	1,35	1,55	1,60
2,5	1,9	2,2	2,3 ^a	14	1,71	1,95	2,08
4,0	2,4	2,7	2,9 ^a	12	2,15	2,45	2,70
6,0	2,9	3,3	3,9 ^a	10	2,72	3,09	3,36
10,0	3,7	4,2	5,1	8	3,43	3,89	4,32
16,0	4,6	5,3	6,3	6	4,32	4,91	5,73
25,0	–	6,6	7,8	4	5,45	6,18	7,26
35,0	–	7,9	9,2	2	6,87	7,78	9,02
50	–	9,1	11,0 ^a	0	–	9,64	12,08
70	–	11,0	13,1 ^a	00	–	11,17	13,54
95	–	12,9	15,1 ^a	000	–	12,54	15,33
–	–	–	–	0000	–	14,08	17,22
120	–	14,5	17,0 ^a	250	–	15,34	19,01
150	–	16,2	19,0 ^a	300	–	16,80	20,48
185	–	18,0	21,0 ^a	350	–	18,16	22,05
–	–	–	–	400	–	19,42	24,05
240	–	20,6	24,0 ^a	500	–	21,68	26,57
300	–	23,1	27,0 ^a	600	–	23,82	30,03

Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on Table 1 and Table 3 of IEC 60228:2023 and on IEC TR 60344 and, for AWG conductors, on ASTM B172-71.

^a Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.

^b Nominal diameter +5 %.

^c Largest diameter for any of the three classes I, K, M +5 %.

B.7.5.1.3.2 Construction of gauges

The construction of the gauges is shown in Figure B.6.

Details of dimensions a and b and their permissible deviations are shown in Table B.19. The measuring section of the gauge shall be made from gauge steel.

Dimensions in millimetres

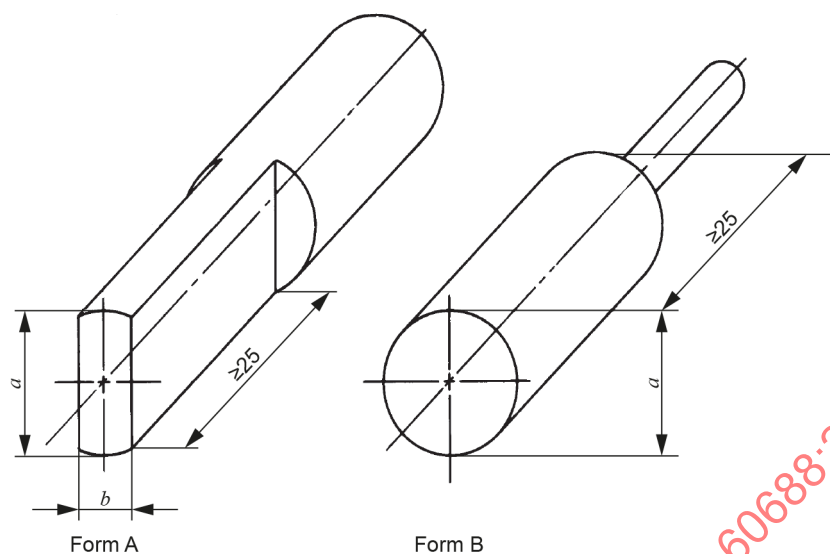


Figure B.6 – Gauges of form A and form B

B.7.5.1.4 Mechanical tests for input terminal reliability**B.7.5.1.4.1 Testing for damage to and accidental loosening of conductors (flexion test)**

The test applies to terminals for the connection of unprepared round copper conductors, of number, cross-section and type (flexible and/or stranded and/or solid), specified by the manufacturer.

The following tests shall be carried out using two new samples with

- the minimum cross-section connected to the terminal;
- maximum cross-section connected to the terminal.

Terminals intended for connection of either flexible and/or solid and/or stranded conductors shall be tested with each type of conductor with different sets of samples.

The test is to be carried out with suitable test equipment. The specified number of conductors shall be connected to the terminal. The length of the test conductors should be 75 mm longer than the height H specified in Table B.21. The clamping screws shall be tightened with a torque in accordance with Table B.18 or with the torque specified by the manufacturer. The clamping unit of the terminal tested shall be secured as shown in Figure B.7.

Each conductor is subjected to circular motions according to the following procedure:

The end of the conductor under test shall be passed through an appropriate size bushing in a platen positioned at a height H below the equipment terminal, as given in Table B.21. The other conductors shall be bent in order not to influence the result of the test. The bushing shall be positioned in the horizontal plate concentric with the conductor. The bushing shall be moved so that its centreline describes a circle of 75 mm diameter about its centre in the horizontal plane at $10 \text{ r/min} \pm 2 \text{ r/min}$. The distance between the mouth of the terminal and the upper surface of the bushing shall be within 15 mm of the height H in Table B.21. The bushing is to be lubricated to prevent binding, twisting or rotation of the insulated conductor. A mass as specified in Table B.21 is to be suspended from the end of the conductor. The test shall consist of 135 continuous revolutions.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

Immediately after the flexion test, each conductor under test shall be submitted in the test equipment to the test of B.7.5.1.4.2 and B.7.5.1.4.3 (pull-out test).

Table B.21 – Test values for flexion and pull-out tests for round copper conductors

Conductor cross-section		Diameter of bushing hole ^{a, b}	Height H^a	Mass	Pulling force
mm ²	AWG/kcmil				
0,2	24	6,5	260	0,2	10
0,34	22	6,5	260	0,2	15
0,5	20	6,5	260	0,3	20
0,75	18	6,5	260	0,4	30
1,0	–	6,5	260	0,4	35
1,5	16	6,5	260	0,4	40
2,5	14	9,5	280	0,7	50
4,0	12	9,5	280	0,9	60
6,0	10	9,5	280	1,4	80
10	8	9,5	280	2,0	90
16	6	13,0	300	2,9	100
25	4	13,0	300	4,5	135
–	3	14,5	320	5,9	156
35	2	14,5	320	6,8	190
–	1	15,9	343	8,6	236
50	0	15,9	343	9,5	236
70	00	19,1	368	10,4	285
95	000	19,1	368	14	351
–	0000	19,1	368	14	427
120	250 kcmil	22,2	406	14	427
150	300 kcmil	22,2	406	15	427
185	350 kcmil	25,4	432	16,8	503
–	400 kcmil	25,4	432	16,8	503
240	500 kcmil	28,6	464	20	578
300	600 kcmil	28,6	464	22,7	578

^a Tolerances: for height $H \pm 15$ mm, for diameter of the bushing hole ± 2 mm.

^b If the bushing hole diameter is not large enough to accommodate the conductor without binding, a bushing having the next larger hole size may be used.

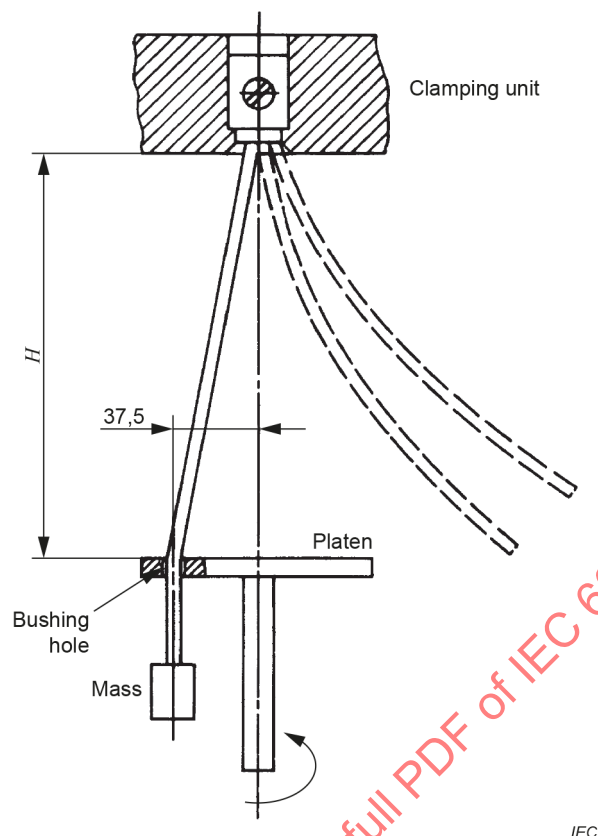


Figure B.7 – Test equipment for flexion test

B.7.5.1.4.2 Pull-out test for round copper conductors

Following the test of B.7.5.1.4.1, the pulling force given in Table B.21 shall be applied to the conductor tested in accordance with B.7.5.1.4.1.

The clamping screws shall not be tightened again for this test.

The force shall be applied without jerks for 1 min, in the direction of the axis of the conductor.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

B.7.5.1.4.3 Pull-out test for flat copper conductors

A suitable length of conductor shall be secured in the terminal and the pulling force given in Table B.22 applied without jerks for 1 min in a direction opposite to that of the insertion of the conductor.

During the test, the conductor shall neither slip out of the terminal nor break near the clamping unit.

Table B.22 – Test values for pull-out test for flat copper conductors

Maximum width of flat conductors mm	Pulling force N
12	100
14	120
16	160
20	180
25	220
30	280

B.7.5.1.5 Test set-up for temperature rise tests and temperature cycle tests

The TRD2 shall be mounted in a manner representative of the mounting in service.

To ensure normal cooling, the TRD2 shall be fitted with conductors or bars representative of service conditions as follows:

- With conductors or bars with a length and a cross-section according to Table B.23, Table B.24 or Table B.25;
- TRD2 with terminals for their primary windings: Terminal screws or nuts are tightened with a torque equal to two-thirds of that stated by the manufacturer for normal service.
- TRD2 without integrated primary conductor: conductors or bars representative of the primary windings shall be in direct contact with one of the surfaces of the TRD2 representative of possible installation conditions.

Table B.23 – Test copper conductors for test currents up to 400 A inclusive

Range of test current ^a		Conductor size ^{b, c, d, e}	
A		mm ²	AWG/kcmil
0	1	0,2	24
1	2	0,34	22
2	3	0,5	20
3	6	0,75	18
6	8	1,0	-
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250 kcmil
250	275	150	300 kcmil
275	300	185	350 kcmil
300	350	185	400 kcmil
350	400	240	500 kcmil

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c This Table B.23 gives alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

^e Minimum length of connections: 1 m ($S \leq 35 \text{ mm}^2$) or 2 m ($S > 35 \text{ mm}^2$).

**Table B.24 – Test copper conductors for test currents above 400 A
and up to 800 A inclusive**

Range of test current ^a		Conductors ^{b, c, d, e}			
		Metric		kcmil	
		Number	Size mm ²	Number	Size kcmil
A					
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300

Minimum length of connections: 2 m

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c This Table B.24 gives alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

^e Minimum length of connections: 1 m (S ≤ 35 mm²) or 2 m (S > 35 mm²).

**Table B.25 – Test copper bars for test currents above 400 A
and up to 3 150 A inclusive**

Range of test current ^a		Copper bars ^{b, c, d, e, f, g}		
		Number	Dimensions	Dimensions
			mm	Inches
A				
400	500	2	30 × 5	1 × 0,250
500	630	2	40 × 5	1,25 × 0,250
630	800	2	50 × 5	1,5 × 0,250
800	1 000	2	60 × 5	2 × 0,250
1 000	1 250	2	80 × 5	2,5 × 0,250
1 250	1 600	2	100 × 5	3 × 0,250
1 600	2 000	3	100 × 5	3 × 0,250
2 000	2 500	4	100 × 5	3 × 0,250
2 500	3 150	3	100 × 10	6 × 0,250

Minimum length of connections: 3 m (can be reduced to 2 m provided that the temperature-rise at the supply end of the connection is not more than 5 K below the temperature-rise in the middle of the connection length).

^a The value of test current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.

^b For convenience of testing and with the manufacturer's consent, smaller conductors than those given for a stated test current may be used.

^c This Table B.25 gives alternative sizes for conductors in the metric and AWG/kcmil system and for bars in millimetres and inches.

^d Either of the two conductors specified for a given test current range may be used.

^e Bars are assumed to be arranged with their long faces vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

^f Where four bars are used, they shall be in two sets of two bars with not more than 100 mm between pair centres.

^g Minimum length of connections: 1 m (S ≤ 35 mm²) or 2 m (S > 35 mm²).

B.7.6 Functional tests

B.7.6.1 Accuracy tests

B.7.6.1.1 General

Tests shall be conducted according to requirements specified in B.6.6.

The limits of error shall be tested at ambient temperature and at the rated frequency(ies).

B.7.6.1.2 Accuracy tests for TRD2 measuring AC currents

Accuracy measurements shall be made at each value of current given in Table B.11 for the declared accuracy class and the rated frequency relevant to the type of transducer. Measurements shall be made at the rated burden and at ambient temperature unless otherwise specified by the manufacturer.

B.7.6.1.3 Accuracy tests for TRD2 measuring DC currents

Tests shall be made at each value of current given in Table B.12 for the declared accuracy class relevant to the type of transducer, at rated burden, and at ambient temperature, unless otherwise specified.

The test shall be made up to the rated primary current (I_{n-low}).

For input current equal to zero, the measured absolute error shall not exceed the value of the absolute error allowed at $0,05 \times I_{n-low}$.

For the test at accuracy limit input current, the DC current source might not be available. The accuracy of the whole system may be tested using an alternating DC signal input method. The manufacturer shall supply all necessary information for the calculation of the accuracy at the specified input level.

For some technologies, instead of applying the input current on the input terminals, an auxiliary test circuit may be used to supply a corresponding test current.

B.7.6.1.4 Accuracy tests for TRD2 measuring AC voltages

Tests shall be carried out at each value of the input signal given in B.6.6.2.3 at the rated frequency and at ambient temperature, unless otherwise specified by the manufacturer.

The tests shall be carried out with each burden listed in Table B.26.

Table B.26 – Burden values for basic accuracy tests

Resistance	Capacitance
Rated value	0 ^a
Rated value	Rated value
Rated value +5 %	Rated value
Rated value –5 %	Rated value
NOTE The burden values during test include the impedance of the test equipment.	
^a Only inherent capacitance of test equipment which shall be not more than 10 pF.	

In a first step, the accuracy shall be measured in a short time (less than 0,05 times the thermal time constant) at ambient temperature with increasing voltages.

Then the voltage is set to the rated input voltage U_{pr} and maintained up to the thermal stabilization and then the accuracy is measured again. If there is a defined range of input voltage, the highest level shall be used.

The errors shall be within the limits of the relevant accuracy class both at the time of applying the test voltage and after thermal stabilization.

NOTE The stability is considered after a delay of 3 times the thermal time constant which is defined by the manufacturer or determined during the temperature-rise test.

This test may be performed in combination with the temperature-rise test or can be combined with the temperature cycle accuracy test.

B.7.6.1.5 Accuracy tests for TRD2 measuring DC voltages

Tests shall be made at each value of voltage given in Table B.14 for the declared accuracy class relevant to the type of transducer, at rated burden, and at ambient temperature, unless otherwise specified by the manufacturer.

In a first step, the accuracy shall be measured within a short time period (less than 0,05 times the thermal time constant), at ambient temperature, with increasing voltages.

Then the voltage is reduced to U_{pr} and maintained up to the thermal stabilization. The accuracy is measured and the accuracy variation at U_{pr} is determined.

From this result, the accuracy variation at intermediate voltages and maximum voltage is estimated according to the thermal characteristics of the resistors.

The errors shall be within the limits of the relevant accuracy class, both at the time the test voltage is applied and after the correction of the accuracy variation.

The stability is considered after a period of 3 times the time constant, which shall be defined by the supplier.

For input voltage equal to zero, the measured absolute error shall not exceed the value of the absolute error allowed at $0,05 \times U_{pr}$.

This test may be performed together with the temperature-rise test.

B.7.6.1.6 Tests of the step response time (T_{sr}) for TRD2 measuring DC current or voltage

B.7.6.1.6.1 Test setup for TRD2 measuring DC currents

The determination of the step response time requires a current generator and instruments to measure the input signal and the output signal. The rise time of the generated signal shall be less than $0,2 \times T_{sr}$ (see Figure B.8).

The input current step-up may be replaced by a current step-down. The rise time is then replaced by the fall time. The positive current polarity generates a negative step-down and vice versa.

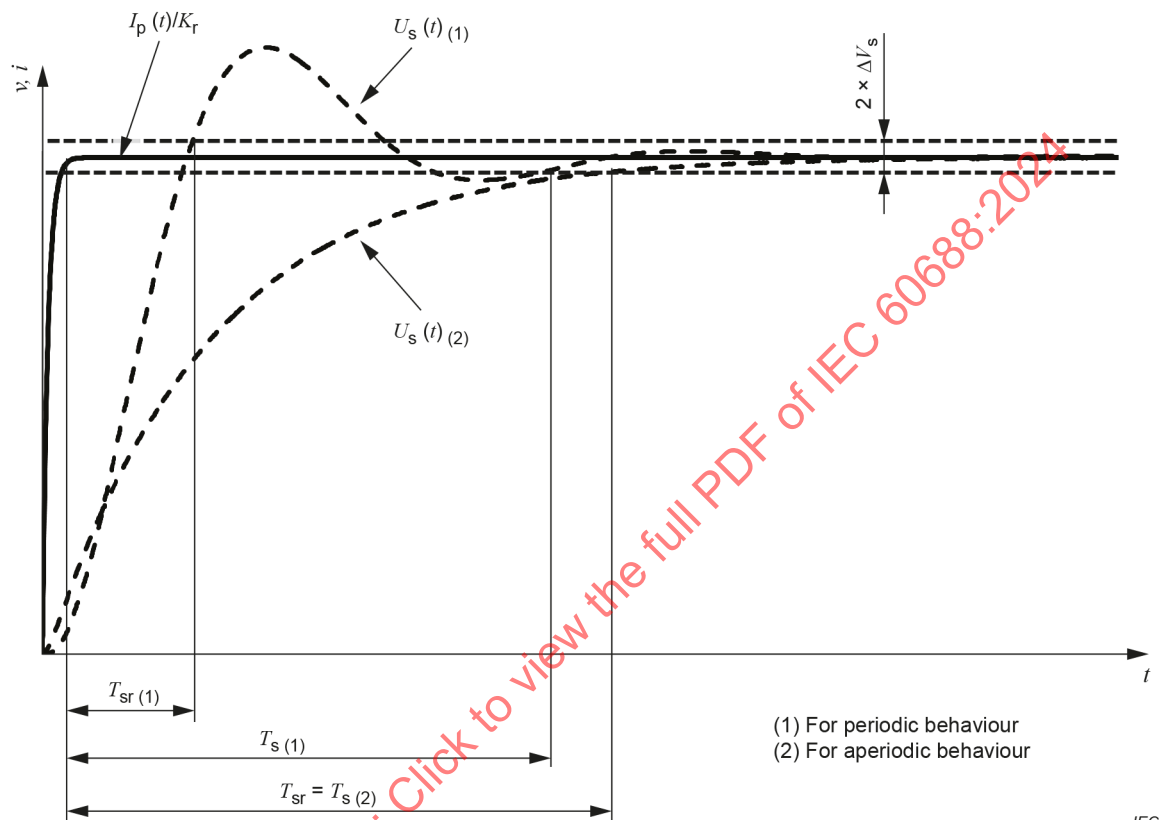
The step response time of the signal measurement systems shall be lower than $0,05 \times T_{sr}$.

The test shall be performed with input current of positive and negative polarity. A test current value equal to the rated current shall be used.

A step current will be applied and both input current and output signal will be recorded simultaneously.

The tolerance limit ΔV_s is defined as 5 % of the steady-state value of the output signal V_∞ .

A reduced tolerance limit may be defined by agreement between the purchaser and the manufacturer.



$I_{p(1)}$	input current for periodic behaviour
$I_{p(2)}$	input current for aperiodic behaviour
$U_{s(1)}$	output signal of test object for periodic behaviour
$U_{s(2)}$	output signal of test object for aperiodic behaviour
$T_{sr(1)}$	measured step response time for periodic behaviour
$T_{sr(2)}$	measured step response time for aperiodic behaviour
$T_{s(1)}$	settling time for periodic behaviour
$T_{s(2)}$	settling time for aperiodic behaviour

Figure B.8 – Measurement of the step response time

In case of difficulties in generating the input signal with the specified rise time, the test procedure may be adapted as follows.

- Inject an equivalent sensor signal on the input of the input converter. The supplier shall supply necessary information for the calculation of the step response time at the input level.
- For some technologies, instead of applying the input current on the input terminals, an auxiliary test circuit may be used to supply a corresponding test current. The supplier shall supply information for the calculation of the step response time at the input level.

Test results: see B.7.6.1.6.3.

B.7.6.1.6.2 Test setup for TRD2 measuring DC voltages

The input test voltage should be the rated input voltage and represents an impulse voltage characteristic with an accuracy of $\pm 3\%$. The step voltage can be generated by an impulse voltage generator. In case of difficulties in generating the input signal with the specified rise time, the test procedure may be adapted, using a reduced input voltage signal, provided that the linearity of the system is proven, and the output signal level permits an accurate measurement (see Figure B.8).

The front time corresponds to the definitions of lightning impulse definition with a front time of $1,2\ \mu\text{s}$, with a relative tolerance of $\pm 30\%$.

The time to half value corresponds to the definitions of switching impulse definition with a time to half value of $2\ 500\ \mu\text{s}$, with a relative tolerance of $\pm 60\%$.

The test shall be performed one time for each polarity. Each test shall be recorded with the reference curve together with the step response curve of the test object.

The input voltage is measured with a reference divider. The output of the reference divider and the output voltage of the transducer is measured with a transient recorder (see Figure B.8).

The tolerance limit ΔV_S is defined as 5% of the steady-state value of the output signal V_∞ .

A reduced tolerance limit may be defined by agreement between the purchaser and the manufacturer.

Test results: see B.7.6.1.6.3.

B.7.6.1.6.3 Test results

The TRD2 is considered to have passed the test if:

- the measured step response time T_{sr} is lower than the rated value, and
- the settling time is less than $10 \times T_{sr}$.

B.7.6.1.7 Temperature cycle accuracy test

This test is intended to show compliance with the accuracy requirements specified in B.6.6.2, under rated conditions, according to the rated temperature categories specified in Table B.4.

The temperature rise test of IEC 61010-1:2010, 10.4 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 10.4, shall be performed prior to this test. From the temperature rise test, the thermal time constant (τ) and the temperature rise (ΔT) shall be determined at the rated continuous thermal current for TRD2 measuring currents or, for TRD2 measuring voltages, at the rated voltage factor multiplied by the rated input voltage.

Temperature rises may be negligible for some technologies. Thus, temperature rise tests may be omitted for those transducers. In those cases, each step of the temperature cycle accuracy test shall be conducted with a minimum time of $1\ \text{h}$, and use $\Delta T = 0\ \text{K}$.

The temperature cycle accuracy test shall be performed under the following conditions:

- at rated frequency;
- at rated burden (external burdens may be kept outside the chamber);

- active electronic components and the transmitting system may be exposed in the same chamber or, to their specified minimum and maximum operating ambient temperature if different from the temperatures of the transducer. Other components such as auxiliary power supply may be kept at room temperature.

TRD2 are subjected to a temperature cycle in accordance with Figure B.9.

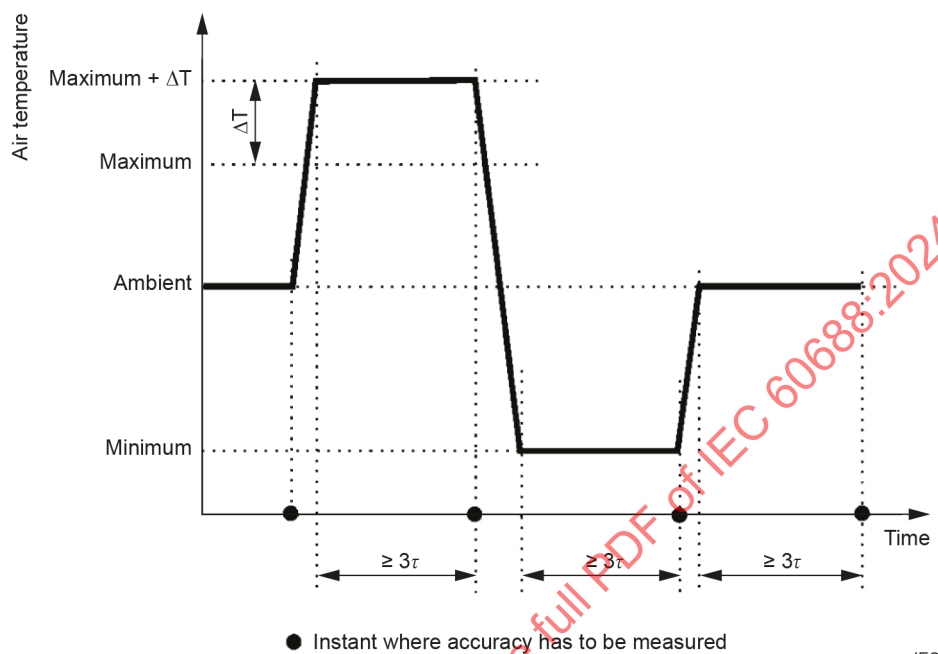


Figure B.9 – Temperature cycle accuracy test

The ambient air temperature at the start and at the end of the test shall be between 10 °C and 30 °C.

The minimum and maximum air temperatures correspond to the specified minimum and maximum operating ambient temperatures.

The acclimatization before the accuracy test for maximum ambient temperature shall be performed with the air temperature equal to the maximum operating ambient temperature increased by the established temperature rise ΔT .

The test is performed without input signal. When an input signal is required for powering the transducer or its associated equipment, the input may be energized.

The temperature variation part of the test is when the air temperature in the climate chamber is changed; this can be either a positive or a negative change. The minimum temperature variation rate is 20 K/h. Condensation shall be avoided. The temperature variation rate should be noted in the report.

After each temperature variation, the transducer shall enter a stabilizing period with a duration of at least three times the thermal time constant τ .

At the end of each stabilizing period, the accuracy of the transducer shall be measured. After the stabilizing period, measures shall be taken to avoid cooling or heating other than caused by the accuracy measurement itself.

Measured values at every point of the test shall be within the limits of the specified accuracy class. The accuracy measurement at the start of the temperature cycle may be omitted if the accuracy at ambient temperature is known from previous tests.

For TRD2 with multiple rated frequencies, accuracy class measurements may be done at one rated frequency only.

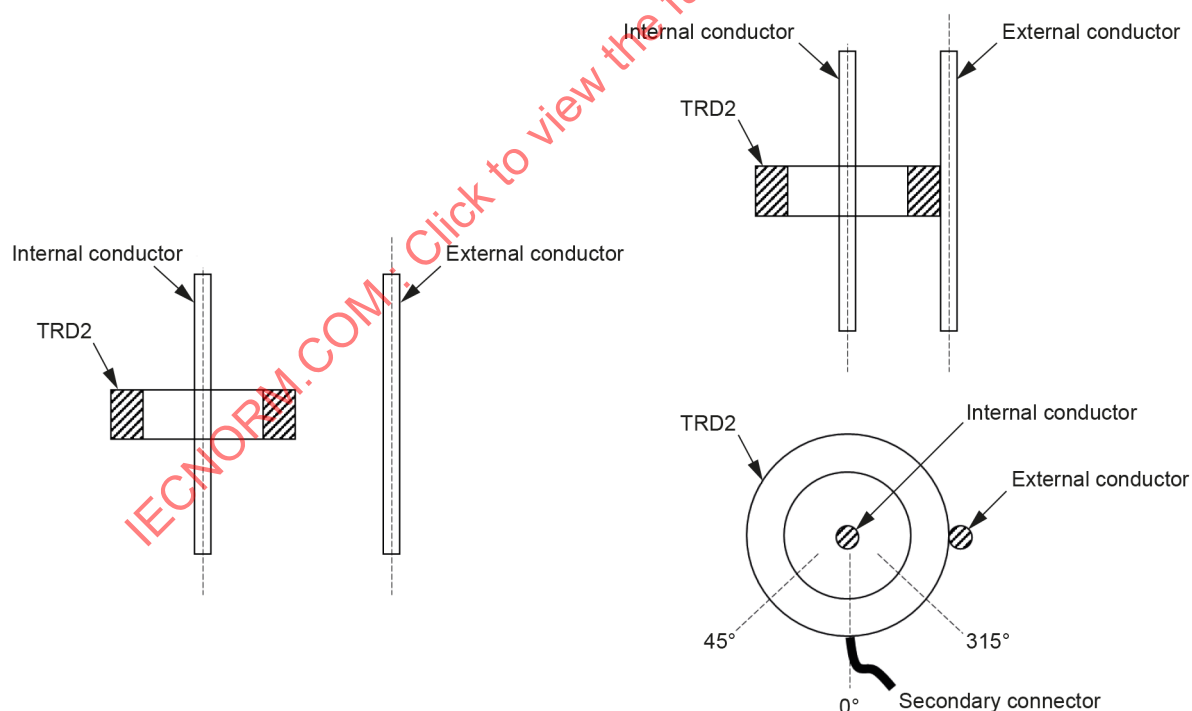
Where I_{cth} is lower than I_{max} , an additional test of temperature rise is conducted on a new sample according to IEC 61010-1:2010, 10.4 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 10.4, for this test with I_{max} , the test is stopped after 2 h. At the end of the test, compliance of accuracy is checked again and shall remain within the specified accuracy limits.

B.7.6.1.8 Tests for the influence of electric and magnetic fields on accuracy

This test is to verify the influence of other electrical phases on the accuracy (see B.6.6.2.11).

For TRD2 with multiple rated frequencies, accuracy class measurements may be done at one rated frequency only.

An internal conductor is to be placed within the TRD2 aperture and an external conductor is to be placed outside the TRD2 aperture (see Figure B.10 a). The cross section of the external and internal conductors shall be consistent with Table B.23, Table B.24 or Table B.25 as relevant. If it can be proven by engineering practice that the level of currents has no influence on the test results, the test may be performed at a lower current.



IEC

**Figure B.10 – Test set up for impact of magnetic field from other phases –
a) First step – b) Second step**

The external conductor shall be uninsulated for these tests.

- First step:

The internal conductor shall be centred, and in parallel to the axis of the TRD2, as shown in Figure B.10 a). The rated primary current, at the rated frequency, shall be applied through both the internal conductor and the external conductor. The test set up shall be carried out in such a way that the influence of any current in the external conductor will be negligible. The ratio and phase errors shall be recorded.

- Second step:

The external conductor shall touch the outer surface of the TRD2 at an angle between 45° and 315° with respect to the secondary wirings position or the secondary connector of the TRD2, as shown Figure B.10 b).

To test the influence of other phase conductors, the same test current as in step 1 shall also be applied to an external conductor as follows:

- The external conductor shall be parallel with the internal conductor and in direct contact with the external side of the TRD2, as shown in Figure B.10 b);
- The rated primary current, at the rated frequency, shall be applied through both the internal and the external conductors.

The ratio and phase errors shall be recorded.

The difference of both ratio and phase errors between measurements carried out in the first and second steps shall be within the error limits of the relevant accuracy class. If it is outside of the error limit, then it shall be documented.

B.7.6.1.9 Tests for the influence of the position of the primary conductor on accuracy

This test is to verify the accuracy requirements if the primary conductor is not centered and/or not perpendicular to the equipment.

The diameter of the conductor shall be adapted to match the rated current of the TRD2 under test. See Table B.23, Table B.24 or Table B.25 as relevant.

The manufacturer shall indicate the minimum diameter of the primary conductor to guarantee the accuracy and shall perform the test at this minimum specified diameter.

Two accuracy measurements shall be performed at the level of current between 20 % of the rated input current and the rated input current.

- One with the primary conductor parallel to the axis of the equipment but positioned at the maximum position factor according to Table B.15 in B.6.6.2.12;
- The second measurement shall be carried out with the primary conductor centred but with the maximum angle defined in Figure B.11. If due to the design of the equipment or the primary conductor the maximum angle in Figure B.11 is not possible, the maximum possible angle shall be used and declared.

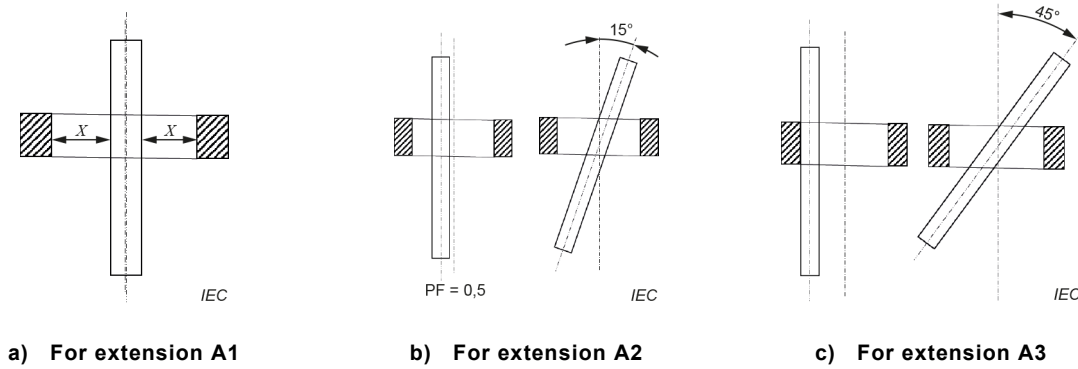


Figure B.11 – Accuracy measurement test set up

In case of A2 and A3 extension, the minimal distance between the primary conductor and the equipment shall be located closest to the equipment secondary terminals and close to each gap of the secondary windings (if any).

An insulation layer between the equipment and the bare conductor can be used to perform the tests.

The test is passed if the limits of error required by the declared accuracy class at the test current are respected for all the tested positions.

B.7.7 Verification of markings and documentation

Conformity of markings and documentation is checked by inspection. Legibility of markings is checked by the tests defined in IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016.

B.7.8 Short-time currents tests

B.7.8.1 General

No general requirement.

B.7.8.2 For TRD2 measuring AC currents

The thermal test shall be made at a current I' for a time t' , so that:

$$I'^2 \times t' \geq I_{th}^2 \times t$$

where

t is the specified duration of the short-time thermal current;

t' shall have a value between 0,5 s and 5 s.

The dynamic test shall be carried out with an input current the peak value of which is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}) for at least one peak.

The dynamic test may be combined with the thermal test in B.7.6.1.7, provided the first major peak current of that test is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}).

For TRD2 with mA output, the tests shall be carried out with the output circuit(s) short-circuited.

For TRD2 with mV output, the output terminals shall be left open or connected to the rated burden.

B.7.8.3 For TRD2 measuring DC currents

Tests should be applied as stated in B.7.8.2 but with a single test at a value of test current as declared by the manufacturer. The value of the test current should be at least equal to either:

- ten times the rated current, or
- five times the rated current multiplied by K_{epcr} .

If there is no limitation of use of transducer, then the above limit of time applies. If the use is limited to specific applications, then the time limit can be reduced according to manufacturer specification.

B.7.8.4 Test results

The device is deemed to have passed the tests of B.7.8.3 if, after cooling to ambient temperature, it satisfies the following requirements:

- it is not visibly damaged;
- its errors after demagnetization do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error appropriate to its accuracy class;
- it withstands the routine dielectric tests specified in IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 but with test voltages reduced to 90 % of those given;
- examination of the insulation next to the surfaces of the conductors does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination is not required if the current density in the input and output circuits, corresponding to the rated short-time thermal current (I_{th}), does not exceed:

- 180 A/mm² where the circuit is of copper of conductivity not less than 97 % of the value given in IEC 60028, or
- 120 A/mm² where the circuit is of aluminium of conductivity not less than 97 % of the value given in IEC 60121.

B.7.9 Inter-turn overvoltage tests

Tests shall be performed at the full circuit in accordance with one of the following procedures A or B.

NOTE 1 Owing to the test procedure, the wave shape can be highly distorted.

NOTE 2 Tests can result in voltage values lower than specified in B.6.6.

- Procedure A

With the output circuit open-circuited (or connected to a high impedance device which reads peak voltage), a substantially sinusoidal current at some suitable test frequency between rated frequency and 400 Hz and of RMS value equal to the rated input current (or rated extended input current if specified) shall be applied for 60 s to the input circuit.

Test results:

- The applied current shall be limited if the test voltage for inter-turn insulation is obtained before reaching the rated input current (or rated extended input current).
- If the test voltage for inter-turn insulation is not reached at maximum input current, the obtained voltage shall be regarded as the test voltage.

- Procedure B

With the input circuit open-circuited, the test voltage for inter-turn insulation (at some suitable test frequency) shall be applied for 60 s to the terminals of each output circuit.

Test results:

- The RMS value of the output current shall not exceed the rated output current (or the appropriate extended value if specified).
- If the test voltage for inter-turn insulation is not reached at maximum output current and maximum test frequency, the obtained voltage shall be regarded as the test voltage.

The inter-turn overvoltage test is not a test carried out to verify the suitability of a transducer to operate with the output circuit open-circuited. Transducers should not be operated with the output circuit open-circuited because of the potentially dangerous overvoltage and overheating which can occur.

B.7.10 Anti-aliasing tests

This test addresses anti-aliasing testing with respect to the guidance defined in Annex D, when applicable.

The attenuation is calculated, and the limits are checked. Where agreed to by the user and manufacturer, injection may be into the output converter.

The magnitude of the input signal shall be at least 5 % of the rated input signal.

NOTE Owing to the fact that aliasing occurs, the input signal and the output signal do not have the same frequencies. Therefore, test arrangements using bridge configurations cannot be used. The easiest way to carry out the test is to calculate or measure the RMS values for input and output separately using a digital system or a simple multi-meter for analogue systems.

B.7.11 Test with harmonics and at low frequencies

This test addresses requirements for the measurement of harmonics and low frequencies defined in Annex E when applicable.

In an ideal case, tests on harmonics should be made with the rated input signal at the rated frequency plus a percentage of the rated input signal at each considered harmonic frequency. Such an input signal should provide a realistic image of the dynamic requirements on the transducer and will yield a good image of some non-linear phenomena which can happen in the transducer (intermodulation, for example).

However, it can be difficult to achieve a test circuit which generates such an input signal. For practical considerations, it is accepted that the accuracy tests be made with only one single harmonic frequency applied at the input side for each measurement.

Frequency response requirements defined in Table F.1 are very important for achieving device interoperability. Verification of these requirements may, however, be quite difficult and requires intimate knowledge of physical properties and limitations of the tested device's technology. Frequency response testing shall fulfil the harmonics requirement described in Table F.1.

The use of a suitable test setup is required.

Transducers susceptible to saturation cannot in general be tested at low frequencies using full voltage/current levels. For these devices, measurements at frequencies below the nominal system frequency should be performed with test signal magnitude reduced in inverse proportion with the frequency:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_{\text{test}}}{f_r}$$

To avoid measurement circuit clipping, testing of transducers with output signals increasing with frequency should be performed with test signal magnitude reduced in proportion with the frequency:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_r}{f_{\text{test}}}$$

In case of difficulties or limitations of the laboratory capabilities, it is also accepted to reduce the input test current of TRD2 measuring current to a value not lower than 10 % of the rated value or 10 A, whichever is greater.

Test results: see Annex E.

B.8 Routine tests for TRD2

B.8.1 General

Routine tests shall be conducted on 100 % of manufactured TRD2.

Unless otherwise specified in B.8.2 to B.8.5, the TRD2 may be in any position for routine tests as long it does not influence the test results.

Unless otherwise specified in B.8.2 to B.8.5 accessories and other optional parts may be omitted for routine tests as long it does not influence the test results.

B.8.2 Accuracy tests

Accuracy of TRD2 shall be verified in order to verify that the TRD2 complies with its assigned accuracy class.

The routine test is, in principle, the same as the type test in B.7.6.1. However, routine tests at a reduced number of test points are permissible if type tests have demonstrated that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with specified accuracy class.

The routine test is performed at room temperature at routine test location and at rated frequency only.

B.8.3 Verification of markings

It shall be verified that the markings are clearly readable. Conformity is checked by inspection.

B.8.4 Safety tests

TRD2 class F shall comply with Annex F of IEC 61010-1:2010.

B.8.5 Inter-turn overvoltage tests

No requirements.

Annex C (normative)

Interface coding

C.1 General

Annex C provides a way to specify an interface coding, aiming at facilitating the selection of transducers compatible with the equipment interface.

This interface coding includes:

- the characteristics of connection between the output of transducers and the measuring equipment,
- the rated output value at the output of the transducer,
- the rated power supply at the output of the transducer, in case an auxiliary power supply is supplied from a standardized connector, and
- the rated transfer curve, if applicable.

This interface coding shall be described in the manufacturer technical literature, in order to ease the selection of the relevant transducer by the customer before ordering.

This interface code is not supposed to be marked on the transducer name plate, because this name plate is visible by the customer once the transducer has been delivered, which is too late.

C.2 Characteristics of interface connection

Table C.1 provides options for connections, either through wires or through a standardised connector.

Table C.1 – Coding of interface connection

Connector specification	Code letter
RJ45 with pinout as specified in B.6.6.7.2	R
Wires	W
Terminal for wires	T
Special connectors or interface	S
NOTE 1 Soldered terminals on PCB is an example of special connector.	
NOTE 2 Screw/screwless terminals or spring terminals are examples of terminal for wires.	

C.3 Coding of rated output values for transducers

Table C.2, Table C.3, Table C.4, Table C.5, Table C.6, Table C.7 and Table C.8 provide lists of rated values that shall be used for TRD2, and should be used for TRD1 if relevant.

Table C.2 – Rated AC RMS voltage output

Kind of output	Rated output value	Code letter ^a	Applicable for	
			TRD1	TRD2
AC voltage output	22,5 mV AC RMS	U1		X
	100 mV AC RMS	U2		X
	150 mV AC RMS	U3		X
	225 mV AC RMS	U4		X
	333 mV AC RMS	U5		X
	1 V AC RMS	U6		X
	112,5 mV AC RMS	U7		X
	Special value	Ux		X
	^a In the event that the output depends on items (e.g. configuration, position of transducer, frequency or phase of AC input signal) other than the input level, then the code letter shall be noted "dU" instead of "U" or "dx" instead of "x".			

Table C.3 – Rated DC voltage output

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
DC voltage output	1,66 V DC	U8		X
	3 V DC	U9		X
	4 V DC	U10		X
	5 V DC	U11		X
	Special value	Ux		X

Table C.4 – Rated range of DC voltage output

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
Range of DC voltage output	0 V to 1 V DC	U21	X	
	0 V to 10 V DC	U22	X	
	–1 V to 1 V DC	U23	X	
	–10 V to 10 V DC	U24	X	
	0 V to 5 V DC	U25	X	
	–5 V to 5 V DC	U26	X	
	Special value	Ux		

Table C.5 – Rated AC RMS current output less than 1 A

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
AC current output (less than 1 A)	20 mA AC RMS	I1		X
	50 mA AC RMS	I2		X
	100 mA AC RMS	I3		X
	Special value	Ix		X

Table C.6 – Rated range of DC current output

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
Range of DC current output	4 mA to 20 mA DC	I21	X	
	0 mA to 20 mA DC	I22	X	
	0 mA to 1 mA DC	I23	X	
	0 mA to 10 mA DC	I24	X	
	–1 mA to 1 mA DC	I25	X	
	–5 mA to 5 mA DC	I26	X	
	–10 mA to 10 mA DC	I27	X	
	–20 mA to 20 mA DC	I28	X	X
	–50 mA to 50 mA DC	I29		X
	–100 mA to 100 mA DC	I30		X
	–200 mA to 200 mA DC	I31		X
	–500 mA to 500 mA DC	I32		X
	Special value	Ix		X

Table C.7 – Rated frequency output

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
Range of frequency output proportional to the input quantity	0 to 20 kHz	F1		X
	Special value	Fx		X

Table C.8 – Rated pulse density output

Kind of output	Rated output value	Code letter	Applicable for	
			TRD1	TRD2
Pulse density output proportional to the input quantity	10 MHz	P1		X
	20 MHz	P2		X
	Special value	Px		X

C.4 Coding of auxiliary power supply for transducers

Table C.9 provides possible options for power supplies for transducers supplied from a measuring instrument via the connector.

Table C.10 provides possible options for external power supplies for transducers.

Table C.9 – Coding of power supply for transducers supplied from a measuring instrument via the connector

Power supply characteristics	Voltage	Code letter
Power supply when provided by the measuring equipment	No need	(blank)
	3,3 V DC	PS1
	5 V DC	PS2
	12 V DC	PS3
	24 V DC	PS4
	48 V DC	PS5
	Special voltage or range of voltage	PSx

Table C.10 – Coding of external power supply for transducers

External power supply characteristics	Voltage	Code letter
Power supplied by external power supply	3,3 V DC	EPS1
	5 V DC	EPS2
	12 V DC	EPS3
	24 V DC	EPS4
	48 V DC	EPS5
	±15 V DC	EPS6
	±24 V DC	EPS7
	110 V AC	EPS8
	230 V AC	EPS9
	Special voltage or range of voltage	EPSx

C.5 Coding of transfer function curves for transducers

Table C.11 provides coding for transfer function curves, if applicable.

Table C.11 – Coding of transfer function curves for TRD1

Transfer function curve	Code letter
Transfer function curve A, as defined in Figure A.1	A
Transfer function curve B, as defined in Figure A.2	B
Transfer function curve C, as defined in Figure A.3	C
Transfer function curve D, as defined in Figure A.4	D
Transfer function curve E, as defined in Figure A.5	E
Transfer function curve F, as defined in A.6.6.6	F

C.6 Interface full coding for output of transducers

C.6.1 General

Table C.12 provides the full coding of the output of transducers.

Table C.12 – Interface full coding for output of transducers

Coding of connectors for the output of transducers	Coding of rated output values	Blank	Coding of auxiliary power supply	Blank	Coding of transfer function curve
Code according to Table C.1	Code according to Table C.2 to Table C.8		Code according to Table C.9 or to Table C.10, if relevant		Optional code according to Table C.11, if relevant

C.6.2 Examples of interface codes and most common interface codes

Table C.13 provides a list of examples, and the most common interface codes for transducers.

Table C.13 – Examples of interface codes and most common interface codes

Kind of transducers	Interface code	Meaning of the interface code	Most common
Transducers delivering an AC RMS voltage output	WU2	Transducer with wires connection, 100 mV AC rated voltage output	
	WU3	Transducer with wires connection, 150 mV AC rated voltage output	
	TU3	Transducer with terminal block connection, 150 mV AC rated voltage output	
	WU5	Transducer with wires connection, 333 mV AC rated voltage output	x
	TU5	Transducer with terminal block, 333 mV AC rated voltage output	x
	WU6	Transducer with wires connection, 1 V AC rated voltage output	
	RU1	Transducer with RJ45 standardised connector, 22,5 mV AC rated voltage output	
	RU7	Transducer with RJ45 standardised connector, 112,5 mV AC rated voltage output	x
	RU5	Transducer with RJ45 standardised connector, 333 mV AC rated voltage output	x
	RdU3	Transducer with RJ45 standardised connector, 150 mV AC rated voltage output depending on other items than the input level	x
	RU4	Transducer with RJ45 standardised connector, 225 mV AC rated voltage output	x
	SU2	Transducer with special connector, 100 mV AC rated voltage output	
	SdU2	Transducer with special connector, 100 mV AC rated voltage output depending on other items than the input level	
	SU5	Transducer with special connector, 333 mV AC rated voltage output	
	Sx	Transducer with special connector, special analogue output	
	Sdx	Transducer with special connector, special analogue output depending on items other than the input level	

Kind of transducers	Interface code	Meaning of the interface code	Most common
Transducers delivering a DC voltage output	WU8	Transducer with wires connection, 1,66 V rated voltage output	
	WU9	Transducer with wires connection, 3 V DC rated voltage output	
	WU10	Transducer with wires connection, 4 V DC rated voltage output	
	WU11	Transducer with wires connection, 5 V DC rated voltage output	
	RU11	Transducer with RJ45 connection, 5 V DC rated voltage output	x
	SU10	Transducer with special connector, 4 V DC analogue output	
	Sx	Transducer with special connector, special analogue output	
Transducers delivering a DC range of voltage output	WU21	Transducer with wires connection, 0 V DC to 1 V DC rated voltage output	
	WU22	Transducer with wires connection, 0 V DC to 10 V DC rated voltage output	
	WU23	Transducer with wires connection, –1 V DC to 1 V DC rated voltage output	
	WU24	Transducer with wires connection, –10 V DC to 10 V DC rated voltage output	
	Sx	Transducer with special connector, special analogue output	
Transducers delivering an AC current output	WI1	Transducer with wires, 20 mA DC rated current output	
	WI2	Transducer with wires, 50 mA DC rated current output	
	WI3	Transducer with wires, 100 mA DC rated current output	x
	Sx	Transducer with special connector, special analogue output	
Transducers delivering an AC range of current output	WI21	Transducer with wires, 4 mA DC to 20 mA DC rated current output	x
	WI22	Transducer with wires, 0 mA DC to 20 mA DC rated current output	
	WI23	Transducer with wires, 0 mA DC to 1 mA DC rated current output	
	WI24	Transducer with wires, 0 to 10 mA DC rated current output	
	WI25	Transducer with wires, –1 mA DC to 1 mA DC rated current output	
	WI26	Transducer with wires, –10 mA DC to 10 mA DC rated current output	
	WI27	Transducer with wires, –20 mA DC to 20 mA DC rated current output	
	WI28	Transducer with wires, –50 mA DC to 50 mA DC rated current output	
	WI29	Transducer with wires, –100 mA DC to 100 mA DC rated current output	
	WI30	Transducer with wires, –200 mA DC to 200 mA DC rated current output	
	WI21	Transducer with wires, –500 mA DC to 500 mA DC rated current output	
Range of frequency output	WF1	Transducer with wires, 0 kHz to 20 kHz rated range of frequency	
Pulse density output	WP1	Transducer with wires, 10 MHz pulse output	
	WP2	Transducer with wires, 20 MHz pulse output	

Annex D (informative)

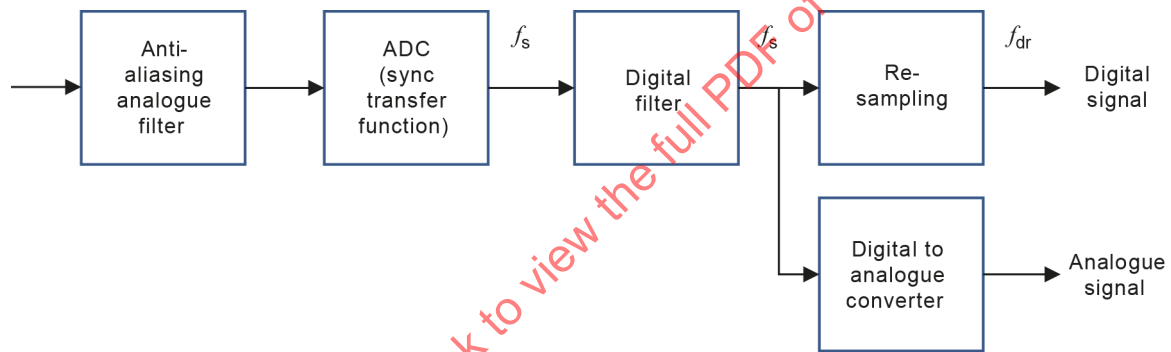
Anti-aliasing guidance

The guidance in Annex D is applicable to transducers with embedded digital data processing or transmission (digital transducers).

Digital and discrete time data processing limits the bandwidth to half the digital sampling rate f_s . If different sampling rates along the signal processing path are used, the lowest rate is the limiting factor. For transducers with digital output, the lowest rate is usually the output sampling rate. Frequencies above $f_s / 2$ are mirrored to frequencies below $f_s / 2$. From the point of view of accuracy, the most critical frequencies are those mapped on to the power system frequency f_r . The first frequency which is mapped on f_r is:

$$f_s - f_r$$

Figure D.1 shows an example of a digital data acquisition system.



IEC

Key

f_s ADC sampling rate

f_{dr} digital signal data rate

Figure D.1 – Digital data acquisition system example

If f_s is greater than f_{dr} , the maximum signal bandwidth is equal to $f_{dr} / 2$; otherwise, the maximum signal bandwidth is equal to $f_s / 2$.

Hence, a so-called anti-aliasing filter should be used. Minimum anti-aliasing filter attenuation requirements are specified, as a function of the transducer accuracy class, in Table D.1.

Table D.1 – Anti-aliasing filter

Accuracy class	Anti-aliasing filter attenuation ($f \geq f_s - f_r$)
0,1	≥ 34 dB
0,2	≥ 28 dB
0,5	≥ 20 dB
1	≥ 20 dB
Other classes	≥ 20 dB

Attenuation, expressed in decibels (dB), is calculated according to the following formula (for voltage transducer, replace current I by voltage U):

$$\alpha = 20 \log_{10} \frac{I_p \times Y_{sr}}{Y_s \times I_{n-low}} \text{ (dB)}$$

where

α is the attenuation;

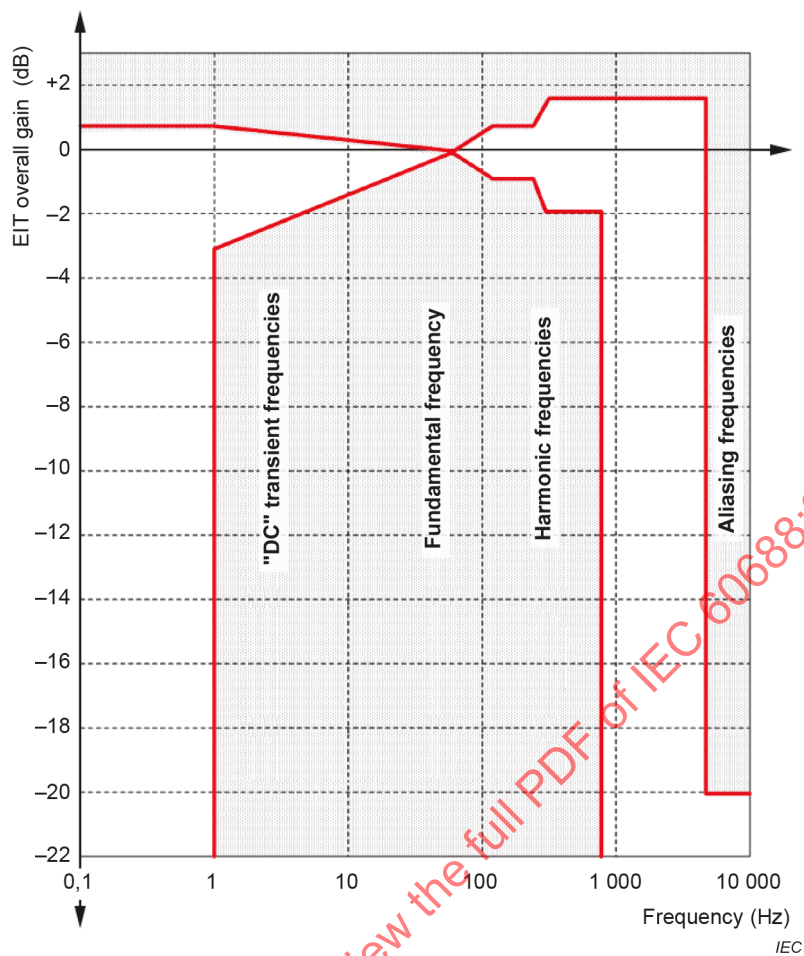
I_p is the RMS value of the input current at frequency f , with $f \geq f_s - f_r$;

Y_s is the RMS value of the output signal at the mirrored frequency, that is, at $f_s - f_r$;

I_{n-low} is the rated input current;

Y_{sr} is the rated output signal.

Figure D.2 illustrates an example of harmonic and anti-aliasing frequency response magnitude requirements for metering accuracy class 1, where $f_r = 60$ Hz and $f_s = 4\,800$ Hz.



Key



Prohibited region for response

Figure D.2 – Frequency response mask for metering accuracy class 1
 $(f_r = 60 \text{ Hz}, f_s = 4\,800 \text{ Hz})$

Annex E (normative)

Requirements for the measurement of harmonics and low frequencies

E.1 General

Owing to the use of specific devices (non-linear loads, railway) harmonics can be generated on the network. The amount of harmonics depends on the network and the voltage level.

Harmonics are of interest for monitoring applications, because they may have an impact on all the electrical quantities. Such applications include basic energy management, power metering and monitoring, and power quality monitoring, which require the performance on harmonic measurement to be quantified. Specific accuracy requirements for each class are given in Clause E.2 to Clause E.5.

The accuracy class extension for harmonic measurement are:

- WBm0 basic extension level up to harmonic 15,
- WBm1 extension with better accuracy up to harmonic 15,
- WBm2 extension with better accuracy up to harmonic 50,
- WBm3 extension for supra-harmonics measurements

E.2 Requirements for accuracy class extension WBm0

Table E.1 gives the limit of errors on the magnitude and phase (as applicable) for accuracy class extension WBm0.

Table E.1 – Limits of error for harmonics – Accuracy class extension WBm0

Accuracy class (at f_r)	Relative error limit at harmonics of f_r					Phase error limit at harmonics of f_r			
	%					Degrees			
	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th	Above 15 th	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th
0,1	±1	±2	±4	±8	+8 –100	±1	±2	±4	±8
0,2 or 0,2S	±2	±4	±8	±16	+16 –100	±2	±4	±8	±16
0,5 or 0,5S	±5	±10	±20	±20	+20 –100	±5	±10	±20	±20
1	±10	±20	±20	±20	+20 –100	±10	±20	±20	±20
3 or 5	–	–	–	–	–	–	–	–	–

The interpolation between points defined in Table E.1 shall be a straight line when shown in log/log scale.

The limits in Table E.1 apply equally to TRD2 for voltage measurement and current measurement.

The accuracy classes 0,2S and 0,5S apply only to TRD2 for current measurement.

E.3 Requirements for accuracy class extension WBm1

Accuracy class extension WBm1 specifies better amplitude and phase accuracy for harmonics ranks up to 15, for better consistency with measuring devices such as energy meters or PMDs.

Table E.2 gives the limit of errors for the accuracy class extension WBm1.

Table E.2 – Limits of errors for harmonics – Accuracy class extension WBm1

Accuracy class (at f_r)	Relative error limit at harmonics of f_r				Phase error limit at harmonics of f_r			
	%				Degrees			
	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th
0,1	±1	±2	±4	±5	±1	±1	±2	±5
0,2 or 0,2S	±2	±4	±5	±5	±1	±1	±2	±5
0,5 or 0,5S	±4	±5	±5	±5	±1	±1	±2	±5
1	±5	±5	±5	±5	±1	±1	±2	±5
3 or 5	–	–	–	–	–	–	–	–

NOTE 1 Phase error requirements are derived from the highest possible accuracy class for active power in IEC 61557-12 (PMD class 2,5), considering the effect of phase errors on the measurement of the active power.

NOTE 2 Low-level harmonics, especially harmonics 3 and 5, are of special importance for active energy metering.

The interpolation between points defined in Table E.2 shall be a straight line when shown in log/log scale.

The limits in Table E.2 apply equally to TRD2 for voltage measurement and for current measurement.

The accuracy classes 0,2S and 0,5S apply only to TRD2 for current measurement.

E.4 Requirements for accuracy class extension WBm2

According to EN 50160 and IEC 61000-4-7, for such purposes, harmonics up to the 40th order (in some cases even to the 50th order) are measured. IEC 61000-4-7 specifies that the relative error (related to the measured value) shall not exceed 5 %.

Table E.3 gives the limit of errors for the accuracy class extension WBm2.

Table E.3 – Limits of errors for harmonics – Accuracy class extension WBm2

Accuracy class (at f_r)	Error limit at harmonics of f_r					Phase error limit at harmonics of f_r				
	%					Degrees				
	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th	16 th to 50 th	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 15 th	15 th to 50 th
0,1	±1	±2	±4	±5	±5	±1	±1	±2	±5	±5
0,2 or 0,2S	±2	±4	±5	±5	±5	±1	±1	±2	±5	±5
0,5 or 0,5S	±5	±5	±5	±5	±5	±1	±1	±2	±5	±5
1	±5	±5	±5	±5	±5	±1	±1	±2	±5	±5
3 5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

The interpolation between points defined in Table E.3 shall be a straight line when shown in log/log scale.

The limits in Table E.3 apply equally to TRD2 for voltage measurement and for current measurement.

The accuracy classes 0,2S and 0,5S apply only to TRD2 for current measurement.

E.5 Requirements for accuracy class extension WBm3

Accuracy class extension WBm3 specifies accuracy requirements up to 150 kHz, related to the measurement of supra-harmonics.

Because the performance of supra-harmonics measurement is still under discussion, only class is specified for supra-harmonics performance, which come in addition of the accuracy class at lower frequencies.

EXAMPLE Class 0,2S WBm3

Table E.4 gives the limit of errors applicable above harmonic 50 for the accuracy class extension WBm3.

Table E.4 – Limits of errors for supra-harmonics – Accuracy class extension WBm3

Accuracy class (at f_r)	Error limit at harmonics of f_r		Phase error limit at harmonics of f_r	
	%		Degrees	
	$f_r < 9 \text{ kHz}$	$9 \text{ kHz} < f_r < 150 \text{ kHz}$	$f_r < 9 \text{ kHz}$	$9 \text{ kHz} < f_r < 150 \text{ kHz}$
	±10	±20	±10	–

TRD2s with class extension WBm3 shall also meet the requirements of class extension WBm2.

The limits in Table E.4 apply equally to TRD2 for voltage measurement and for current measurement.

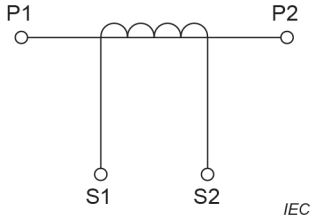
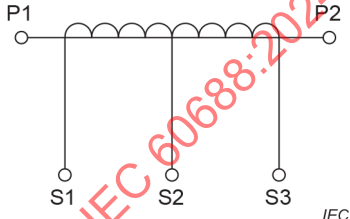
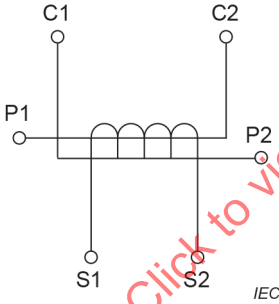
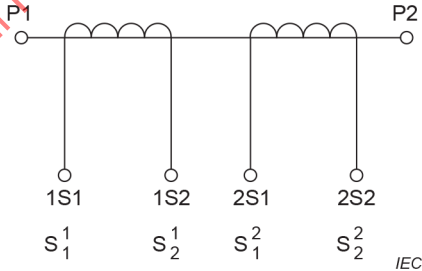
Annex F (normative)

Markings of terminals of TRD2

F.1 Marking of terminals for TRD2 monitoring AC current

The markings of TRD2 monitoring AC current shall follow the principles illustrated in the examples in Table F.1.

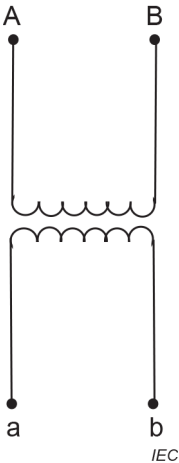
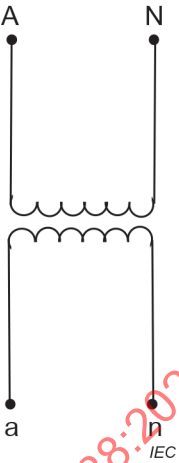
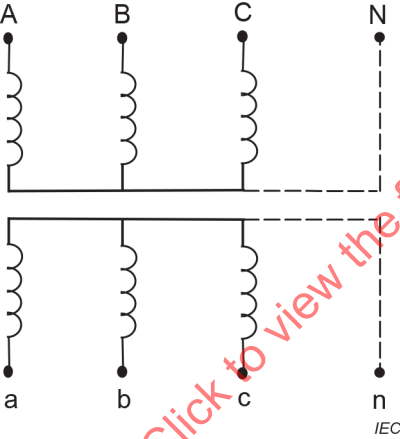
Table F.1 – Marking of terminals for TRD2 monitoring current

Input terminals		
Output terminals	Single-ratio TRD2	TRD2 with an intermediate tapping on output circuit
Input terminals		
Output terminals	TRD2 with input circuit in 2 sections intended for connections either in series or in parallel	TRD2 with 2 output circuits; each with its own magnetic core (two alternative markings for the output terminals)

F.2 Marking of terminals for TRD2 monitoring voltage

The markings of TRD2 monitoring AC voltage shall follow the principles illustrated in the examples in Table F.2.

Table F.2 – Marking of terminals for TRD2 monitoring voltage

Input terminals		
Output terminals	Single-phase TRD2 with a single output LL	Single-phase TRD2 with a single output LN
Input terminals		
Output terminals	Three-phase assembly TRD2 with a single output 3L-N	

Annex G (informative)

Guidance related to cables, busbars and bare conductors within an installation

G.1 Insulation of cables

Cables used in cabinets, panels and cubicles are supposed to provide a basic insulation at the working voltage specified for this cable.

A bushing can provide a supplementary insulation, provided this bushing is specified for at least the same working voltage as for the cable or the same working voltage of the system.

Under some conditions (see installation rules), a cable may be considered to provide a reinforced insulation.

Bare busbars and bare conductors do not provide any insulation. A bushing can provide a "basic insulation" provided this bushing is specified for at least the same working voltage as for the busbar or bare conductor.

Under some conditions (see installation rules), a bushing may be considered to provide a reinforced insulation.

Means to avoid contact with cable, busbars or bare conductor (e.g. integral means to avoid contact with cable or busbar) are not supposed to provide any additional insulation to the one provided by bushing, the insulation of cable and insulation of TRD2.

G.2 Temperature of cables and busbars

G.2.1 Cables

According to Table 6 of IEC 61439-1:2020, the maximum temperature-rise limits on terminals for external insulated conductors, for a daily average ambient air temperature up to 35 °C under service conditions, is 70 K.

Therefore, maximum permissible total daily average temperature of cable terminals is 105 °C (35 °C + 70 K).

Considering the usual decrease of cable temperature from terminal, 90 °C can be considered as a common value. This covers copper and aluminium cables.

G.2.2 Busbars

According to Table 6 of IEC 61439-1:2020, the maximum temperature-rise limits on copper busbar, for a daily average ambient air temperature up to 35 °C under service conditions, is 105 K.

Therefore, maximum permissible total daily average temperature of busbar terminals is 140 °C (35 °C + 105 K).

Considering the usual decrease of busbar temperature from terminal, 105 °C can be considered as a common value. This covers copper busbar and also aluminium busbar having lower permissible temperature.

Annex H (informative)

Guidance related to overvoltage categories and measurement categories

H.1 Concept of overvoltage category

The concept of overvoltage categories is defined in IEC 60664-1:2020, 4.3.2, or in IEC 60364-4-44 or in IEC 61010-1:2010 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016.

H.2 Approach of IEC 60664-1 for primary circuits of TRD2

H.2.1 General

IEC 60664-1 uses the concept of overvoltage categories (OVC).

H.2.2 Examples with IEC 60664-1:2020, for primary measuring circuits, OVC III, PD 2, altitude under 2 000 m, inhomogeneous field

Two examples are considered below:

- example 1 = 230/400 V network, material group II;
- example 2 = 400/690 V network, material group I.

Table H.1 and Table H.2 show clearances and creepage distances, respectively, according to IEC 60664-4.

Table H.1 – Clearances according to IEC 60664-1:2020

Distribution system (LN/LL) V AC	Reference voltage for clearances V	Basic insulation		Reinforced insulation	
		$U_{\text{imp}}^{\text{a}}$ kV	Clearance ^b mm	$U_{\text{imp}}^{\text{c}}$ kV	Clearance ^b mm
230/400	300	4	3	6	5,5
400/690	600	6	5,5	8	8
Clearances according to Table F.2 of IEC 60664-1:2020 can be reduced under some circumstances, see IEC 60664-1:2020. However, values of impulse tests cannot be reduced.					
^a According to Table F.1 of IEC 60664-1:2020.					
^b According to Table F.2 of IEC 60664-1:2020.					
^c For reinforced insulation, values are defined one step higher in the preferred list of values in 4.2.2.1 of IEC 60664-1:2020 (see 5.2.3.1 of IEC 60664-1:2020).					

Table H.2 – Creepage distances according to IEC 60664-1:2020

Distribution system (LN/LL) V AC	Voltage rationalized for insulation line to line ^a V	Material Group	Basic insulation	Reinforced insulation
			Creepage distance ^b mm	Creepage distance ^c mm
230/400	400	II	2,8	5,6
400/690	630	I	3,2	6,4

NOTE See 5.3.2.5 of IEC 60664-1:2020 for the relationship of creepage distance to clearance.

^a According to Table F.4 (rationalized voltages) of IEC 60664-1:2020.

^b According to Table F.5 of IEC 60664-1:2020.

^c For reinforced insulation, creepage distance are twice the creepage distance for basic insulation, see 5.3.5 of IEC 60664-1:2020.

H.3 Approach of IEC 61010 (all parts) for primary circuits of TRD2

H.3.1 General

IEC 61010-1 is the generic standard for safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use that refers to IEC 61010-2-030 for circuits dedicated to testing or measuring purposes.

IEC 61010-2-030 has introduced a concept of measurement categories (MC, named as CAT II, CAT III, and CAT IV) that is used for measuring circuits.

IEC 61010-2-030 applies to testing and measuring circuits.

H.3.2 Example with IEC 61010-2-030:2023 for primary measuring circuits, OVC III, PD 2, altitude under 2 000 m, inhomogeneous field

Two examples are considered below:

- Example 1 = 230/400 V network, material group II,
- Example 2 = 400/690 V network, material group I.

Table H.3 and Table H.4 show clearances and creepage distances, respectively, according to IEC 61010-2-030:2023.

Table H.3 – Clearances according to IEC 61010-2-030:2017

Distribution system (LN/LL) V AC	Reference voltage for clearances V	Basic insulation		Reinforced insulation	
		U_{imp}^a kV	Clearance ^b mm	U_{test}^c kV	Clearance ^b mm
230/400	300	4	3	6,40	5,9
400/690	600	6	5,5	9,50	10,5
Clearances according to K.101 of IEC 61010-2-030:2023 can be reduced under some circumstances, see the IEC 61010 series.					
^a According to Table K.16 of IEC 61010-1:2010.					
^b According to Table K.101 of IEC 61010-2-030:2023.					
^c According to Table K.16 of IEC 61010-1:2010.					

Table H.4 – Creepage distances according to IEC 61010-2-030:2023

Distribution system (LN/LL) V AC	Voltage rationalized for insulation line to line V	Material Group	Basic insulation	Reinforced insulation
			Creepage distance ^a mm	Creepage distance ^b mm
230/400	400	II	2,8	5,6
400/690	690	I	3,5	7,0
^a According to Table K.13 of IEC 61010-1:2010.				
^b For reinforced insulation, creepage distance are twice the creepage distance for basic insulation, see IEC 61010-1:2010.				

H.4 Approach for secondary circuits of TRD2

Propagation of overvoltage is linked to the "coupling power capability" between primary circuit and secondary circuit. This coupling capability is usually limited for TRD2.

For TRD2 having a current measurement input, the coupling power capability is deemed to be low. Therefore, very low values of transient overvoltages can be expected on the secondary circuit. In case of doubt, a verification by measurement should be performed.

For TRD2 having a voltage measurement input, the coupling power capability is deemed to be limited. Values for clearances can be found in IEC 61010-1:2010, Table K.11 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Table K.11 or a verification by measurement should be performed in order to determine the remaining value of transient overvoltages on the secondary and to calculate according to IEC 61010-1:2010, K.3.2 and IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, K.3.2.

Even if a transient should not be considered on the secondary (low values for clearance), other safety-related requirements should apply (e.g. creepage distances).

Annex I (informative)

Examples of clamping units and relationship between clamping unit and connecting device

I.1 Clamping unit in a connecting device

For clarification of the definitions, see Figure I.1.

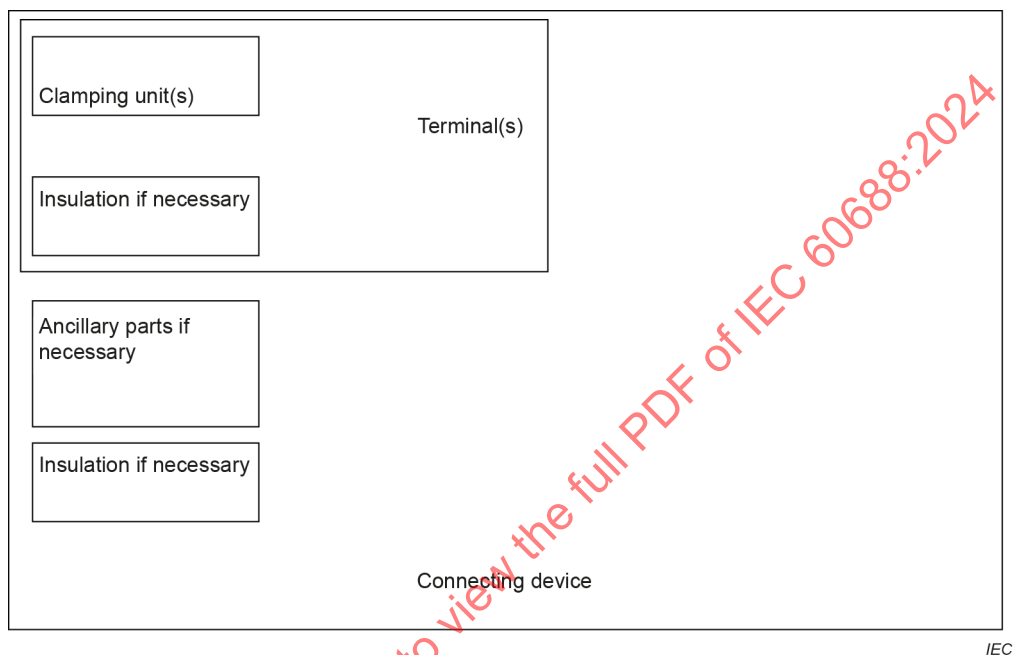
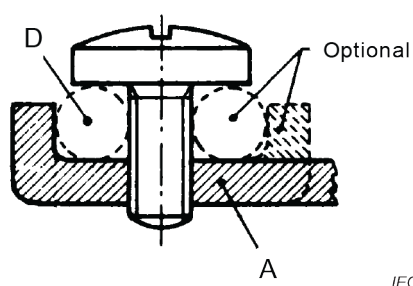


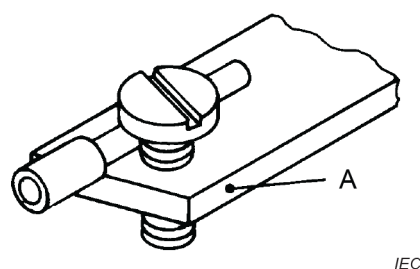
Figure I.1 – Clamping unit in a connecting device

I.2 Examples of clamping units

See Figure I.2 for a description of screw clamping units, Figure I.3 for pillar clamping units, Figure I.4 for stud clamping units, Figure I.5 for saddle clamping unit, Figure I.6 for lug clamping units and Figure I.7 for mantle clamping units.

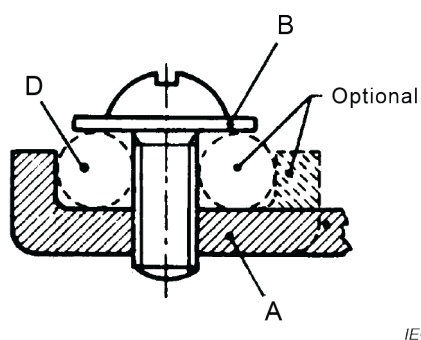


With conductor fixation by the conductive part
(sectional drawing)

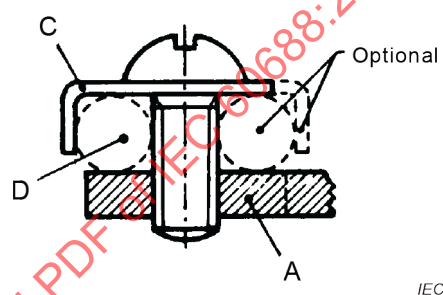


Without additional conductor fixation (sketch)

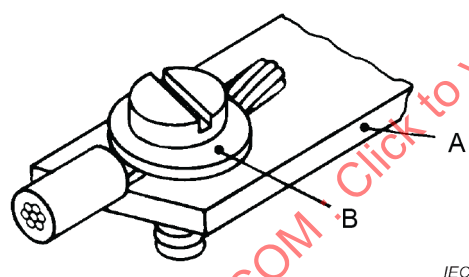
Direct pressure through screw head



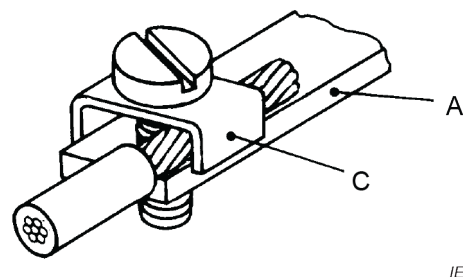
With conductor fixation by the conductive part
(sectional drawing)



With conductor fixation by the exerting part (sectional drawing)



Without additional conductor fixation (sketch)



With conductor fixation by the exerting part (sketch)

Indirect pressure through screw head (via intermediate parts)

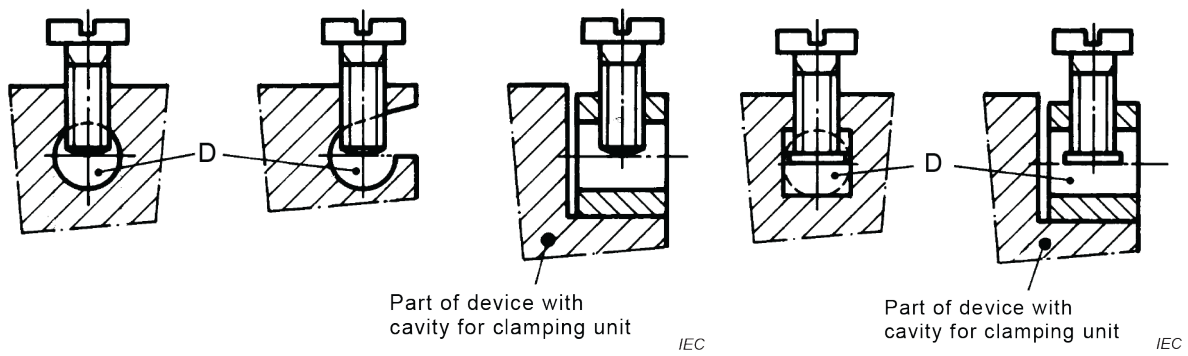
Key

- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space

NOTE Examples shown here do not prohibit the conductor being divided either side of the screw.

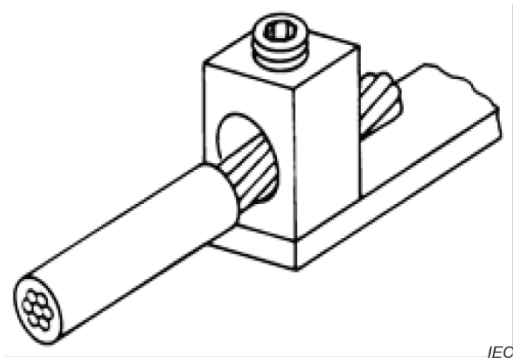
Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under the head of one or more screws. The clamping pressure may be applied directly by the head of the screw or through an intermediate part, such as a washer, clamping plate or anti-spread device.

Figure I.2 – Screw clamping units

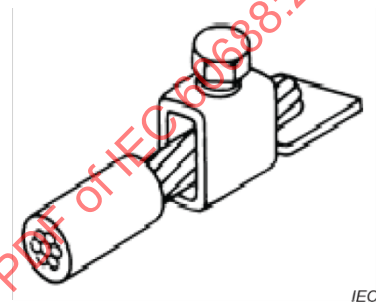


Clamping units without pressure plate

Clamping units with pressure plate

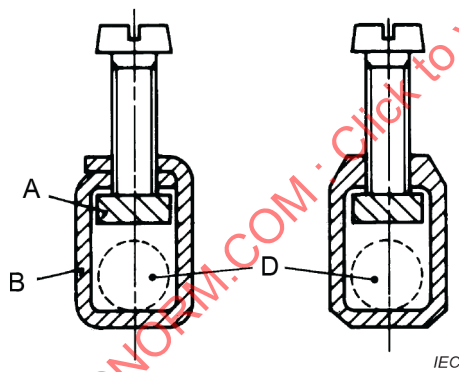


Broached clamping sleeve (sketch)

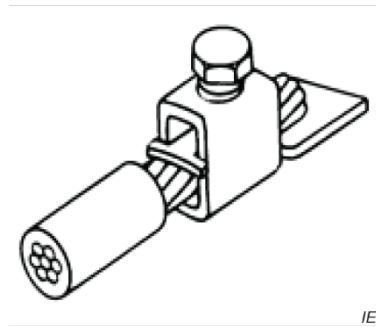


Folded clamping sleeve (sketch)

Clamping units with direct pressure



Folded and broached clamping sleeves (sectional drawings)



Application sketch

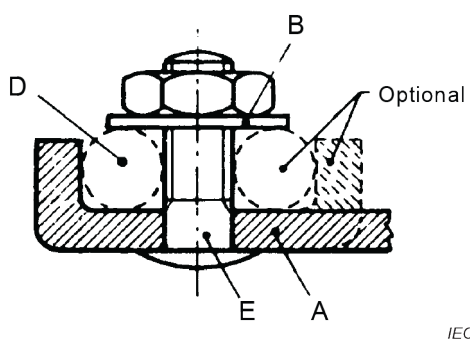
Clamping units with indirect pressure

Key

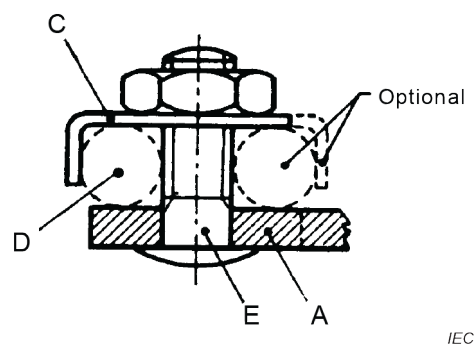
- A Fixed part
- B Body of the clamping unit
- D Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is inserted into a hole or cavity, where it is clamped under the shank of the screw or screws. The clamping pressure may be applied directly by the shank of the screw or through an intermediate part to which pressure is applied by the shank of the screw

Figure I.3 – Pillar clamping units



With conductor fixation by the conductive part (sectional drawing)



With conductor fixation by the exerting part (sectional drawing)

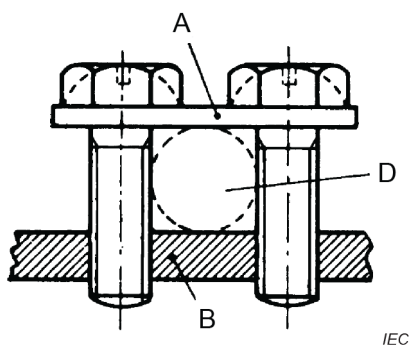
Key

- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

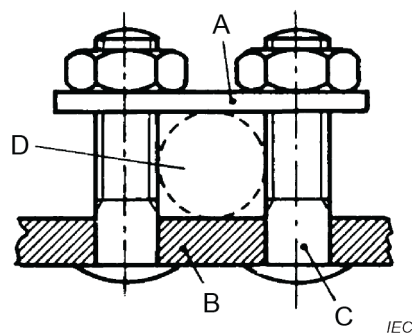
NOTE The part which retains the conductor in position can be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under one or two nuts. The clamping pressure can be applied directly by a suitably shaped nut or through an intermediate part, such as a washer, clamping plate or anti-spread device.

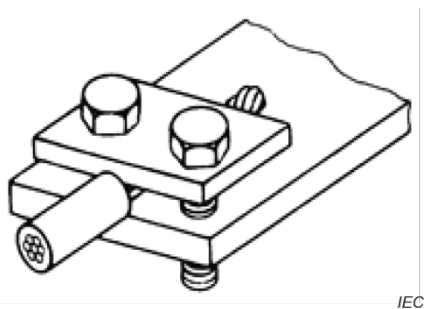
Figure I.4 – Stud clamping units



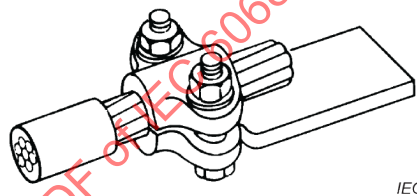
With screws (sectional drawing)



With studs and nuts (sectional drawing)



With screws (sketch)



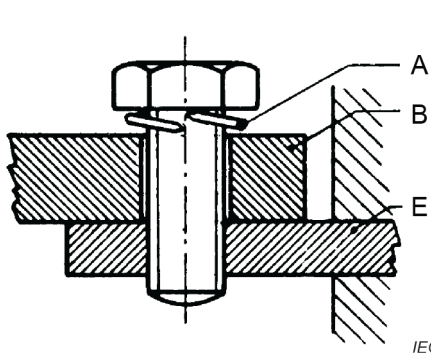
For round conductors only (sketch)

Key

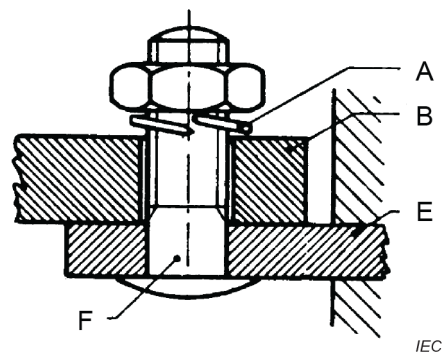
- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped under a saddle by means of two or more screws or nuts.

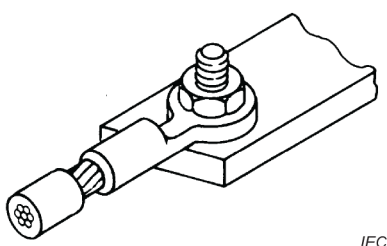
Figure I.5 – Saddle clamping units



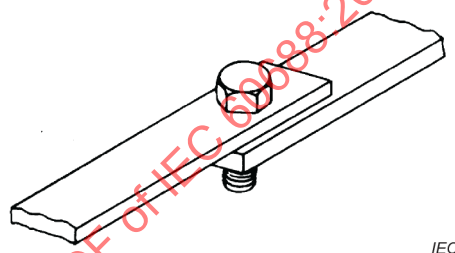
Bars connection with screw (sectional drawing)



Bars connection with stud (sectional drawing)



Ring form (sketch)

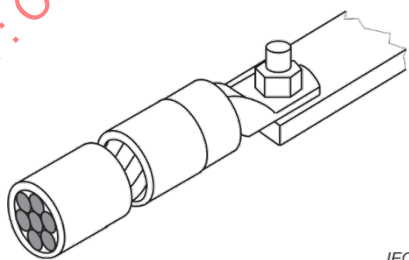


Bars connection (sketch)

Key

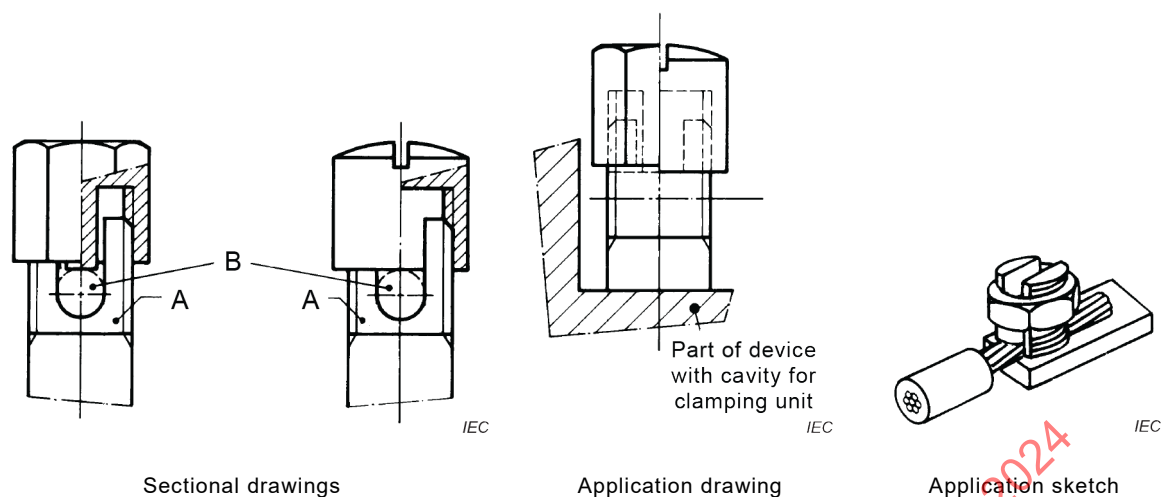
- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

Screw clamping unit or stud clamping unit designed for clamping a cable lug or bar by means of a screw or nut.



Terminal connection (sketch)

Figure I.6 – Lug clamping units



Key

- A Fixed part
- B Conductor space

Screw-type clamping unit in which the conductor is clamped against the base of a slot in a threaded stud by means of a nut. The conductor is clamped against the base of the slot by a suitable shaped washer under the nut, by a central peg if the nut is a cap nut, or by equally effective means for transmitting the pressure from the nut to the conductor within the slot.

Figure I.7 – Mantle clamping units

Bibliography

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

IEC 60050-300, *International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument* (available at www.electropedia.org)

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60051-1, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 1: Definitions and general requirements common to all parts*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60121, *Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire*¹

IEC 60255-151, *Measuring relays and protection equipment – Part 151: Functional requirements for over/under current protection*

IEC 60359, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

IEC 60364-4-44, *Low voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60381-1:1982, *Analogue signals for process control systems – Part 1: Direct current signals*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60770 (all parts), *Transmitters for use in industrial-process control systems*

IEC 60770-1, *Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 1: Methods for performance evaluation*²

IEC 60770-2, *Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 2: Methods for inspection and routine testing*³

IEC 60770-3, *Transmitters for use in industrial-process control systems – Part 3: Methods for performance evaluation of intelligent transmitters*⁴

¹ This document has been withdrawn.

² This document has been withdrawn.

³ This document has been withdrawn.

⁴ This document has been withdrawn.

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61010 (all parts), *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use*

IEC 61869 (all parts), *Instrument transformers*

IEC 62052-11:2020, *Electricity metering equipment – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment*

IEC 62586-1:2018, *Power quality measurement in power supply systems – Part 1: Power quality instruments (PQI)*

ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010, *ISO/IEC/IEEE Standard for Information technology – Smart transducer interface for sensors and actuators – Part 4: Mixed-mode communication protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) formats*

EN 50160, *Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks*

ITU-T Recommendation O.41, *Psophometer for use on telephone-type circuits*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	135
INTRODUCTION.....	137
1 Domaine d'application	138
2 Références normatives	139
3 Termes et définitions	140
3.1 Termes généraux.....	140
3.2 Termes désignant les transducteurs.....	141
3.3 Termes désignant les transducteurs selon le mesurande	143
3.4 Termes désignant des transducteurs selon leur charge de sortie	144
3.5 Valeurs nominales	145
3.6 Termes désignant les transducteurs offrant la possibilité de réglage par les utilisateurs	146
3.7 Grandeurs d'influence et conditions de référence.....	146
3.8 Erreurs et variations.....	146
3.9 Précision, classe de précision et indice de classe	147
3.10 Termes relatifs au primaire des transducteurs.....	147
3.11 Termes relatifs à la sortie secondaire des transducteurs.....	148
4 Conditions d'environnement	148
5 Caractéristiques assignées.....	149
6 Exigences relatives à la conception et à la construction.....	149
6.1 Généralités	149
6.1.1 Architecture générale d'un transducteur.....	149
6.1.2 Classification des transducteurs (TRD).....	149
6.2 Exigences de sécurité	150
6.2.1 Généralités	150
6.2.2 Protection contre les chocs électriques.....	150
6.2.3 Protection contre les dangers mécaniques.....	151
6.2.4 Résistance aux contraintes mécaniques	151
6.2.5 Protection contre la propagation du feu	152
6.2.6 Limites de température de l'équipement et résistance à la chaleur	152
6.2.7 Protection contre les dangers des fluides	152
6.2.8 Protection contre les radiations, y compris les sources laser, et contre la pression acoustique et ultrasonique	152
6.2.9 Protection contre les émissions de gaz et substances, les explosions et les implosions.....	153
6.2.10 Composants et sous-ensembles	153
6.2.11 Protection par systèmes de verrouillage	153
6.2.12 Dangers résultant de l'application	153
6.2.13 Appréciation du risque	153
6.3 Exigences relatives à la CEM.....	153
6.3.1 Généralités	153
6.3.2 Exigences relatives à l'immunité	153
6.3.3 Exigences relatives à l'émission	155
6.4 Exigences climatiques	155
6.5 Exigences mécaniques	155
6.6 Exigences fonctionnelles.....	155
6.7 Exigences en matière de marquage	155

6.8	Exigences en matière de documentation	156
7	Essais de type	156
8	Essais individuels de série	156
Annexe A (normative) Exigences pour le TRD1		157
A.1	Généralités	157
A.2	Références pour les besoins de la présente Annexe A	157
A.3	Terminologie pour les besoins de la présente Annexe A	157
A.4	Conditions d'environnement	157
A.5	Caractéristiques assignées	158
A.6	Exigences relatives à la conception et à la construction d'un TRD1	158
A.6.1	Généralités	158
A.6.2	Exigences de sécurité	158
A.6.3	Exigences relatives à la CEM	158
A.6.4	Exigences climatiques	158
A.6.5	Exigences mécaniques	158
A.6.6	Exigences fonctionnelles	158
A.6.7	Exigences en matière de marquage	167
A.6.8	Exigences en matière de documentation	170
A.7	Essais de type pour le TRD1	171
A.7.1	Généralités	171
A.7.2	Exigences générales supplémentaires pour les essais de type pour le TRD1	171
A.7.3	Variations dues à la tension de l'alimentation auxiliaire	171
A.7.4	Variations dues à la fréquence de l'alimentation auxiliaire	172
A.7.5	Variations dues à la température ambiante	173
A.7.6	Variations dues à la fréquence de la ou des grandeurs d'entrée	174
A.7.7	Variations dues à la tension d'entrée	175
A.7.8	Variations dues au courant d'entrée	175
A.7.9	Variations dues au facteur de puissance	176
A.7.10	Variations dues à la charge de sortie	177
A.7.11	Variations dues à la distorsion de la ou des grandeurs d'entrée	178
A.7.12	Variations dues à un champ magnétique d'origine extérieure	178
A.7.13	Variations dues au déséquilibre des courants	179
A.7.14	Variations dues à l'interaction entre les éléments de mesure	180
A.7.15	Variation due à l'échauffement propre	181
A.7.16	Variation due à un fonctionnement continu	181
A.7.17	Variations dues aux tensions parasites en mode commun	182
A.7.18	Variations dues aux tensions parasites en mode série	182
A.7.19	Surcharges admissibles des grandeurs d'entrée	183
A.7.20	Essais à la tension de choc	184
A.7.21	Essai de perturbation en haute fréquence	184
A.7.22	Essai d'échauffement	184
A.7.23	Autres essais	184
Annexe B (normative) Exigences pour le TRD2		185
B.1	Généralités	185
B.2	Références pour les besoins de la présente Annexe B	185
B.3	Terminologie pour les besoins de la présente Annexe B	185
B.4	Conditions d'environnement	185
B.4.1	Généralités	185

B.4.2	Conditions normales d'environnement	185
B.5	Caractéristiques assignées pour le TRD2	186
B.5.1	Généralités	186
B.5.2	Caractéristiques assignées des entrées	187
B.5.3	Caractéristiques assignées des sorties	188
B.5.4	Caractéristiques assignées générales	189
B.6	Exigences pour la conception et la construction du TRD2	191
B.6.1	Généralités	191
B.6.2	Exigences de sécurité	191
B.6.3	Exigences relatives à la CEM	191
B.6.4	Exigences climatiques	191
B.6.5	Exigences mécaniques	192
B.6.6	Exigences fonctionnelles	197
B.6.7	Exigences en matière de marquage	204
B.6.8	Exigences en matière de documentation	206
B.7	Essais de type du TRD2	207
B.7.1	Généralités	207
B.7.2	Essais de sécurité	207
B.7.3	Essais CEM	208
B.7.4	Essais climatiques	209
B.7.5	Essais mécaniques	210
B.7.6	Essais fonctionnels	220
B.7.7	Vérification des marquages et de la documentation	227
B.7.8	Essais de courants de courte durée	227
B.7.9	Essais de surtension entre spires	229
B.7.10	Essais d'antirepliement	229
B.7.11	Essai avec des harmoniques et à basses fréquences	230
B.8	Essais individuels de série pour le TRD2	231
B.8.1	Généralités	231
B.8.2	Essais de précision	231
B.8.3	Vérification des marquages	231
B.8.4	Essais de sécurité	231
B.8.5	Essais de surtension entre spires	231
Annexe C (normative)	Codage d'interface	232
C.1	Généralités	232
C.2	Caractéristiques de la connexion de l'interface	232
C.3	Codage des valeurs de sortie assignées des transducteurs	232
C.4	Codage de l'alimentation auxiliaire pour les transducteurs	235
C.5	Codage des courbes de fonction de transfert pour les transducteurs	236
C.6	Codage complet de l'interface pour la sortie des transducteurs	237
C.6.1	Généralités	237
C.6.2	Exemples de codes d'interface et codes d'interface les plus courants	237
Annexe D (informative)	Recommandations antirepliement	239
Annexe E (normative)	Exigences pour le mesurage des harmoniques et des basses fréquences	242
E.1	Généralités	242
E.2	Exigences pour l'extension de classe de précision WBm0	242
E.3	Exigences pour l'extension de classe de précision WBm1	243
E.4	Exigences pour l'extension de classe de précision WBm2	243

E.5	Exigences pour l'extension de classe de précision WBm3.....	244
Annexe F (normative) Marquages des bornes du TRD2		245
F.1	Marquage des bornes pour le courant alternatif de surveillance du TRD2	245
F.2	Marquage des bornes pour la tension de surveillance du TRD2	245
Annexe G (informative) Recommandations relatives aux câbles, aux barres omnibus et aux conducteurs nus dans une installation		247
G.1	Isolation des câbles	247
G.2	Température des câbles et des barres omnibus	247
G.2.1	Câbles	247
G.2.2	Barres omnibus	248
Annexe H (informative) Recommandations relatives aux catégories de surtension et aux catégories de mesure		249
H.1	Concept de catégorie de surtension	249
H.2	Approche de l'IEC 60664-1 pour les circuits primaires du TRD2.....	249
H.2.1	Généralités	249
H.2.2	Exemples avec l'IEC 60664-1:2020, pour les circuits de mesure primaires, OVC III, DP 2, altitude inférieure à 2 000 m, champ hétérogène	249
H.3	Approche de l'IEC 61010 (toutes les parties) pour les circuits primaires du TRD2	250
H.3.1	Généralités	250
H.3.2	Exemple avec l'IEC 61010-2-030:2023, pour les circuits de mesure primaires, OVC III, DP 2, altitude inférieure à 2 000 m, champ hétérogène	250
H.4	Approche pour les circuits secondaires du TRD2	251
Annexe I (informative) Exemples d'organes de serrage et relation entre l'organe de serrage et le dispositif de connexion		252
I.1	Organe de serrage dans un dispositif de connexion	252
I.2	Exemples d'organes de serrage	252
Bibliographie.....		259
Figure 1 – Exemple d'architecture d'un transducteur (TRD)		149
Figure A.1 – Courbe de la fonction de transfert A.....		163
Figure A.2 – Courbe de la fonction de transfert B.....		164
Figure A.3 – Courbe de la fonction de transfert C		164
Figure A.4 – Courbe de la fonction de transfert D		165
Figure A.5 – Courbe de la fonction de transfert E.....		165
Figure B.1 – Relation entre la température de l'air ambiant et l'humidité relative.....		191
Figure B.2 – Dimensions.....		193
Figure B.3 – Limites de précision d'un TRD2-IAC (a) et d'un TRD2-IDC (b)		199
Figure B.4 – Définition de l'angle entre le conducteur primaire et l'équipement		203
Figure B.5 – Définition de la position du conducteur primaire en fonction du facteur de position.....		203
Figure B.6 – Gabarits de forme A et de forme B		214
Figure B.7 – Équipement d'essai de flexion		216
Figure B.8 – Mesurage du temps de réponse à un échelon		222
Figure B.9 – Essai de précision du cycle de température		224

Figure B.10 – Montage d'essai de l'impact du champ magnétique provenant d'autres phases – a) Première étape – b) Seconde étape.....	226
Figure B.11 – Montage d'essai pour le mesurage de précision.....	227
Figure D.1 – Exemple de système d'acquisition de données numériques	239
Figure D.2 – Masque de réponse en fréquence pour la classe de précision de mesure 1 ($f_r = 60$ Hz, $f_s = 4\,800$ Hz)	241
Figure I.1 – Organe de serrage dans un dispositif de connexion	252
Figure I.2 – Organes de serrage sous tête de vis	253
Figure I.3 – Organes de serrage à trou	254
Figure I.4 – Organes de serrage à goujon fileté	255
Figure I.5 – Organes de serrage à plaquette	256
Figure I.6 – Organes de serrage pour cosses et barres.....	257
Figure I.7 – Organes de serrage à capot taraudé	258
Tableau 1 – Classification fonctionnelle des transducteurs ayant des fonctions exigées minimales	150
Tableau 2 – Définition des accès	154
Tableau 3 – Critères de performance pour les essais d'immunité CEM	155
Tableau A.1 – Groupes d'utilisation	157
Tableau A.2 – Relation entre les limites de l'erreur intrinsèque, exprimée en pourcentage de la valeur conventionnelle, et l'indice de classe.....	158
Tableau A.3 – Préconditionnement	159
Tableau A.4 – Conditions de référence relatives aux grandeurs d'influence et tolérances admises pour les essais.....	160
Tableau A.5 – Conditions de référence relatives au mesurande	161
Tableau A.6 – Exemples de marquage concernant les conditions de référence et le domaine nominal d'utilisation pour la température.....	169
Tableau A.7 – Symboles utilisés pour le marquage des transducteurs	169
Tableau A.8 – Variations admissibles dues à l'alimentation auxiliaire en courant alternatif	172
Tableau A.9 – Variations admissibles dues à l'alimentation auxiliaire en courant continu.....	172
Tableau A.10 – Variations dues à la fréquence de l'alimentation auxiliaire	173
Tableau A.11 – Variations admissibles dues à la température ambiante	174
Tableau A.12 – Variations admissibles dues à la fréquence de la grandeur d'entrée	174
Tableau A.13 – Variations admissibles dues à la tension d'entrée.....	175
Tableau A.14 – Variations admissibles dues au courant tension d'entrée.....	176
Tableau A.15 – Variations admissibles dues au facteur de puissance	177
Tableau A.16 – Variations admissibles dues à la charge de sortie	177
Tableau A.17 – Variations admissibles dues à la distorsion de la ou des grandeurs d'entrée	178
Tableau A.18 – Variations admissibles dues à un champ magnétique d'origine extérieure	179
Tableau A.19 – Variations admissibles dues au déséquilibre des courants	180
Tableau A.20 – Variations admissibles dues aux interactions entre les éléments de mesure	181

Tableau A.21 – Variations admissibles dues à l'échauffement propre	181
Tableau A.22 – Variations admissibles dues à un fonctionnement continu	182
Tableau A.23 – Variations admissibles dues aux tensions parasites en mode série	183
Tableau B.1 – Paramètres des conditions d'environnement	186
Tableau B.2 – Charge assignée préférentielle pour le TRD2 avec une sortie en tension alternative ou continue, ou une sortie en fréquence	188
Tableau B.3 – Charge assignée pour le TRD2 avec une sortie en courant alternatif ou continu.....	189
Tableau B.4 – Températures assignées pour le TRD2	190
Tableau B.5 – Classes d'humidité assignées	190
Tableau B.6 – Exemples de cosses d'extrémité pour les équipements raccordés à des conducteurs en cuivre	193
Tableau B.7 – Sections nominales des conducteurs ronds en cuivre et relation approximative entre les dimensions en mm ² et les dimensions dans le système AWG/kcmil	194
Tableau B.8 – Valeurs minimales pour la section maximale des conducteurs jusqu'à 400 A inclus	195
Tableau B.9 – Valeurs minimales pour la section maximale des conducteurs de 400 A à 800 A inclus	196
Tableau B.10 – Valeurs minimales pour la section maximale des barres de cuivre pour les courants supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 3 150 A	196
Tableau B.11 – Limites d'erreur relative et d'erreur de phase pour le TRD2-IAC	197
Tableau B.12 – Limites d'erreur pour le TRD2-IDC	198
Tableau B.13 – Limites de l'erreur relative pour le TRD2-UAC	200
Tableau B.14 – Limites de l'erreur relative pour le TRD2-UDC	201
Tableau B.15 – Limites pour la position du conducteur primaire par rapport à l'équipement	202
Tableau B.16 – Brochage d'un connecteur RJ45	204
Tableau B.17 – Essais de température	209
Tableau B.18 – Couples de serrage pour la vérification de la résistance mécanique des bornes à vis	211
Tableau B.19 – Sections maximales des conducteurs et gabarits correspondants	212
Tableau B.20 – Relation entre la section et le diamètre du conducteur	213
Tableau B.21 – Valeurs d'essai pour les essais de flexion et de traction sur les conducteurs ronds en cuivre	215
Tableau B.22 – Valeurs d'essai pour l'essai de traction des conducteurs plats en cuivre	217
Tableau B.23 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants d'essai inférieurs ou égaux à 400 A	218
Tableau B.24 – Conducteurs d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 800 A	219
Tableau B.25 – Barres d'essai en cuivre pour courants d'essai supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 3 150 A	219
Tableau B.26 – Valeurs de la charge pour les essais de précision principaux	220
Tableau C.1 – Codage de la connexion de l'interface	232
Tableau C.2 – Sortie en tension alternative (valeur efficace) assignée	233
Tableau C.3 – Sortie en tension continue assignée	233
Tableau C.4 – Plage assignée de la sortie en tension continue	234

Tableau C.5 – Sortie en courant alternatif (valeur efficace) assigné inférieur à 1 A	234
Tableau C.6 – Plage assignée de la sortie en courant continu	235
Tableau C.7 – Sortie en fréquence assignée.....	235
Tableau C.8 – Sortie à densité d'impulsion assignée	235
Tableau C.9 – Codage de l'alimentation électrique pour les transducteurs alimentés par un instrument de mesure par l'intermédiaire du connecteur	236
Tableau C.10 – Codage de l'alimentation externe pour les transducteurs.....	236
Tableau C.11 – Codage des courbes de fonction de transfert pour le TRD1.....	236
Tableau C.12 – Codage complet de l'interface pour la sortie des transducteurs	237
Tableau C.13 – Exemples de codes d'interface et codes d'interface les plus courants	237
Tableau D.1 – Filtre antirepliement	240
Tableau E.1 – Limites d'erreur pour les harmoniques – Extension de la classe de précision WBm0.....	242
Tableau E.2 – Limites d'erreur pour les harmoniques – Extension de la classe de précision WBm1.....	243
Tableau E.3 – Limites d'erreur pour les harmoniques – Extension de la classe de précision WBm2.....	244
Tableau E.4 – Limites d'erreurs pour les supra-harmoniques – Extension de la classe de précision WBm3	244
Tableau F.1 – Marquage des bornes pour le courant de surveillance du TRD2	245
Tableau F.2 – Marquage des bornes pour la tension de surveillance du TRD2.....	246
Tableau H.1 – Distances d'isolement selon l'IEC 60664-1:2020	249
Tableau H.2 – Lignes de fuite selon l'IEC 60664-1:2020	250
Tableau H.3 – Distances d'isolement selon l'IEC 61010-2-030:2017	251
Tableau H.4 – Lignes de fuite selon l'IEC 61010-2-030:2023	251

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**TRANSDUCTEURS ÉLECTRIQUES DE MESURE CONVERTISSANT LES
GRANDEURS ÉLECTRIQUES ALTERNATIVES OU CONTINUES EN
SIGNAUX ANALOGIQUES OU NUMÉRIQUES****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur établissement est confié 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) Il convient que tous les utilisateurs s'assurent de bien être en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60688 a été établie par le comité d'études 85 de l'IEC: Équipement de mesure des grandeurs électriques et électromagnétiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2021. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) mise à jour des références normatives;
- b) mise à jour des définitions;
- c) mise à jour de la structure;
- d) ajout du mesurage de la puissance en courant continu.

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

Projet	Rapport de vote
85/921/FDIS	85/932/RVD

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

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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

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

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- NOTES: petits caractères romains;
- *conformité*: caractères italiques.

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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

Les réseaux de distribution d'énergie ont besoin de garantir l'efficacité énergétique, la disponibilité en énergie et les performances de réseau afin de faire face aux défis suivants:

- satisfaire aux exigences de développement durable pour lesquelles le mesurage de l'énergie est nécessaire pour identifier les sources d'économies d'énergie et pour améliorer la performance énergétique des organismes de fabrication, des organisations commerciales et des services publics;
- s'adapter aux évolutions technologiques (charges électroniques, méthodes de mesure électroniques, etc.);
- traiter les besoins des utilisateurs finaux (économies de coûts, conformité aux aspects de la réglementation des constructions, etc.) par rapport à la gestion de l'énergie électrique;
- assurer la sécurité et la continuité du service;
- s'adapter à l'évolution des normes d'installation;
- satisfaire aux besoins des nouvelles applications pour les réseaux à tension continue (photovoltaïque, véhicule électrique, distribution de courant continu, etc.).

La surveillance des grandeurs électriques dans les réseaux internes permet de relever ces défis.

Pour configurer cette surveillance, des transducteurs:

- mesurent différents types de grandeurs électriques;
- convertissent les grandeurs électriques alternatives ou continues en signaux analogiques ou numériques;
- peuvent être combinés avec des équipements de mesure pour surveiller et analyser les grandeurs électriques.

NOTE Certains des termes utilisés dans le présent document sont différents de ceux utilisés dans la série IEC 60051 en raison des différences fondamentales qui existent entre les appareils indicateurs et les transducteurs de mesure.

TRANSDUCTEURS ÉLECTRIQUES DE MESURE CONVERTISSANT LES GRANDEURS ÉLECTRIQUES ALTERNATIVES OU CONTINUES EN SIGNAUX ANALOGIQUES OU NUMÉRIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux transducteurs (TRD) à grandeurs d'entrées et de sorties électriques destinés à mesurer des grandeurs électriques alternatives ou continues. Le signal de sortie peut être sous la forme d'un signal analogique ou numérique.

Le présent document s'applique aux transducteurs de mesure destinés à convertir des grandeurs électriques, telles que:

- le courant;
- la tension;
- la puissance active;
- la puissance réactive;
- le facteur de puissance;
- le déphasage;
- la fréquence;
- les harmoniques ou la distorsion harmonique totale;
- la puissance apparente; et
- la puissance en courant continu,

en signal de sortie.

NOTE Les grandeurs électriques ci-dessus incluent des composantes alternatives et/ou continues.

Le présent document s'applique:

- a) si la fréquence fondamentale de la ou des grandeurs d'entrée est comprise entre 0 Hz et 1 500 Hz;
- b) à un transducteur de mesure électrique appartenant à une chaîne de mesure d'une grandeur électrique ou non électrique;
- c) aux transducteurs destinés à une utilisation générale, par exemple à la télémesure, à la commande de processus et dans un des nombreux environnements spécifiés.

Le présent document ne s'applique pas:

- aux transformateurs de mesure conformes à la série IEC 61869;
- aux transmetteurs utilisés dans un processus industriel conforme à la série IEC 60770;
- aux dispositifs de comptage et de surveillance du réseau électrique (PMD) conformes à l'IEC 61557-12;
- aux compteurs conformes à la série IEC 62053;
- aux capteurs portatifs;
- aux contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel (RCM) conformes à l'IEC 62020-1;
- aux dispositifs de détection de courant résiduel (RDC-DD) conformes à la série IEC 62955;
- aux dispositifs de contrôle et de protection intégrés au câble (IC-CPD) conformes à la série IEC 62752;

- aux dispositifs modulaires à courant résiduel (MRCD) conformes à l'IEC 60947-2:2016/AMD1:2019, Annexe M.

Dans l'étendue de mesure, le signal de sortie varie en fonction du mesurande. Une alimentation auxiliaire peut être exigée.

Le présent document a pour objet:

- de spécifier la terminologie et les définitions relatives aux transducteurs dont l'application principale relève du domaine de l'industrie;
- d'unifier les méthodes d'essai utilisées pour évaluer les performances des transducteurs;
- de spécifier les limites de précision et les valeurs de sortie des transducteurs.

2 Références normatives

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

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

IEC 60068-2-11, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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

IEC 60068-2-52:2017, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

IEC 60228:2023, *Ames des câbles isolés*

IEC TR 61000-2-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 3: Description de l'environnement – Phénomènes rayonnés et phénomènes conduits à des fréquences autres que celles du réseau*

IEC 61010-1:2010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Exigences générales*
IEC 61010-1:2010/AMD1:2016

IEC 61010-2-030:2023, *Exigences de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 2-030: Exigences particulières pour les appareils équipés de circuits d'essai ou de mesure*

IEC 61326-1:2020, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61557-12:2018, *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension jusqu'à 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection – Partie 12: Dispositifs de comptage et de surveillance du réseau électrique (PMD)*
IEC 61557-12:2018/AMD1:2021

IEC 61558-1:2017, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et des combinaisons de ces éléments – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 60664-1:2020, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 62586-1:2017, *Mesure de la qualité de l'alimentation dans les réseaux d'alimentation – Partie 1: Instruments de qualité de l'alimentation (PQI)*

ISO 4628-3:2016, *Peintures et vernis – Évaluation de la dégradation des revêtements – Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect – Partie 3: Évaluation du degré d'enrouillement*

3 Termes et définitions

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

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

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

NOTE Certains des termes utilisés dans le présent document sont différents de ceux utilisés dans la série IEC 60051 en raison des différences fondamentales qui existent entre les appareils indicateurs et les transducteurs de mesure.

3.1 Termes généraux

3.1.1

courant alternatif

courant électrique qui est une fonction périodique du temps à composante continue nulle ou, par extension, à composante continue négligeable

Note 1 à l'article: Pour le qualificatif AC, voir IEC 60050-151:2001, 151-15-01.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-24]

3.1.2

tension alternative

tension électrique qui est une fonction périodique du temps à composante continue nulle ou, par extension, à composante continue négligeable

Note 1 à l'article: Pour le qualificatif AC, voir IEC 60050-151:2001, 151-15-01.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-25]

3.1.3

réseau à tension continue

réseau alimenté en tension continue

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-04]

3.1.4

courant continu

courant électrique indépendant du temps ou, par extension, courant périodique dont la composante continue est d'importance primordiale

Note 1 à l'article: Pour le qualificatif DC, voir IEC 60050-151:2001, 151-15-02.

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-22]

3.1.5**tension continue**

tension électrique indépendante du temps ou, par extension, tension périodique dont la composante continue est d'importance primordiale

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-23, modifié]

3.1.6**puissance en courant continu**

produit de la valeur moyenne de la tension continue par la valeur moyenne du courant continu

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-17-09]

3.1.7**TBTS**

schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la très basse tension:

- dans des conditions normales et
- dans des conditions de premier défaut, y compris les défauts à la terre dans les autres circuits électriques

Note 1 à l'article: TBTS est l'abréviation de très basse tension de sécurité.

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-06-28, modifié – Le terme "schéma" a été omis du terme.]

3.2 Termes désignant les transducteurs**3.2.1****transducteur de mesure électrique****transducteur****TRD**

dispositif destiné à convertir, à des fins de mesurage, un mesurande électrique alternatif ou continu en courant continu ou alternatif, en tension continue ou alternative ou en signal numérique

3.2.2**transducteur (de mesure électrique) de type 1****transducteur de type 1****TRD1**

transducteur conventionnel

3.2.3**transducteur (de mesure électrique) de type 2****transducteur de type 2****TRD2**

transducteur à fonction unique utilisé dans les applications de surveillance en basse tension (BT)

3.2.4**transducteur à fonction unique**

transducteur effectuant le mesurage d'une seule grandeur électrique (par exemple courant, facteur de puissance, distorsion harmonique totale) sous une seule forme (par exemple valeur efficace, crête ou moyenne) mais pas deux

3.2.5**transducteur de mesure analogique**

transducteur destiné à convertir, à des fins de mesurage, un mesurande électrique alternatif ou continu en courant continu ou alternatif, ou en tension continue ou alternative

3.2.6

transducteur de mesure numérique

transducteur destiné à convertir, à des fins de mesurage, un mesurande électrique alternatif ou continu en signal numérique

3.2.7

alimentation auxiliaire

alimentation en courant alternatif ou continu, autre que le mesurande, nécessaire pour assurer le fonctionnement correct du transducteur

3.2.8

circuit auxiliaire

circuit généralement alimenté par l'alimentation auxiliaire

Note 1 à l'article: Le circuit auxiliaire est parfois alimenté à partir d'une des grandeurs d'entrées

3.2.9

transducteur à zéro supprimé

transducteur dont le signal de sortie est égal à zéro, pour un mesurande supérieur à zéro

3.2.10

charge de sortie

charge

<pour les signaux analogiques> résistance totale des circuits et des appareils connectés extérieurement aux bornes de sortie du transducteur

3.2.11

ondulation

<d'un signal de sortie analogique> dans des conditions d'entrée en régime permanent, quotient, exprimé en pourcentage, de la valeur crête à crête de la composante alternative du signal de sortie analogique, par la valeur conventionnelle

3.2.12

signal de sortie

signal secondaire

représentation analogique ou numérique du mesurande

3.2.13

courant de sortie

courant secondaire

courant produit par le transducteur ayant une représentation analogique du mesurande

3.2.14

tension de sortie

tension secondaire

tension produite par le transducteur ayant une représentation analogique du mesurande

3.2.15

élément de mesure

composant ou sous-ensemble d'un transducteur convertissant le mesurande, ou une partie du mesurande, en un signal correspondant

3.2.16

transducteur à éléments de mesure multiples

transducteur ayant au moins deux éléments de mesure

Note 1 à l'article: Les signaux des éléments individuels sont combinés pour donner un signal de sortie qui correspond au mesurande.

3.2.17**temps de réponse**

temps qui s'écoule entre l'instant d'application d'un changement spécifié du mesurande et l'instant à partir duquel le signal de sortie atteint et reste à sa valeur finale permanente ou à l'intérieur d'un intervalle spécifié centré sur cette valeur

3.2.18**tension disponible**

tension de sortie maximale permettant de garantir la précision

<pour les transducteurs à charge de sortie variable dont la grandeur de sortie est un courant>
valeur de la tension aux bornes de sortie jusqu'à laquelle le transducteur satisfait aux exigences du présent document

3.2.19**stabilité**

aptitude d'un transducteur à maintenir ses performances sans modification pendant une durée déterminée, lorsque les grandeurs d'influence restent à l'intérieur de leurs plages spécifiées

3.2.20**groupe d'utilisation**

groupe de transducteurs capable de fonctionner dans des conditions d'environnement spécifiées

3.2.21**sortie à densité d'impulsion**

représentation numérique du mesurande, dans laquelle la densité relative des impulsions de sortie correspond à l'amplitude du signal analogique

3.3 Termes désignant les transducteurs selon le mesurande**3.3.1****transducteur de tension**

transducteur destiné au mesurage d'une tension alternative ou continue

3.3.2**transducteur de courant**

transducteur destiné au mesurage d'un courant alternatif ou continu

3.3.3**transducteur de puissance apparente**

transducteur destiné au mesurage d'une puissance électrique apparente

3.3.4**transducteur de puissance active**

transducteur destiné au mesurage d'une puissance électrique active

3.3.5**transducteur de puissance réactive**

transducteur destiné au mesurage d'une puissance électrique réactive

3.3.6**transducteur de fréquence**

transducteur destiné au mesurage de la fréquence d'une grandeur électrique alternative

3.3.7**transducteur de déphasage**

transducteur destiné à la mesure du déphasage existant entre deux grandeurs électriques alternatives de même fréquence

3.3.8

transducteur de facteur de puissance

transducteur destiné au mesurage du facteur de puissance d'un circuit à courant alternatif

3.3.9

transducteur d'harmoniques

transducteur destiné au mesurage des harmoniques ou à la distorsion harmonique totale d'un circuit à courant alternatif

3.3.10

TRD2-PFA

transducteur de facteur de puissance (méthode arithmétique) pour les applications de surveillance de la BT

3.3.11

TRD2-PFV

transducteur de facteur de puissance (méthode vectorielle) pour les applications de surveillance de la BT

3.3.12

TRD2-THDU

transducteur de tension THD (distorsion harmonique totale) pour les applications de surveillance de la BT

3.3.13

TRD2-THDI

transducteur de courant THD pour les applications de surveillance de la BT

3.3.14

TRD2-UAC

transducteur de tension pour les applications de surveillance de la BT qui est utilisé pour le mesurage de la tension alternative

3.3.15

TRD2-UDC

transducteur de tension pour les applications de surveillance de la BT qui est utilisé pour le mesurage de la tension continue

3.3.16

TRD2-IAC

transducteur de courant pour les applications de surveillance de la BT, utilisé pour le mesurage du courant alternatif

3.3.17

TRD2-IDC

transducteur de courant pour les applications de surveillance de la BT qui est utilisé pour le mesurage du courant continu

3.4 Termes désignant des transducteurs selon leur charge de sortie

3.4.1

transducteur à charge de sortie fixe

transducteur qui ne satisfait aux exigences du présent document que lorsque sa charge de sortie a sa valeur nominale, dans les tolérances spécifiées

3.4.2

transducteur à charge de sortie variable

transducteur qui satisfait aux exigences du présent document pour toute valeur de la charge de sortie comprise dans une certaine plage

3.5 Valeurs nominales

3.5.1

valeur nominale

valeur, ou une des valeurs, indiquant l'utilisation prévue d'un transducteur

Note 1 à l'article: Les valeurs nominales inférieures et supérieures du mesurande sont celles qui correspondent aux valeurs nominales inférieures et supérieures du signal de sortie.

3.5.2

intervalle

intervalle de sortie

différence algébrique entre la valeur nominale supérieure et la valeur nominale inférieure du signal de sortie

3.5.3

valeur conventionnelle

valeur à laquelle il est fait référence pour spécifier la précision d'un transducteur

Note 1 à l'article: La valeur conventionnelle est l'intervalle de sortie, sauf pour les transducteurs ayant un signal de sortie réversible et symétrique: dans ce cas, la valeur conventionnelle peut être la moitié de l'intervalle de sortie, suivant la spécification du fabricant.

3.5.4

facteur de puissance nominal

facteur par lequel il faut multiplier le produit de la tension nominale par le courant nominal pour obtenir la puissance nominale

Note 1 à l'article: Quand le courant et la tension sont des grandeurs sinusoïdales, le facteur de puissance nominal est $\cos \varphi$ où φ est le déphasage entre le courant et la tension. Pour les transducteurs de puissance réactive, le facteur de puissance nominal est $\sin \varphi$.

3.5.5

valeur limite du signal de sortie

valeur limite du signal secondaire

valeur supérieure du signal de sortie qui, par conception, ne peut pas être dépassée, quelles que soient les conditions d'utilisation

3.5.6

étendue de mesure

plage définie par deux valeurs du mesurande à l'intérieur de laquelle les performances satisfont aux exigences du présent document

Note 1 à l'article: Voir 3.4.3 de l'IEC 60051-1:2016.

3.5.7

valeur nominale de la tension mesurée

valeur nominale de la tension du circuit extérieur (par exemple l'enroulement secondaire d'un transformateur de tension) auquel le circuit d'entrée de tension du transducteur doit être connecté

3.5.8

valeur nominale du courant mesuré

valeur nominale du courant du circuit extérieur (par exemple l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant) auquel le circuit d'entrée de courant du transducteur doit être connecté

3.6 Termes désignant les transducteurs offrant la possibilité de réglage par les utilisateurs

3.6.1

valeur d'étalonnage

valeur d'une grandeur à laquelle est amenée la valeur nominale par réglage accessible à l'utilisateur pour une application particulière

3.6.2

plage d'ajustage

plage possible de valeurs d'ajustage du courant ou de la tension mesurée

3.7 Grandeurs d'influence et conditions de référence

3.7.1

grandeur d'influence

grandeur (autre que le mesurande) qui peut affecter les performances d'un transducteur

3.7.2

conditions de référence

conditions spécifiées pour lesquelles le transducteur satisfait aux exigences relatives aux erreurs intrinsèques

Note 1 à l'article: Ces conditions peuvent être définies par une valeur ou une plage de référence.

3.7.2.1

valeur de référence

valeur spécifiée unique d'une grandeur d'influence pour laquelle le transducteur satisfait aux exigences relatives aux erreurs intrinsèques

3.7.2.2

plage de référence

plage spécifiée des valeurs d'une grandeur d'influence pour laquelle le transducteur satisfait aux exigences relatives aux erreurs intrinsèques

3.7.3

domaine nominal d'utilisation

plage spécifiée des valeurs qu'il est prévu qu'une grandeur d'influence puisse prendre sans que le signal de sortie du transducteur sorte des limites spécifiées

3.8 Erreurs et variations

3.8.1

erreur

erreur absolue

valeur réelle du signal de sortie moins la valeur attendue de ce signal de sortie, en prenant leurs expressions algébriques

3.8.2

erreur relative

ε

différence relative entre le signal de sortie et la valeur attendue de ce signal de sortie, généralement exprimée sous forme de pourcentage ou en ppm

$$\varepsilon = \frac{E_m - E_t}{E_t} \times 100 \%$$

avec

E_m Valeur de sortie mesurée

E_t Valeur de sortie attendue

3.8.3

erreur intrinsèque

erreur déterminée lorsque le transducteur est dans les conditions de référence

3.8.4

variation due à une grandeur d'influence

différence entre les deux valeurs du signal de sortie, pour une même valeur du mesurande, lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs spécifiées différentes

3.9 Précision, classe de précision et indice de classe

3.9.1

précision

qualité qui caractérise l'aptitude d'un transducteur à réduire le plus possible l'erreur de mesurage

3.9.2

classe de précision

indice de classe

ensemble des transducteurs dont la précision peut être caractérisée par le même nombre si ces transducteurs satisfont à toutes les exigences du présent document

3.10 Termes relatifs au primaire des transducteurs

3.10.1

tension d'entrée assignée

tension primaire assignée

U_{pr}

valeur de la tension primaire sur laquelle reposent les performances du transducteur

3.10.2

fréquence assignée

f_r

valeur de la fréquence à laquelle l'équipement est conçu pour fonctionner et sur laquelle reposent les exigences

3.10.3

courant d'entrée assigné

courant primaire assigné

I_{n-low}

valeur du courant primaire sur laquelle reposent les performances du transducteur

Note 1 à l'article: I_{n-low} est également désigné I_{pr} dans d'autres normes.

3.10.4

courant d'entrée étendu assigné

courant primaire étendu assigné

I_{n-high}

valeur du courant primaire jusqu'auquel la précision définie au courant primaire assigné est garantie

Note 1 à l'article: I_{n-low} et I_{n-high} définissent une plage de courants assignés pour laquelle le TRD2 peut être utilisé. I_{n-low} et I_{n-high} peuvent avoir la même valeur.

3.10.5

courant primaire maximal assigné

$I_{\max}$

valeur la plus élevée du courant primaire jusqu'auquel la précision d'un TRD2 est garantie en conditions de surcharge

3.10.6

facteur de courant maximal assigné

$K_{\max}$

rapport entre le courant primaire maximal assigné et le courant primaire étendu assigné

3.10.7

courant thermique continu assigné

I_{cth}

valeur du courant qui peut traverser en permanence le primaire du transducteur

3.10.8

courant assigné thermique de courte durée

I_{th}

valeur du courant qui peut traverser le primaire du transducteur pendant une courte durée donnée

3.10.9

courant dynamique assigné

I_{dyn}

valeur de crête maximale du courant primaire qu'un transducteur peut supporter sans subir de dommages électriques ou mécaniques du fait des efforts électromagnétiques qui en résultent

3.11 Termes relatifs à la sortie secondaire des transducteurs

3.11.1

courant de sortie assigné courant secondaire assigné

I_{sr}

valeur du courant secondaire sur laquelle reposent les performances du transducteur

3.11.2

tension de sortie assignée tension secondaire assignée

U_{sr}

valeur de la tension secondaire sur laquelle reposent les performances du transducteur

3.11.3

fréquence de sortie assignée fréquence secondaire assignée

f_{sr}

valeur de la fréquence secondaire sur laquelle reposent les performances du transducteur

3.11.4

Charge assignée.

Z_{br}

valeur de la charge à laquelle sont rapportées les exigences de précision d'une spécification

4 Conditions d'environnement

Aucune exigence.

5 Caractéristiques assignées

Aucune exigence.

6 Exigences relatives à la conception et à la construction

6.1 Généralités

6.1.1 Architecture générale d'un transducteur

La grandeur électrique à mesurer peut être directement accessible, ce qui est généralement le cas dans les réseaux basse tension, ou accessible par l'intermédiaire d'un capteur de mesure comme un capteur de tension (VS – voltage sensor) ou un capteur de courant (CS – current sensor).

La Figure 1 ci-dessous représente un exemple d'architecture d'un transducteur (TRD), les blocs en pointillés étant facultatifs. La mise en œuvre peut être analogique ou comprendre des parties numériques.

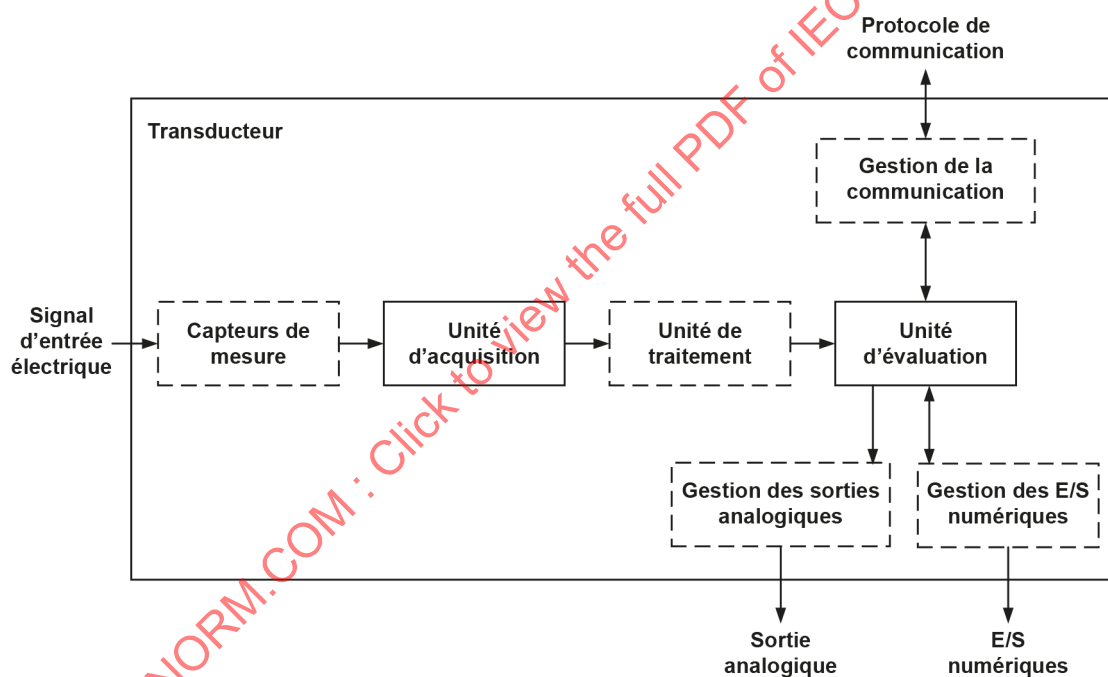


Figure 1 – Exemple d'architecture d'un transducteur (TRD)

6.1.2 Classification des transducteurs (TRD)

Le présent document décrit deux types différents de transducteurs: le transducteur de type 1 (TRD1) et le transducteur de type 2 (TRD2).

- Les TRD1 sont des transducteurs conventionnels qui utilisent des sorties d'interface conventionnelles et sont généralement des dispositifs à fonction unique.
- Les TRD2 sont des transducteurs à fonction unique utilisés dans les applications en basse tension (BT). Les TRD2 utilisent des sorties d'interface spécifiques et sont généralement plus précis que les TRD1.

Les transducteurs sont classés selon les applications, comme cela est défini dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Classification fonctionnelle des transducteurs ayant des fonctions exigées minimales

Exigences	Type de transducteur	
	Transducteur de type 1 (TRD1)	Transducteur de type 2 (TRD2)
Voir Annexe A	■	
Voir Annexe B		■
NOTE Voir également Annexe C pour de plus amples informations sur les différences entre le TRD1 et le TRD2.		

6.2 Exigences de sécurité

6.2.1 Généralités

Le présent paragraphe 6.2 s'applique aux transducteurs utilisés dans les applications dont la tension nominale va jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

NOTE Pour les applications impliquant une tension plus élevée, voir normes de sécurité pertinentes.

Deux classes de TRD sont définies.

- Classe F:
 - exigences de sécurité et d'isolement: le TRD doit être conforme aux exigences de sécurité de l'IEC 61010-1:2010, l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 et l'IEC 61010-2-030:2023, avec des exigences supplémentaires spécifiées dans les paragraphes suivants de 6.2 du présent document;
 - la classe F est recommandée pour les nouvelles conceptions.
- Classe D:
 - exigences de sécurité: le TRD doit être conforme aux exigences de sécurité de l'IEC 61010-1:2010, l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 et l'IEC 61010-2-030:2023, excepté pour les exigences d'isolement;
 - exigences d'isolement: le TRD doit être conforme à l'IEC 60664-1:2020 et aux exigences supplémentaires spécifiées dans les paragraphes suivants de 6.2 du présent document.

6.2.2 Protection contre les chocs électriques

6.2.2.1 Exigences générales relatives à l'isolement

Pour le TRD de classe F, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite, ainsi que l'isolation solide, doivent être choisies au moins conformément aux éléments suivants:

- degré de pollution 2;
- catégorie de mesure III pour les circuits de mesure; et
- catégorie de surtension III pour les autres circuits.

Pour le TRD de classe D, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite, ainsi que l'isolation solide, doivent être choisies au moins conformément aux éléments suivants:

- degré de pollution 2; et
- catégorie de surtension III.

Voir Annexe H pour les recommandations relatives aux catégories de surtension et aux catégories de mesure

6.2.2.2 Parties accessibles

6.2.2.2.1 Bornes de sortie du TRD

Les bornes de sortie des transducteurs à connecter à l'équipement de mesure doivent être généralement considérées comme des parties accessibles.

Cela est particulièrement vrai pour les bornes équipées d'un connecteur informatique (par exemple RJ45, DB9, ou des connecteurs similaires) ou de fils multibrins, pour lesquelles les personnes qualifiées ou non ne s'attendent pas à une tension dangereuse.

Certaines exemptions peuvent s'appliquer à condition qu'elles soient fondées sur une analyse des risques, auquel cas les mesures d'atténuation correspondantes doivent être documentées.

6.2.2.2.2 Surfaces extérieures du TRD

Les surfaces extérieures des transducteurs destinés à être installés à l'extérieur d'une armoire, d'un panneau ou d'une cabine, doivent être généralement considérées comme une partie accessible.

Certaines exemptions peuvent s'appliquer à condition qu'elles soient fondées sur une analyse des risques, auquel cas les mesures d'atténuation correspondantes doivent être documentées.

6.2.2.3 Isolation assurée par des câbles, des barres omnibus et des traversées

Les fabricants doivent spécifier dans la documentation technique:

- le type d'isolation demandé sur les câbles ou les barres omnibus ou les conducteurs nus; et
- le type de traversée à utiliser, le cas échéant.

NOTE Des recommandations relatives à l'isolation des câbles ou des traversées sont fournies à l'Annexe G.

6.2.2.4 Isolation au sein d'un panneau

Les fabricants doivent spécifier dans la documentation technique s'il convient de maintenir une distance minimale entre les surfaces extérieures du TRD (ou ses circuits de sortie) et d'autres équipements tels que des pièces métalliques ou un autre TRD à proximité.

6.2.2.5 Déconnexion automatique

Lorsqu'une déconnexion automatique est effectuée, la classe F du TRD doit être conforme aux exigences de l'IEC 61010-1:2010 et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 relatives à la déconnexion automatique.

Lorsqu'une déconnexion automatique est effectuée, la classe D du TRD doit être conforme soit aux exigences de la classe F, soit aux exigences de l'Article 15 de l'IEC 61558-1:2017 relatives à la déconnexion automatique.

6.2.3 Protection contre les dangers mécaniques

L'IEC 61010-1:2010, Article 7, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 7, s'appliquent.

6.2.4 Résistance aux contraintes mécaniques

L'Article 8 de l'IEC 61010-1:2010 s'applique avec les exigences supplémentaires ci-dessous.

Les surfaces extérieures des transducteurs destinés à être installés exclusivement à l'intérieur d'une armoire, d'un panneau ou d'une cabine doivent satisfaire, à l'exception des bornes et des cordons, au moins aux exigences IK02 (0,2 J).

6.2.5 Protection contre la propagation du feu

L'IEC 61010-1:2010, Article 9, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 9, s'appliquent.

6.2.6 Limites de température de l'équipement et résistance à la chaleur

L'IEC 61010-1:2010, Article 10 et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 10, s'appliquent avec les exigences supplémentaires suivantes.

Les fabricants doivent déclarer, pour le TRD permettant de mesurer le courant:

- si le TRD est destiné à être utilisé avec des moyens intégrés pour éviter tout contact (thermique) avec le conducteur (câble ou barre omnibus) ou s'il est destiné à être utilisé en contact (thermique) avec le conducteur;
- si deux TRD, mis côte à côte, peuvent être continuellement en contact (thermique) pendant le service; et
- si un TRD peut être continuellement en contact (thermique) pendant le service avec un autre câble ou une barre omnibus à proximité;
- s'il convient de maintenir des distances minimales pour empêcher tout contact avec les conducteurs, les câbles ou les barres omnibus.

NOTE Des recommandations relatives aux câbles ou barres omnibus sont fournies à l'Annexe G.

6.2.7 Protection contre les dangers des fluides

6.2.7.1 Généralités

L'IEC 61010-1:2010, 11.6, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 11.6, s'appliquent avec les exigences supplémentaires de 6.2.7.2 et de 6.2.7.3.

6.2.7.2 Degrés de protection pour une utilisation en intérieur

Pour une utilisation en intérieur, la surface extérieure des transducteurs destinés à être installés à l'extérieur d'une armoire, d'un panneau ou d'une cabine, doit satisfaire à l'exigence IP40.

Pour une utilisation en intérieur, la surface extérieure des transducteurs destinés à être installés dans une armoire, un panneau ou une cabine, doit satisfaire à l'exigence IP2X.

Cette exigence ne s'applique pas aux installations dans lesquelles le personnel ne peut pas accéder au transducteur sans d'abord le mettre hors tension et le sécuriser par des moyens contrôlés (c'est-à-dire verrouillage, instructions d'utilisation documentées, etc.). Dans ce cas, il convient d'indiquer clairement dans la documentation du produit la nécessité de telles mesures de sécurité externes au transducteur.

6.2.7.3 Degrés de protection pour une utilisation en extérieur

Le degré de protection minimal recommandé pour les enveloppes pour les TRD extérieurs est IP44 selon l'IEC 60529.

Pour les TRD ayant un indice IP inférieur ou pour des besoins d'installation plus importants, des caractéristiques de protection supplémentaires contre la pluie et les autres conditions météorologiques doivent être spécifiées au moyen de la lettre supplémentaire W placée après le deuxième chiffre caractéristique ou après la lettre supplémentaire, le cas échéant.

6.2.8 Protection contre les radiations, y compris les sources laser, et contre la pression acoustique et ultrasonique

L'IEC 61010-1:2010, Article 12, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 12, s'appliquent, le cas échéant.

6.2.9 Protection contre les émissions de gaz et substances, les explosions et les implosions

L'IEC 61010-1:2010, Article 13, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 13, s'appliquent, le cas échéant.

6.2.10 Composants et sous-ensembles

L'IEC 61010-1:2010, Article 14, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Article 14, s'appliquent.

6.2.11 Protection par systèmes de verrouillage

L'Article 15 de l'IEC 61010-1:2010 s'applique.

6.2.12 Dangers résultant de l'application

L'Article 16 de l'IEC 61010-1:2010 s'applique.

6.2.13 Appréciation du risque

L'Article 17 de l'IEC 61010-1:2010 s'applique.

6.3 Exigences relatives à la CEM

6.3.1 Généralités

Le présent paragraphe 6,3 ne s'applique qu'aux TRD comportant des composants électroniques actifs.

Le présent paragraphe 6.3 s'applique aux transducteurs utilisés dans les applications dont la tension nominale va jusqu'à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu.

NOTE Pour les applications impliquant une tension plus élevée, voir normes CEM pertinentes.

Le TRD doit être conforme aux exigences d'immunité de 6.3.2 et aux exigences d'émission de 6.3.3.

Il doit également être conforme aux exigences de l'IEC 61326-1:2020 en ce qui concerne:

- le plan d'essai;
- l'essai;
- le rapport d'essai; et
- les instructions d'utilisation.

6.3.2 Exigences relatives à l'immunité

Les TRD couverts par 6.3.1 doivent être conformes à l'IEC 61326-1:2020, Tableau 2, avec:

- les accès tels que définis dans le Tableau 2 ci-dessous;
- le remplacement des critères de performance de 6.4 de l'IEC 61326-1:2020 par ceux définis dans le Tableau 3 ci-dessous; et
- la recommandation de soumettre à l'essai les dispositifs à 5 kHz pour l'IEC 61000-4-4, au lieu de 100 kHz.

Tableau 2 – Définition des accès

Accès	Éléments relatifs aux transducteurs
Enveloppe	Surface intérieure et surface extérieure du transducteur, y compris la surface extérieure du câble de connexion et des connecteurs.
Signal/contrôle d'entrée/sortie	Bornes de sortie. Accès d'alimentation électrique auxiliaire lorsqu'il est fourni par l'équipement de mesure connecté à la sortie du TRD2 par l'intermédiaire du connecteur. Accès de gestion de la mémoire lorsqu'il est fourni par l'équipement de mesure connecté à la sortie du TRD2 par l'intermédiaire du connecteur. Terre fonctionnelle, le cas échéant.
Alimentation continue ^a	Terre de protection. Accès d'alimentation électrique auxiliaire, lorsqu'il est alimenté par une source d'alimentation électrique externe.
Alimentation alternative	Terre de protection. Accès d'alimentation électrique auxiliaire, lorsqu'il est alimenté par une source d'alimentation électrique externe.
^a Les bornes d'alimentation prévues pour être reliées à une alimentation continue à basse tension (≤ 60 V) pour lesquelles les accès au réseau d'alimentation sont isolés du réseau d'alimentation alternatif ne sont pas soumises aux surtensions transitoires (c'est-à-dire des circuits de sortie à courant continu convenablement reliés à la terre à capacité filtrée) et doivent être considérées comme des accès signal/contrôle d'entrée/sortie.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

Tableau 3 – Critères de performance pour les essais d'immunité CEM

Critères de performance	Conditions d'acceptation
A	Performances normales dans les limites de la spécification de précision pendant et après l'essai. Aucune modification de l'état de fonctionnement n'est admise, pas plus que la perte de données. Pour les transducteurs avec un signal de sortie numérique, cela comprend l'état de la qualité et les bits de synchronisation. Lors des essais, aucune erreur individuelle de valeur échantillonnée ne doit dépasser 10 % de la valeur assignée. Une réinitialisation ou un redémarrage n'est pas admis.
B	Performances normales après les essais, dans les limites des spécifications de précision des transducteurs. Un changement involontaire de l'état de fonctionnement est admis s'il est à rétablissement automatique. Une dégradation temporaire des performances est admise pendant les essais, à condition que la fonction soit à rétablissement automatique, c'est-à-dire sans intervention de l'utilisateur, si cela est décrit dans le plan d'essai CEM et si les informations sont fournies à l'utilisateur final. Pendant les essais, aucune perte de données stockées n'est permise, et aucune erreur individuelle de valeur échantillonnée ne doit dépasser 100 % de la valeur efficace nominale. Une réinitialisation ou un redémarrage n'est pas admis.
C	La perte temporaire d'une fonction est admise, à condition que la fonction soit à rétablissement automatique ou qu'elle puisse être rétablie par le fonctionnement des commandes. Une réinitialisation ou un redémarrage est permis, à condition que, pendant ce cycle, le signal de sortie soit mis à zéro ou que le bit de validité soit réglé sur invalide jusqu'à ce que le transducteur soit à nouveau dans les limites de performance normales. La procédure de rétablissement doit être fournie à l'utilisateur final. Aucun dommage permanent n'est permis sur l'équipement. Après une réinitialisation ou un redémarrage: performances normales dans les limites de la spécification de précision.

6.3.3 Exigences relatives à l'émission

Le TRD couvert par 6.3.1 doit être conforme aux exigences de 7.2 de l'IEC 61326-1:2020 pour les équipements de classe A ou de classe B.

6.4 Exigences climatiques

Aucune exigence générale.

6.5 Exigences mécaniques

Aucune exigence générale.

6.6 Exigences fonctionnelles

Aucune exigence générale.

6.7 Exigences en matière de marquage

Aucune exigence générale.

6.8 Exigences en matière de documentation

Aucune exigence générale.

7 Essais de type

Aucune exigence générale.

8 Essais individuels de série

Aucune exigence générale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024

Annexe A (normative)

Exigences pour le TRD1

A.1 Généralités

L'article 1 du présent document s'applique.

A.2 Références pour les besoins de la présente Annexe A

L'Article 2 du présent document s'applique.

A.3 Terminologie pour les besoins de la présente Annexe A

L'Article 3 du présent document s'applique.

A.4 Conditions d'environnement

Les conditions de température et d'humidité sont classées d'après la sévérité dictée par le groupe d'utilisation conformément au Tableau A.1.

Tableau A.1 – Groupes d'utilisation

	Classe de température K55 des transducteurs	Classe de température K70 des transducteurs	Classe de température Kx ^b des transducteurs
Groupe d'utilisation	I	II	III
Plage de fonctionnement assignée (avec incertitude spécifiée)	-5 °C à +55 °C	-25 °C à +70 °C	Supérieure à +70 °C et/ou inférieure à -25 °C ^a
Plage limite de fonctionnement (pas de défaillance matérielle)	-5 °C à +55 °C	-25 °C à +70 °C	Supérieure à +70 °C et/ou inférieure à -25 °C ^a
Plage limite pour le stockage et le transport	-25 °C à +70 °C	-40 °C à +85 °C	Selon la spécification du fabricant ^a
^a Les limites doivent être définies par le fabricant, selon l'application.			
^b Kx représente les conditions étendues.			

Pour les besoins du présent document, la température ambiante doit être la température mesurée en un seul point représentatif, le transducteur fonctionnant normalement. Ce point de mesure doit être tout proche du transducteur, ventilé librement et ne doit pas être affecté par la chaleur dégagée par le transducteur ou exposé directement aux rayons solaires ou autres sources de chaleur.

L'humidité n'est pas considérée comme une grandeur d'influence si les conditions d'environnement sont dans les limites spécifiées.

A.5 Caractéristiques assignées

Aucune caractéristique assignée.

A.6 Exigences relatives à la conception et à la construction d'un TRD1

A.6.1 Généralités

Le paragraphe 6.1 du présent document est applicable.

La conformité aux exigences de l'Article A.6 doit être vérifiée par tous les essais applicables conformément à l'Article A.7.

A.6.2 Exigences de sécurité

Le paragraphe 6.2 du présent document est applicable.

A.6.3 Exigences relatives à la CEM

Le paragraphe 6.3 du présent document est applicable.

A.6.4 Exigences climatiques

Le paragraphe 6.4 du présent document est applicable.

A.6.5 Exigences mécaniques

Le paragraphe 6.5 du présent document est applicable.

A.6.6 Exigences fonctionnelles

A.6.6.1 Exigences relatives à l'indice de classe

A.6.6.1.1 Indice de classe

L'indice de classe pour un transducteur doit être choisi parmi les valeurs données dans le Tableau A.2.

Cette définition de l'indice de classe s'applique seulement aux sorties analogiques secondaires des transducteurs.

Tableau A.2 – Relation entre les limites de l'erreur intrinsèque, exprimée en pourcentage de la valeur conventionnelle, et l'indice de classe

Indice de classe	0,2	0,5	1	2	2,5	3	5	10	20
Limites de l'erreur	±0,2 %	±0,5 %	±1 %	±2 %	±2,5 %	±3 %	±5 %	±10 %	±20 %
Les indices de classes de 0,3 et 1,5, bien que non préférentiels, peuvent être utilisés.									

A.6.6.1.2 Indice de classe pour un transducteur utilisé avec des capteurs

Si des transducteurs sont utilisés avec des capteurs, le fabricant doit spécifier la classe de précision de l'ensemble transducteur et capteurs.

Dans certains cas, quand un transducteur n'inclut pas de capteurs, les incertitudes associées ne sont pas prises en considération. Quand un transducteur inclut des capteurs, les incertitudes associées sont prises en considération.

A.6.6.1.3 Erreur intrinsèque

Le transducteur étant placé dans les conditions de référence, l'erreur en un point quelconque entre les valeurs inférieures et supérieures nominales du signal de sortie ne doit pas dépasser les limites de l'erreur intrinsèque, exprimées en pourcentage de la valeur conventionnelle, indiquées dans le Tableau A.2.

Les corrections éventuellement indiquées dans un tableau accompagnant le transducteur ne doivent pas être prises en compte pour la détermination des erreurs.

A.6.6.2 Conditions à respecter pour la détermination de l'erreur intrinsèque

Avant le préconditionnement et avant la détermination de l'erreur intrinsèque, le transducteur doit être réglé conformément aux instructions du fabricant. Le transducteur doit être à la température de référence.

Le transducteur doit être alimenté dans les conditions indiquées dans le Tableau A.3.

Tableau A.3 – Préconditionnement

Conditions	Valeurs
Tension (y compris toute alimentation auxiliaire)	Valeur nominale
Courant	Valeur nominale
Fréquence	Valeur de référence
Facteur de puissance	Valeur de référence
Durée entre la mise en circuit et le début de la détermination des erreurs	30 min

Après le préconditionnement spécifié, les transducteurs équipés de dispositifs de réglage accessibles à l'utilisateur doivent être réglés conformément aux instructions du fabricant.

Les conditions de référence relatives à chaque grandeur d'influence sont indiquées dans le Tableau A.4. Les conditions de référence relatives au mesurande sont indiquées dans le Tableau A.5.

Tableau A.4 – Conditions de référence relatives aux grandeurs d'influence et tolérances admises pour les essais

Grandeur d'influence	Conditions de référence en l'absence d'indication	Tolérances admises pour les essais dans le cas où une valeur de référence est spécifiée ^a
Température ambiante	À indiquer dans le rapport d'essai de type	±1 °C
Groupe d'utilisation (voir A.4)		
I	K55	–
II	K70	–
III	Kx ^b	–
Fréquence de la grandeur d'entrée		
Non sensible à la fréquence	Valeur nominale	±2 %
Sensible à la fréquence	À indiquer dans le rapport d'essai de type	±0,1 %
Forme d'onde de la grandeur d'entrée	Sinusoïdale, sauf pour les transducteurs d'harmoniques	Le facteur de distorsion × 100 ne doit pas excéder l'indice de classe sauf indication contraire du fabricant
Charge de sortie		
Transducteurs à charge de sortie fixe	Valeur nominale	±1 %
Transducteurs à charge de sortie variable	Valeur moyenne du domaine nominal	±1 %
Alimentation auxiliaire		
Tension alternative	Valeur nominale	±2 %
Tension continue	Valeur nominale	±1 %
Fréquence	Valeur nominale	±1 %
Facteur de distorsion	0,05 maximum	–
Champ magnétique d'origine extérieure	Nul	40 A/m à une fréquence quelconque du courant continu à 65 Hz et dans une direction quelconque ^c
^a Lorsqu'une plage de référence est indiquée, aucune tolérance n'est admise. ^b "Kx" représente les conditions étendues. ^c 40 A/m est à peu près la valeur la plus élevée du champ magnétique terrestre.		

Tableau A.5 – Conditions de référence relatives au mesurande

Mesurande	Conditions de référence		
	Tension	Courant	Facteur de puissance, active ou réactive
Puissance apparente	Tension nominale $\pm 2\%$	Courant quelconque entre zéro et le courant nominal	$ \cos \varphi $ ou $ \sin \varphi = 1,0$ à $0,8$ inductif ou capacitif
Puissance active	Tension nominale $\pm 2\%$	Courant quelconque entre zéro et le courant nominal	$ \cos \varphi = 1,0$ à $0,8$ inductif ou capacitif
Puissance réactive	Tension nominale $\pm 2\%$	Courant quelconque entre zéro et le courant nominal	$ \sin \varphi = 1,0$ à $0,8$ inductif ou capacitif ^a
Déphasage ou facteur de puissance	Tension nominale $\pm 2\%$	40 % à 100 % du courant nominal	–
Fréquence	Tension nominale $\pm 2\%$	–	–
Grandeurs polyphasées	Tensions symétriques ^b	Courants symétriques ^b	–

^a Les transducteurs de puissance active, réactive et apparente sont normalement utilisés ensemble et sont connectés aux mêmes transformateurs de courant et de tension.

^b La différence entre n'importe laquelle des deux tensions simples et deux tensions composées ne doit pas excéder 1 % de leur moyenne (tensions simple et composée, respectivement). Aucun des courants dans les conducteurs de phases ne doit différer de plus de 1 % de la moyenne des courants.

Les déphasages présentés par chacun des courants avec la tension simple (étoilée) correspondante ne doivent pas différer entre eux de plus de 2° .

Lorsque les interactions entre les différents éléments de mesure d'un transducteur à éléments de mesure multiples sont bien caractérisées, l'essai du transducteur avec une source monophasée est acceptable.

A.6.6.3 Alimentation électrique

A.6.6.3.1 Généralités

Quelques-uns des transducteurs traités dans le présent document peuvent nécessiter une alimentation auxiliaire. Celle-ci est spécifiée en deux grandes familles: alimentations en courant continu et alimentations en courant alternatif.

L'alimentation peut être fournie par une alimentation auxiliaire séparée ou peut être déterminée par la tension ou le courant mesuré.

A.6.6.3.2 Alimentation en courant continu

- La valeur de la tension de l'alimentation en courant continu doit être une de celles spécifiées en A.6.6.4.3.
- L'alimentation par batterie peut être référencée par rapport à la masse ou rester flottante. Des moyens appropriés doivent être prévus dans le transducteur pour assurer une séparation galvanique entre l'alimentation et les circuits d'entrée/sortie du transducteur (pour les détails des essais de tension, voir A.7.19.1.4).
- Le transducteur doit supporter une ondulation de tension, jusqu'à un maximum de 10 % crête à crête ajouté à l'alimentation en courant continu.
- Le bruit réinjecté dans la batterie par le transducteur doit être limité à 100 mV crête à crête, lorsqu'il est mesuré avec une résistance de source spécifiée, à toutes les fréquences jusqu'à 100 MHz.

De plus, lorsque la batterie alimentant le transducteur est également utilisée pour le téléphone, le bruit ne doit pas excéder 2 mV psophométriques.

NOTE Les caractéristiques de pondération psophométrique sont données dans la Recommandation O.41 de l'UIT-T.

A.6.6.3.3 Alimentation en courant alternatif

Il n'existe aucune exigence concernant la valeur nominale de la tension de l'alimentation en courant alternatif.

A.6.6.4 Valeurs d'entrée

A.6.6.4.1 Généralités

Les valeurs nominales de la tension, du courant, de la fréquence et de l'alimentation auxiliaire doivent être spécifiées par le fabricant.

A.6.6.4.2 Plages d'ajustage

Plage d'ajustage pour les transducteurs équipés d'un dispositif de réglage accessible à l'utilisateur:

- a) pour la tension d'entrée: 80 % à 120 % de la valeur nominale;
- b) pour le courant d'entrée: 60 % à 130 % de la valeur nominale.

Cela signifie que la valeur nominale du signal de sortie peut être obtenue pour une valeur d'étalonnage quelconque du mesurande dans les plages indiquées ci-dessus.

A.6.6.4.3 Valeurs nominales préférentielles

La valeur nominale préférentielle des alimentations auxiliaires en courant continu doit être de 24 V, 48 V, 110 V ou 220 V.

A.6.6.5 Valeurs de sortie analogique

A.6.6.5.1 Généralités

Les valeurs nominales inférieures et supérieures du signal de sortie et de la tension disponible doivent être choisies parmi celles mentionnées en A.6.6.5.2 et A.6.6.5.3 ou A.6.6.5.6.

A.6.6.5.2 Courant de sortie

Le signal 4 mA à 20 mA est la valeur préférentielle.

NOTE La condition "0 mA" a une signification spéciale (IEC 60381-1).

Les autres valeurs admissibles sont:

- 0 mA à 20 mA;
- 0 mA à 1 mA;
- 0 mA à 10 mA;
- -1 mA à 1 mA;
- -5 mA à 5 mA;
- -10 mA à 10 mA; et
- -20 mA à 20 mA,

A.6.6.5.3 Tension disponible

Les valeurs admissibles sont:

- 10 V;
- 15 V.

A.6.6.5.4 Tension de sortie maximale

Le fabricant doit donner la valeur maximale de la tension de sortie lorsque la charge de sortie et l'entrée prennent des valeurs quelconques. Cette tension ne doit pas dépasser la limite de la très basse tension de sécurité (TBTS).

A.6.6.5.5 Risque d'interférence sur courant de sortie

L'attention est attirée sur les problèmes d'interférence qui peuvent se poser si le courant de sortie est faible.

A.6.6.5.6 Tension de sortie

Les valeurs admissibles sont:

- 0 V à 1 V;
- 0 V à 5 V;
- 0 V à 10 V;
- -1 V à 1 V;
- -10 V à 10 V;
- -5 V à 5 V.

NOTE Les transducteurs ayant une sortie en tension ne sont pas préférentiels.

A.6.6.6 Fonction de transfert de sortie

Pour les transducteurs de mesure analogique, la fonction de transfert utilisée doit être l'une des courbes suivantes.

Pour les transducteurs de mesure analogique, les variables x , y peuvent être réglables.

La courbe A est décrite à la Figure A.1.

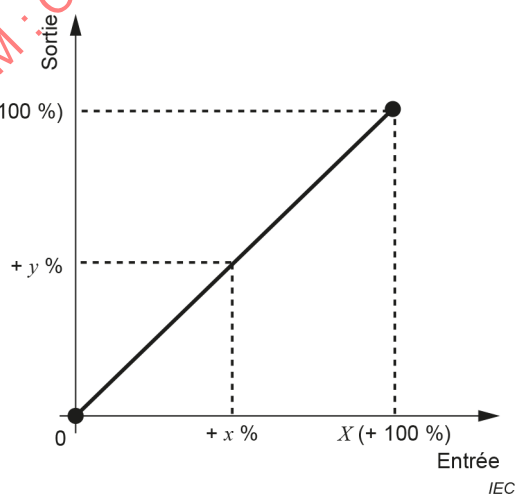


Figure A.1 – Courbe de la fonction de transfert A

La courbe B est décrite à la Figure A.2.

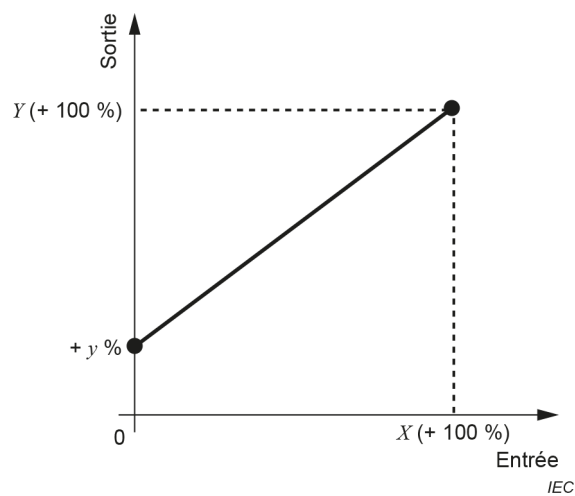


Figure A.2 – Courbe de la fonction de transfert B

La courbe C est décrite à la Figure A.3.

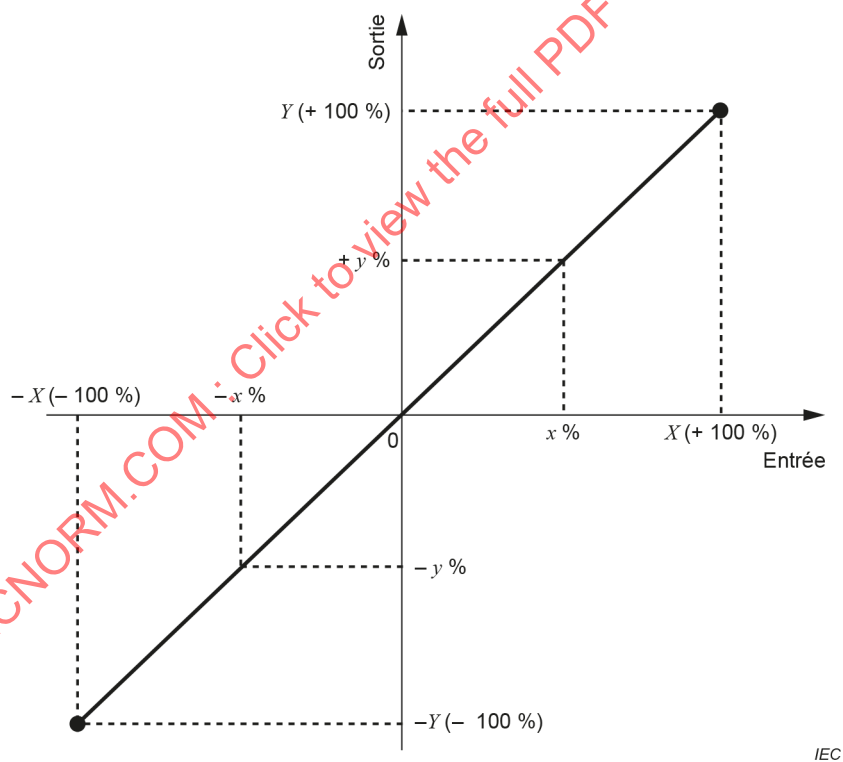


Figure A.3 – Courbe de la fonction de transfert C

La courbe D est décrite à la Figure A.4.

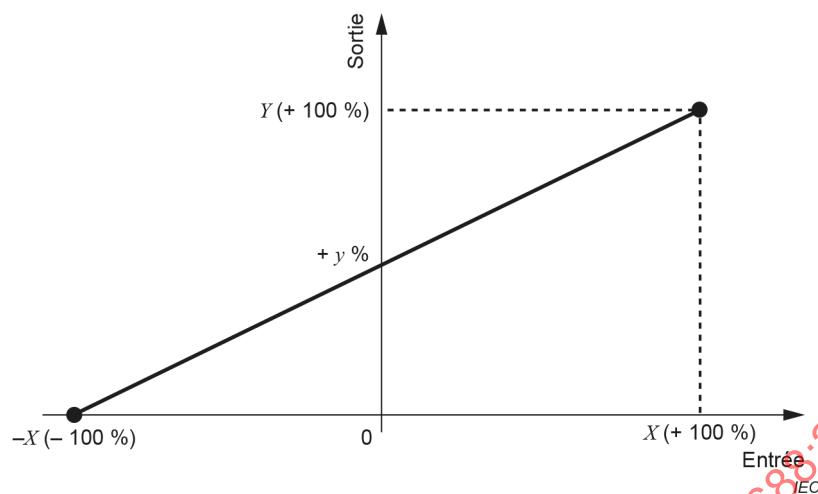


Figure A.4 – Courbe de la fonction de transfert D

La courbe E est décrite à la Figure A.5.

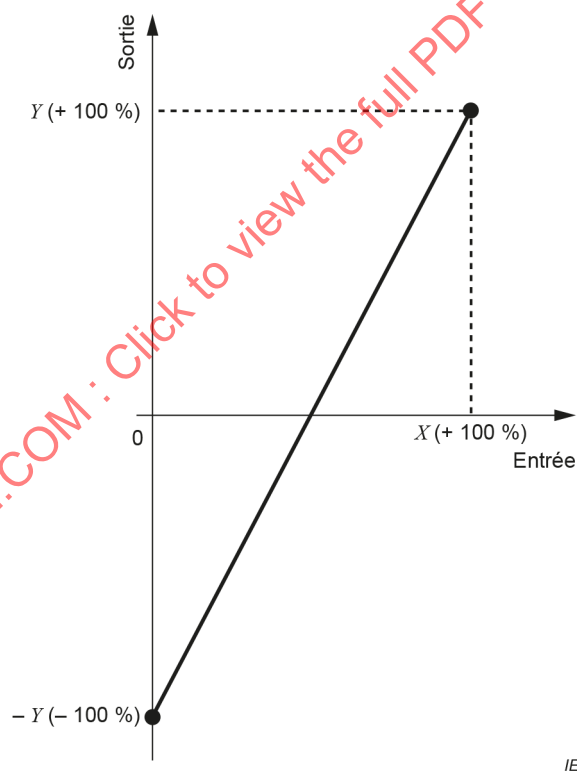


Figure A.5 – Courbe de la fonction de transfert E

La courbe F concerne tous les autres types de courbes.

La classe de précision doit être vérifiée en chaque point de la fonction de transfert selon la formule:

$$\frac{Y - R}{R} \times 100$$

où

R est la valeur du signal de sortie dans les conditions de référence;

Y est la valeur du signal de sortie mesurée à une limite de la grandeur d'influence.

Pour les courbes F , F doit être remplacé par R dans les calculs de A.7.2 à A.7.18.

A.6.6.7 Signaux de sortie d'impulsion

Les signaux de sortie numériques choisis doivent correspondre aux exigences pour les transducteurs concernant la précision et le temps de réponse ainsi qu'aux exigences du système de communication.

A.6.6.8 Ondulation (pour les sorties analogiques)

L'ondulation maximale de la grandeur du signal de sortie ne doit pas excéder deux fois l'indice de classe.

A.6.6.9 Temps de réponse

Avant la détermination du temps de réponse, le transducteur doit être dans les conditions de référence et le circuit auxiliaire doit être alimenté au moins pendant la durée de préconditionnement, à moins qu'il ne soit alimenté par une des grandeurs d'entrée et qu'il ne soit pas indépendant.

Le temps de réponse doit être indiqué par le fabricant et doit être déterminé pour une entrée en échelon qui fait varier le signal de sortie de 0 % à 90 % de la valeur conventionnelle.

Si un essai dans lequel est fait décroître la grandeur d'entrée est exigé, il convient que l'échelon de la grandeur d'entrée fasse varier le signal de sortie de 100 % à 10 % de la valeur conventionnelle.

L'intervalle (voir 3.2.18) doit correspondre à ± 1 % de la valeur nominale supérieure du signal de sortie.

Les méthodes d'essai pour les transducteurs de fréquence et les transducteurs à zéro supprimé doivent être définies par le fabricant.

A.6.6.10 Variation due à un surplus du mesurande

Si, par accord, un transducteur doit fonctionner avec une entrée qui va jusqu'à 150 % de la valeur nominale, la différence entre l'erreur intrinsèque à 100 % et l'erreur à 150 % de la valeur nominale de l'entrée (dans les conditions de référence) ne doit pas excéder 50 % de l'indice de classe.

Pour les transducteurs de puissance active et réactive, 150 % de la valeur nominale sont obtenus en augmentant le courant pendant que la tension est maintenue à sa valeur nominale.

A.6.6.11 Valeur limite du signal de sortie

La valeur du signal de sortie doit être limitée à un maximum de deux fois la valeur nominale supérieure.

Lorsque le mesurande n'est pas compris entre ses valeurs nominales inférieures et supérieures, le transducteur ne doit, en aucun cas, par exemple pour un courant excessif ou une tension trop faible, produire une sortie ayant une valeur comprise entre ses valeurs nominales inférieures et supérieures.

A.6.6.12 Conditions limites de fonctionnement

Les limites du domaine nominal d'utilisation données en A.6.7 sont celles dans lesquelles le transducteur satisfait aux exigences du présent document. Il est possible de faire fonctionner les transducteurs au-delà de ces limites, mais il convient que l'utilisateur sache qu'il est possible que:

- la précision ne soit pas maintenue; et/ou
- la durée de vie opérationnelle soit réduite.

Par exemple un grand nombre de transducteurs fonctionnent à une température ambiante qui peut descendre jusqu'à -25 °C et monter jusqu'à $+70\text{ °C}$, mais il convient de consulter le fabricant au sujet de la dégradation prévue de la précision et de la durée de vie opérationnelle.

A.6.6.13 Limites de l'étendue de mesure

Lorsque les limites de l'étendue de mesure ne coïncident pas avec les valeurs nominales inférieures et supérieures de la sortie, les limites de l'étendue de mesure doivent être indiquées (voir A.6.7.2).

A.6.6.14 Conditions limites de stockage et de transport

Sauf indication contraire du fabricant, les transducteurs doivent être capables de subir, sans dommage, une exposition à des températures comprises dans la plage spécifiée dans le Tableau A.1 pour le stockage et le transport.

Après retour aux conditions de référence, ils doivent satisfaire aux exigences du présent document.

Le fabricant doit spécifier toute autre condition limite exigée pour assurer l'intégrité du transducteur.

A.6.6.15 Plombage

Lorsque le transducteur est scellé pour empêcher des réglages non autorisés, l'accès aux circuits internes et aux composants situés dans le boîtier ne doit pas être possible sans que le scellé soit détruit.

A.6.6.16 Stabilité

Les transducteurs doivent respecter les limites appropriées d'erreur intrinsèque spécifiées pour leurs classes de précision respectives pendant une durée spécifiée par le fabricant, à condition que les conditions d'utilisation, de transport et de stockage spécifiées par le fabricant soient remplies.

NOTE En règle générale, la période est inférieure à une année.

A.6.7 Exigences en matière de marquage

A.6.7.1 Généralités

Le paragraphe 6.7 s'applique en sus des exigences ci-dessous.

A.6.7.2 Marquage sur le boîtier

Les transducteurs doivent porter, en plus des marquages exigés par l'IEC 61010-1 et l'IEC 61010-2-030, sur (ou visibles à travers) l'une des faces du boîtier, les inscriptions énumérées ci-dessous. Ces inscriptions doivent être lisibles et indélébiles. Les symboles mentionnés ci-dessous sont spécifiés dans le Tableau A.7.

- a) Indice de classe (symbole E-10 ou E-11).
- b) Nature du mesurande et nombre de circuits (symbole B-2, B-4 ou B-6 à B-10).
- c) Valeurs nominales inférieures et supérieures (valeurs efficaces en cas de courant alternatif) du mesurande.
- d) Rapports des transformateurs de courant et de tension, s'il y a lieu, avec lesquels le transducteur est à utiliser.
- e) Plages des valeurs du courant (de la tension) de sortie et de la charge de sortie dans lequel le fonctionnement spécifié est obtenu (seulement pour les signaux analogiques).
- f) Limites de l'étendue de mesure, le cas échéant (voir A.6.6.13).
- g) Symbole indiquant que d'autres informations essentielles sont données dans un document séparé (symbole F-33).
- h) Espace pour les données concernant l'ajustage (le cas échéant).
- i) Domaine nominal d'utilisation pour la température, conformément au groupe d'utilisation I, II ou III.
- j) Tension de mode commun.

Il convient de marquer le TRD1 avec la référence du présent document.

Lorsque les inscriptions et les symboles se trouvent sur une partie aisément amovible du transducteur, par exemple un couvercle, le transducteur doit avoir un numéro de série et celui-ci doit être inscrit également sur le corps du transducteur.

Les transducteurs ayant une relation non linéaire entre l'entrée et la sortie doivent être marqués avec le symbole F-33, et la relation existant entre l'entrée et la sortie doit figurer sur un document d'accompagnement.

A.6.7.3 Marquages concernant les conditions de référence et le domaine nominal d'utilisation des transducteurs

Les valeurs (ou plages) de référence et le domaine nominal d'utilisation, s'ils diffèrent de ceux du Tableau A.4, du Tableau A.5 et de A.6.6, doivent être indiqués sur le transducteur ou donnés dans un document d'accompagnement.

Lorsqu'une valeur ou une plage de référence est indiquée, elle doit être identifiée en la soulignant.

Le Tableau A.6 indique la signification des différents marquages, par exemple pour la température.

Tableau A.6 – Exemples de marquage concernant les conditions de référence et le domaine nominal d'utilisation pour la température

Exemple	Signification
–5 ... <u>23</u> ... 55 °C	Conforme au Groupe I
–25 ... <u>15</u> ... <u>30</u> ... 70 °C	Conforme au Groupe II
–35 ... <u>0</u> ... <u>45</u> ... 75 °C	Conforme au Groupe III
0 ... <u>25</u> ... 40 °C	Valeur de référence: 25 °C Domaine nominal d'utilisation: 0 °C à 40 °C
–5 ... <u>20</u> ... <u>30</u> ... 35 °C	Plage de référence: 20 °C à 30 °C Domaine nominal d'utilisation: –5 °C à 35 °C
Trois ou quatre nombres doivent être toujours utilisés et la plage des conditions de référence doit être soulignée.	

A.6.7.4 Identification des connexions et bornes

Dans le cas où l'utilisation correcte du transducteur l'exige, un schéma ou un tableau des connexions doit être fourni et les bornes doivent être clairement marquées, afin que la méthode appropriée de connexion puisse être indiquée.

Si une borne d'un circuit de mesure est prévue pour être portée au potentiel de la terre ou à un potentiel voisin (par exemple pour des raisons de sécurité ou de fonctionnement), elle doit être marquée d'un N majuscule si elle est prévue pour être reliée au conducteur neutre d'un circuit d'alimentation alternatif; dans tous les autres cas, elle doit être marquée du symbole F-45 (voir Tableau A.7).

La ou les bornes de mise à la terre doivent porter le ou les symboles F-31 et/ou F-42 à F-45 suivant le cas.

Tableau A.7 – Symboles utilisés pour le marquage des transducteurs

No.	Désignation		Symbole
B Nature de la ou des grandeurs d'entrée et nombre des circuits de mesure			
B-1	Circuit à courant continu (seulement pour une alimentation auxiliaire)	IEC 60417-5031 (2002-10)	
B-2	Circuit à courant alternatif (monophasé)	IEC 60417-5032 (2002-10)	
B-3	Circuit à courant continu et à courant alternatif	IEC 60417-5033 (2002-10)	
B-4	Circuit à courant alternatif triphasé (symbole général)	IEC 60417-5032-1 (2002-10)	3
B-6	Un élément de mesure pour réseau à trois fils	IEC 60417-5032-1 (2002-10), modifié – "1E" a été ajouté	3 1E
B-7	Un élément de mesure pour réseau à quatre fils	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modifié – "1E" a été ajouté	3N 1E
B-8	Deux éléments de mesure pour réseau à trois fils avec charge non équilibrée	IEC 60417-5032-1 (2002-10), modifié – "2E" a été ajouté	3 2E
B-9	Deux éléments de mesure pour réseau à quatre fils avec charge non équilibrée	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modifié – "2E" a été ajouté	3N 2E
B-10	Trois éléments de mesure pour réseau à quatre fils avec charge non équilibrée	IEC 60417-5032-2 (2002-10), modifié – "3E" a été modifié	3N 3E

No.	Désignation		Symbole
B Nature de la ou des grandeurs d'entrée et nombre des circuits de mesure			
C	Sécurité (voir IEC 61010-1:2010)		
E	Classe de précision		
E-10	Indice de classe (par exemple 1) si la valeur conventionnelle correspond à l'intervalle de sortie	---	1
E-11	Indice de classe (par exemple 0,5) si la valeur conventionnelle correspond à la moitié de l'intervalle de sortie	---	0,5 / 0,5
F Symboles généraux			
F-31	Borne de terre (symbole général)	IEC 60417-5017 (2006-08)	
F-33	Attention (se référer à un document d'accompagnement)	ISO 7000-0434B (2004-01)	
F-42	Borne de masse	IEC 60417-5020 (2002-10)	
F-43	Borne de terre de protection	IEC 60417-5019 (2006-08)	
F-44	Borne de terre fonctionnelle	IEC 60417-5018 (2011-07)	
F-45	Borne de terre du circuit de mesure	IEC 60417-5017 (2006-08)	
F-46	Borne positive	IEC 60417-5005 (2002-10)	
F-47	Borne négative	IEC 60417-5006 (2002-10)	

A.6.8 Exigences en matière de documentation

Les informations suivantes doivent être données sur le document fourni avec le transducteur, en plus des éléments de documentation spécifiés dans l'IEC 61010-1 et l'IEC 61010-2-030:

- temps de réponse;
- variations dues à un champ magnétique d'origine extérieure;
- relation existant entre l'entrée et la sortie (voir indications exigées en accord avec les courbes données en A.6.6.1 pour les fonctions de transfert de courant de sortie);
- classes d'émission CEM A ou B;
- classe de sécurité: classe F ou classe D;
- type d'utilisation: extérieur et/ou intérieur;
- toute information de A.6.7.2 qui n'a pas pu s'adapter au transducteur.

A.7 Essais de type pour le TRD1

A.7.1 Généralités

L'Article 7 du présent document s'applique en sus des exigences ci-dessous.

A.7.2 Exigences générales supplémentaires pour les essais de type pour le TRD1

A.7.2.1 Détermination des variations

La variation due à une grandeur d'influence doit être déterminée pour chaque grandeur d'influence. Pendant les essais, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans leurs conditions de référence.

Toutes les grandeurs d'influence sont données de A.7.3 à A.7.23, ainsi que les procédures d'essai et les calculs appropriés et les variations admissibles pour chaque groupe d'utilisation exprimées en pourcentage de l'indice de classe. Aucune des variations déterminées ne doit excéder les valeurs admissibles.

Les variations doivent être déterminées à la valeur nominale supérieure de la sortie et à, au moins, un autre point.

Pour les transducteurs de puissance apparente, active et réactive, ces valeurs doivent être obtenues en maintenant la tension et le facteur de puissance dans leurs conditions de référence et en faisant varier l'intensité du courant.

Pour les transducteurs de puissance en courant continu, ces valeurs doivent être obtenues en maintenant la tension dans ses conditions de référence et en faisant varier l'intensité du courant.

Lorsqu'une plage de référence est spécifiée, la grandeur d'influence doit varier entre chacune des limites de la plage de référence et une valeur quelconque de la partie du domaine nominal d'utilisation qui est adjacente à la limite de la plage de référence choisie.

A.7.2.2 Calculs

De A.7.2.2 à A.7.23, un calcul est exigé en rapport avec une formule. Les termes des formules suivent un principe général:

- R est la valeur du signal de sortie dans les conditions de référence;
- X (ou Y) est la valeur du signal de sortie mesuré à une limite de la grandeur d'influence;
- F est la valeur conventionnelle.

NOTE Pour les courbes de type F (voir A.6.6.6), remplacer dans toutes les formules suivantes F par R .

A.7.3 Variations dues à la tension de l'alimentation auxiliaire

A.7.3.1 Application

Tous les transducteurs qui sont alimentés par une alimentation auxiliaire en courant continu ou alternatif, sauf lorsque cette alimentation est prélevée sur le circuit de tension ou le courant d'entrée et que les connexions ne peuvent pas être séparées pour les essais.

A.7.3.2 Procédure

Appliquer la valeur nominale de la tension de l'alimentation auxiliaire et enregistrer la valeur de signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, réduire la tension de l'alimentation auxiliaire jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.3.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X). Augmenter la tension de l'alimentation auxiliaire jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.3.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.3.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.3.4 Variations admissibles

Pour les alimentations auxiliaires en courant alternatif, le Tableau A.8 s'applique.

Tableau A.8 – Variations admissibles dues à l'alimentation auxiliaire en courant alternatif

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	90 à 110	50
II	80 à 120	50
III	80 à 120	50

Pour les alimentations auxiliaires en courant continu, le Tableau A.9 s'applique.

Tableau A.9 – Variations admissibles dues à l'alimentation auxiliaire en courant continu

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	85 à 125	50
II	85 à 125	50
III	85 à 125	50

A.7.4 Variations dues à la fréquence de l'alimentation auxiliaire

A.7.4.1 Application

Tous les transducteurs qui sont alimentés par une alimentation auxiliaire alternative, sauf lorsque cette alimentation est prélevée sur le circuit de la tension ou du courant d'entrée et que les connexions ne peuvent pas être séparées pour les essais.

A.7.4.2 Procédure

Appliquer la valeur nominale de la fréquence de l'alimentation auxiliaire et enregistrer la valeur du signal de sortie (R). Pour une valeur constante du mesurande, réduire la fréquence de l'alimentation auxiliaire jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.4.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Augmenter la fréquence de l'alimentation auxiliaire jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.4.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.4.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.4.4 Variations admissibles

Le Tableau A.10 s'applique.

Tableau A.10 – Variations dues à la fréquence de l'alimentation auxiliaire

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	90 à 110	50
II	90 à 110	50
III	90 à 110	50

A.7.5 Variations dues à la température ambiante

A.7.5.1 Application

Tous les transducteurs.

A.7.5.2 Procédure

Pour une valeur constante du mesurande et à la température de référence, enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Augmenter la température ambiante jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.5.4 et maintenir pendant un temps suffisant pour obtenir les conditions de stabilisation (30 min est un temps habituel satisfaisant). Enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Abaissier la température ambiante jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.5.4 et maintenir pendant le même temps pour obtenir les conditions de stabilisation. Enregistrer le temps de stabilisation et la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.5.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.5.4 Variations admissibles

Le Tableau A.11 s'applique.

Tableau A.11 – Variations admissibles dues à la température ambiante

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation °C	Variation % d'indice de classe
I	10 à 35	100
II	0 à 45	100
III	-10 à 55	100

A.7.6 Variations dues à la fréquence de la ou des grandeurs d'entrée

A.7.6.1 Application

Tous les transducteurs sauf les transducteurs de fréquence et les transducteurs en courant continu. Les transducteurs qui sont sensibles à la fréquence (par exemple ceux qui utilisent des variateurs de phase) sont des exceptions et le domaine nominal d'utilisation doit être toujours marqué.

A.7.6.2 Procédure

Appliquer la valeur nominale de la fréquence d'entrée et enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, réduire la fréquence jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.6.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Augmenter la fréquence jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.6.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.6.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.6.4 Variations admissibles

Le Tableau A.12 s'applique.

Tableau A.12 – Variations admissibles dues à la fréquence de la grandeur d'entrée

Groupe d'utilisation	Plage de fréquences d'utilisation nominale %	Variation % d'indice de classe
I	90 à 110	100
II	90 à 110	100
III	90 à 110	100
Sensible à la fréquence	Comme marqué	100

A.7.7 Variations dues à la tension d'entrée

A.7.7.1 Application

Le paragraphe A.7.7 s'applique à tous les transducteurs sauf les transducteurs de courant et de tension.

A.7.7.2 Procédure

Appliquer la valeur nominale de la tension d'entrée et enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, réduire la tension d'entrée jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.7.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Augmenter la tension d'entrée jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.7.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.7.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.7.4 Variations admissibles

Le Tableau A.13 s'applique.

Tableau A.13 – Variations admissibles dues à la tension d'entrée

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	80 à 110	50
II	80 à 120	50
III	80 à 120	50

A.7.8 Variations dues au courant d'entrée

A.7.8.1 Application

Le paragraphe A.7.8 s'applique aux transducteurs de déphasage et aux transducteurs de facteur de puissance.

A.7.8.2 Procédure

Appliquer la valeur nominale du courant d'entrée et enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, réduire le courant d'entrée jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.8.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Augmenter le courant d'entrée jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.8.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.8.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.8.4 Variations admissibles

Le Tableau A.14 s'applique.

Tableau A.14 – Variations admissibles dues au courant tension d'entrée

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	20 à 120	100
II	20 à 120	100
III	20 à 120	100

A.7.9 Variations dues au facteur de puissance

A.7.9.1 Application

Le paragraphe A.7.9 s'applique aux transducteurs de puissance apparente, active et réactive.

A.7.9.2 Procédure

Appliquer respectivement 50 % (5 %) de la valeur nominale au courant d'entrée à un facteur de puissance de 1,0 et enregistrer les deux valeurs du signal de sortie (R). Pour une valeur constante du mesurande, augmenter le courant d'entrée à 100 % (10 %) de la valeur nominale et réduire le facteur de puissance respectivement jusqu'à 0,5 inductif/capacitif. Enregistrer les deux valeurs du signal de sortie (X).

Pour faciliter l'essai des transducteurs de puissance réactive, les valeurs de $\sin \varphi$ équivalentes sont généralement appliquées.

Les transducteurs de puissance active doivent aussi être soumis à l'essai pour l'erreur à un facteur de puissance égal à zéro, et les transducteurs de puissance réactive à $\sin \varphi = 0$.

A.7.9.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.9.4 Variations admissibles

Le Tableau A.15 s'applique.

Tableau A.15 – Variations admissibles dues au facteur de puissance

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	Cos (sin) $\varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50
II	Cos (sin) $\varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50
III	Cos (sin) $\varphi = 0,5 \dots 1 \dots 0,5$	50

Pour tous les transducteurs, l'erreur à un facteur de puissance de zéro (ou sin $\varphi = 0$) ne doit pas excéder 100 % de l'indice de classe.

A.7.10 Variations dues à la charge de sortie

A.7.10.1 Application

Le paragraphe A.7.10 s'applique à tous les transducteurs à charge de sortie variable.

A.7.10.2 Procédure

Appliquer à la charge de sortie une valeur égale à la moitié du domaine nominal et enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, réduire la résistance de la charge de sortie jusqu'à la limite inférieure donnée en A.7.10.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

Augmenter la résistance de la charge de sortie jusqu'à la limite supérieure donnée en A.7.10.4 et enregistrer la valeur du signal de sortie (Y).

A.7.10.3 Calcul

Les variations sont: $\frac{X - R}{F} \times 100$

et: $\frac{Y - R}{F} \times 100$

A.7.10.4 Variations admissibles

Le Tableau A.16 s'applique.

Tableau A.16 – Variations admissibles dues à la charge de sortie

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation %	Variation % d'indice de classe
I	10 à 100	50
II	10 à 100	50
III	10 à 100	50

A.7.11 Variations dues à la distorsion de la ou des grandeurs d'entrée

A.7.11.1 Application

Le paragraphe A.7.11 s'applique à tous les transducteurs caractérisés par le fabricant pour être utilisés sur les systèmes ayant des formes d'ondes déformées, sauf les transducteurs d'harmoniques.

A.7.11.2 Procédure

Appliquer la valeur choisie de la grandeur d'entrée, sans distorsion et enregistrer la valeur du signal de sortie (R). Introduire une distorsion de troisième harmonique au niveau donné en A.7.11.4, les valeurs efficaces étant maintenues constantes, et enregistrer la valeur du signal de sortie (X). Il convient de modifier l'angle de phase entre l'harmonique et le fondamental de façon à obtenir les conditions les plus défavorables.

Pour les transducteurs de puissance apparente, active et réactive, l'essai est réalisé avec la forme d'onde déformée du courant, puis répété avec la forme d'onde déformée de la tension.

Pour les transducteurs de puissance apparente, active et réactive qui n'utilisent pas de variateurs de phase, les variations admissibles sont données en A.7.11.4.

Pour les transducteurs de puissance réactive utilisant des variateurs de phase, les variations admissibles doivent être spécifiées par le fabricant.

A.7.11.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.11.4 Variations admissibles

Le Tableau A.17 s'applique.

Tableau A.17 – Variations admissibles dues à la distorsion de la ou des grandeurs d'entrée

Groupe d'utilisation	Domaine nominal d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	Facteur de distorsion 0,2	200
II	Facteur de distorsion 0,2	200
III	Facteur de distorsion 0,2	200

A.7.12 Variations dues à un champ magnétique d'origine extérieure

A.7.12.1 Application

Le paragraphe A.7.12 s'applique aux transducteurs à sensibilité magnétique.

A.7.12.2 Procédure

Le transducteur est placé au centre d'une bobine de 1 m de diamètre moyen, de section carrée et d'épaisseur radiale faible par rapport à son diamètre. Il est également admissible d'utiliser un autre appareil capable de produire un champ magnétique homogène convenable en l'absence du transducteur en essai. 400 ampères-tours de cette bobine produisent, au centre de la bobine, en l'absence du transducteur en essai, une intensité du champ de 0,4 kA/m. Le champ magnétique doit être produit par un courant de même nature et de même fréquence que celui qui alimente le circuit de mesure, et doit être tel que la combinaison de phase et d'orientation soit la plus défavorable. Les valeurs indiquées pour les champs alternatifs sont des valeurs efficaces.

Tout transducteur ayant une dimension extérieure supérieure à 250 mm doit être soumis à l'essai dans une bobine de diamètre moyen au moins égal à quatre fois la plus grande dimension du transducteur. L'intensité du champ magnétique étant la même que celle donnée ci-dessus.

En l'absence du champ extérieur, enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Pour une valeur constante du mesurande, appliquer le champ extérieur et enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

A.7.12.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.12.4 Variations admissibles

Le Tableau A.18 s'applique.

Tableau A.18 – Variations admissibles dues à un champ magnétique d'origine extérieure

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	100
II	100
III	100

A.7.13 Variations dues au déséquilibre des courants

A.7.13.1 Application

Le paragraphe A.7.13 s'applique aux transducteurs de puissance apparente, active et réactive multiéléments.

A.7.13.2 Procédure

Les courants doivent être équilibrés et ajustés de façon à ce que le signal de sortie soit approximativement au milieu de l'intervalle de sortie ou, si le zéro du signal de sortie est à l'intérieur de l'intervalle de sortie, la moitié entre zéro et la valeur nominale supérieure du signal de sortie. Enregistrer la valeur du signal de sortie (R).

Couper l'un des courants, en maintenant les tensions équilibrées et symétriques, et ajuster les autres courants, en les maintenant égaux, de façon à restaurer la valeur initiale du mesurande.

Enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

A.7.13.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.13.4 Variations admissibles

Le Tableau A.19 s'applique.

Tableau A.19 – Variations admissibles dues au déséquilibre des courants

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	100
II	100
III	100

A.7.14 Variations dues à l'interaction entre les éléments de mesure

A.7.14.1 Application

Le paragraphe A.7.14 s'applique à tous les transducteurs de puissance apparente, active et réactive à éléments de mesure multiples, sauf ceux ayant deux éléments de mesure pour mesurer des puissances triphasées non équilibrées sur quatre fils avec trois circuits de courant (parfois appelés transducteurs à "deux ponts et demi") et les transducteurs de puissance réactive utilisant des méthodes de connexions traversables.

A.7.14.2 Procédure

Le circuit de tension d'un seul circuit de mesure doit être alimenté à sa tension nominale. Les circuits de courant de tous les autres circuits de mesure doivent être alimentés successivement avec leurs courants nominaux. Le plus grand écart du signal de sortie (X) par rapport à la valeur correspondant au zéro du mesurande doit être noté, tout en faisant varier le déphasage entre la tension et les courants dans toute la plage de 0° à 360° .

Si l'alimentation auxiliaire est commune à l'un des circuits d'entrée de tension, c'est ce circuit qui doit être alimenté.

A.7.14.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X}{F} \times 100$$

A.7.14.4 Variations admissibles

Le Tableau A.20 s'applique.

Tableau A.20 – Variations admissibles dues aux interactions entre les éléments de mesure

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	50
II	50
III	50

A.7.15 Variation due à l'échauffement propre**A.7.15.1 Application**

Le paragraphe A.7.15 s'applique à tous les transducteurs.

A.7.15.2 Méthode

Le transducteur doit être à la température ambiante et doit avoir été débranché pendant au moins 4 h. Alimenter le transducteur conformément aux conditions de référence définies dans le Tableau A.4 et le Tableau A.5.

Après 1 min et avant la troisième minute, noter la valeur du signal de sortie (X). Répéter cette procédure entre la trentième et la trente-cinquième minute après la mise en circuit préalable (R).

A.7.15.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.15.4 Variations admissibles

Le Tableau A.21 s'applique.

Tableau A.21 – Variations admissibles dues à l'échauffement propre

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	100
II	100
III	100

A.7.16 Variation due à un fonctionnement continu**A.7.16.1 Application**

Le paragraphe A.7.16 s'applique à tous les transducteurs.

A.7.16.2 Procédure

Alimenter le transducteur dans les conditions de référence pendant au moins la durée de préconditionnement. Enregistrer la valeur de sortie (R). Après une période adéquate de fonctionnement continu, par exemple 6 h, noter la valeur de sortie (X).

A.7.16.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.16.4 Variation admissible

Une variation est permise, mais le transducteur doit continuer à satisfaire en tous points aux exigences correspondant à sa classe de précision.

A.7.17 Variations dues aux tensions parasites en mode commun

A.7.17.1 Application

Le paragraphe A.7.17 s'applique à tous les transducteurs ayant un signal de sortie analogique.

A.7.17.2 Procédure

Pour une valeur constante du mesurande proche de la valeur nominale supérieure, enregistrer la valeur du signal de sortie (R). Appliquer une tension de 100 V en valeur efficace, de 45 Hz à 65 Hz. Enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

A.7.17.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.17.4 Variations admissibles

Le Tableau A.22 s'applique.

Tableau A.22 – Variations admissibles dues à un fonctionnement continu

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	100
II	100
III	100

A.7.18 Variations dues aux tensions parasites en mode série

A.7.18.1 Application

Le paragraphe A.7.18 s'applique à tous les transducteurs ayant un signal de sortie analogique en courant.

A.7.18.2 Procédure

Pour une valeur constante du mesurande proche de la valeur nominale supérieure et avec la tension disponible égale à 80 % de la valeur maximale, enregistrer la valeur du signal de sortie I.

Appliquer une tension de 1 V en valeur efficace, de 45 Hz à 65 Hz, en série avec le signal de sortie. Enregistrer la valeur du signal de sortie (X).

NOTE La résistance interne de la source de courant continu de l'interférence en mode série, si celle-ci est excessive, peut avoir une influence sur les résultats de l'essai, en particulier pour les transducteurs à charge de sortie fixe.

A.7.18.3 Calcul

La variation est:
$$\frac{X - R}{F} \times 100$$

A.7.18.4 Variations admissibles

Le Tableau A.23 s'applique.

Tableau A.23 – Variations admissibles dues aux tensions parasites en mode série

Groupe d'utilisation	Variation % d'indice de classe
I	100
II	100
III	100

A.7.19 Surcharges admissibles des grandeurs d'entrée**A.7.19.1.1 Généralités**

Après les essais décrits en A.7.19.1.2 et A.7.19.1.3 et le retour à l'équilibre thermique à la valeur de référence de la température ambiante, le transducteur doit satisfaire aux exigences correspondant à son indice de classe.

A.7.19.1.2 Surcharges continues des grandeurs d'entrée

Le transducteur doit supporter l'application des surcharges d'entrée simultanément pendant 24 h.

- a) Les entrées de tension, alimentations auxiliaires incluses, doivent être soumises à 120 % de la valeur nominale de la tension.
- b) Les entrées de courant doivent être soumises à 120 % de la valeur nominale du courant.

A.7.19.1.3 Surcharges de courte durée des grandeurs d'entrée

Les essais doivent être effectués dans les conditions de référence. Les surcharges qui doivent être appliquées au transducteur sont les suivantes:

- a) pour les entrées de tension: 200 % de la valeur nominale de la tension mesurée, appliquée pendant 1 s et répétée 10 fois à des intervalles de 10 s;
- b) pour les entrées en courant: 20 fois la valeur nominale du courant mesuré, appliqué pendant 1 s et répété 5 fois à des intervalles de 300 s.

Le circuit d'essai doit être pratiquement non réactif.

Après l'essai les caractéristiques intrinsèques du transducteur doivent être inchangées.

A.7.19.1.4 Essai de tension, essais d'isolement et autres exigences de sécurité

Les exigences pour l'essai de tension et les autres exigences relatives à la sécurité sont celles données dans l'IEC 61010-1:2010 et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 qui doit être utilisée pour toute référence.

A.7.20 Essais à la tension de choc

Une tension d'essai de crête de 5 kV, de polarité positive, puis négative, ayant une forme d'onde d'impulsion normalisée de 1,2/50 µs doit être appliquée aux transducteurs comme suit:

- entre la borne de terre et toutes les autres bornes réunies entre elles;
- entre les bornes de chacun des circuits successivement, les bornes de tous les autres circuits étant réunies à la terre.

Trois impulsions positives et trois impulsions négatives doivent être appliquées à des intervalles d'au moins 5 s. Une étincelle (décharge de condensateur) doit être considérée comme un critère de défaut à moins que le composant ne soit conçu pour cela.

Pour de plus amples informations sur les essais à la tension de choc, il convient de se référer à l'IEC 61010-1:2010, l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 et l'IEC 61010-2-030:2023.

Après l'essai à la tension de choc, le transducteur doit satisfaire aux exigences correspondant à son indice de classe.

Les circuits auxiliaires ayant une tension de référence supérieure à 40 V doivent être soumis à un essai à la tension de choc dans les mêmes conditions que celles indiquées pour les autres circuits.

A.7.21 Essai de perturbation en haute fréquence

L'essai de perturbation à haute fréquence doit être conforme à l'IEC 61326 (toutes les parties).

A.7.22 Essai d'échauffement

Le transducteur doit être alimenté de la manière suivante:

- chaque circuit de courant doit être parcouru par un courant égal à 1,1 fois le courant nominal;
- chaque circuit de tension doit être alimenté par une tension égale à 1,2 fois la tension nominale.

Ces conditions doivent être maintenues pendant une durée de 2 h. Pendant l'essai, le transducteur ne doit pas être exposé à des courants d'air ou au rayonnement solaire direct.

L'échauffement des parties suivantes du transducteur ne doit pas excéder:

- pour les circuits d'entrée: 60 %;
- pour la surface extérieure: 25 K.

A.7.23 Autres essais

Si, par accord entre le fabricant et l'acheteur, d'autres essais sont exigés, il est indispensable de se reporter aux publications suivantes:

- vibrations: IEC 60068-2-6;
- chocs: IEC 60068-2-27.

Annexe B (normative)

Exigences pour le TRD2

B.1 Généralités

L'Article 1 du présent document s'applique.

B.2 Références pour les besoins de la présente Annexe B

L'Article 2 du présent document s'applique.

B.3 Terminologie pour les besoins de la présente Annexe B

L'Article 3 du présent document s'applique.

B.4 Conditions d'environnement

B.4.1 Généralités

Les TRD2 sont utilisés dans les conditions d'environnement des équipements de mesure tels que les PMD conformes à l'IEC 61557-12:2018 ou les PQI conformes à l'IEC 62586-1:2017.

B.4.2 Conditions normales d'environnement

Plusieurs environnements, tels que les systèmes de distribution électrique ou les réseaux d'alimentation, peuvent être considérés comme des environnements normaux.

Les conditions normales d'environnement ont été traduites en caractéristiques assignées à l'Article B.5. Voir Tableau B.1 pour les paramètres des conditions d'environnement.

Tableau B.1 – Paramètres des conditions d'environnement

Paramètre	Fonctionnement intérieur ^b	Fonctionnement extérieur
Température	Voir B.5.4	Voir B.5.4
Humidité	Voir B.5.4	Voir B.5.4
Vibrations ou faibles secousses sismiques	négligeable ^a	négligeable ^a
Rayonnement solaire	négligeable	≤ 1 120 W/m ²
Précipitations venteuses (pluie, neige, grêle, etc.)	négligeable	15 mm/min ^c
Pollution de l'air par de la poussière, du sel, de la fumée, un gaz corrosif/inflammable, des vapeurs	négligeable	Importante pollution de l'air par de la poussière et du sel
Altitude	≤ 2 000 m	≤ 2 000 m
CEM	Environnements commerciaux, professionnels, industriels légers et lourds tels que définis dans l'IEC 61000-2-3	
Mise à la terre du réseau	TT, TNC, TNS, TNC-S, IT	

^a Ce point est à l'étude pour une révision future.

^b Environnement intérieur: équipement destiné à être utilisé dans des enveloppes et/ou à l'intérieur de bâtiments ou d'abris. L'équipement installé dans des enveloppes ou abris extérieurs est considéré comme étant à usage intérieur.

^c Dans ces conditions, de la condensation peut se former occasionnellement.

B.5 Caractéristiques assignées pour le TRD2

B.5.1 Généralités

Les caractéristiques assignées principales du TRD2 doivent comprendre les éléments ci-dessous (suivant le cas).

1) Caractéristiques assignées des entrées

- fréquence assignée (f_r);
- tension d'entrée assignée (U_{pr}).

Les caractéristiques assignées d'un TRD2 ayant une entrée de courant doivent inclure en plus:

- courant primaire assigné (I_{n-low});
- courant primaire étendu assigné (I_{n-high});
- courant thermique continu assigné (I_{cth});
- courant assigné thermique de courte durée (I_{th});
- courant dynamique assigné (I_{dyn}).

2) Caractéristiques assignées des sorties

- courant de sortie assigné (I_{sr}), pour le TRD2 délivrant une sortie en courant;
- tension de sortie assignée (U_{sr}), pour le TRD2 délivrant une sortie en tension;
- fréquence de sortie assignée (f_{sr}), pour le TRD2 délivrant une sortie en fréquence;
- charge assignée (Z_{br}).

3) Caractéristiques assignées générales

- classe de précision;
- classe de température assignée;
- classe d'humidité assignée;
- alimentation électrique auxiliaire assignée, le cas échéant;
- catégorie de surtension;
- catégorie de mesure pour la classe F du TRD2.

B.5.2 Caractéristiques assignées des entrées

B.5.2.1 Généralités

Un TRD2 peut avoir plusieurs caractéristiques assignées.

NOTE Par exemple un TRD2 peut avoir 2 caractéristiques assignées de U_{pr} (une pour le courant continu et une pour le courant alternatif) ou 2 caractéristiques assignées de I_{n-low} (une pour le courant continu et une pour le courant alternatif). C'est également le cas pour la caractéristique assignée I_{cth} .

B.5.2.2 Fréquence assignée

Pour les applications en courant alternatif, les valeurs normales de la fréquence assignée sont:

16,7 Hz, 50 Hz, 60 Hz et 400 Hz.

B.5.2.3 Caractéristiques assignées de la tension d'entrée

La tension d'entrée assignée doit être spécifiée par le fabricant, en tenant compte de l'IEC 61010-1:2010, Annexe I, et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, Annexe I, en prenant en compte la tension composée correspondant au type de réseau d'alimentation secteur et à la tension nominale.

B.5.2.4 Caractéristiques assignées du courant d'entrée

B.5.2.4.1 Courant primaire assigné (I_{n-low} , I_{n-high})

Les valeurs du courant d'entrée assigné doivent être spécifiées par le fabricant.

B.5.2.4.2 Courant maximal assigné (I_{max})

La valeur normale du courant primaire maximal assigné (I_{max}) du TRD2 doit être de 120 % du courant étendu assigné (I_{n-high}).

Le TRD2 doit pouvoir résister à I_{max} pendant 2 h sans aucun dommage.

La conformité est vérifiée conformément à l'essai décrit en B.7.6.1.7.

B.5.2.4.3 Facteur de courant d'entrée étendu assigné (K_{max})

Une valeur K_{max} doit être assignée au TRD2. La valeur minimale permise est de 1,2.

Les valeurs préférentielles sont:

1,2 – 2 – 4 – 5 – 8 – 10 – 16 – 20 – 50 – 100

B.5.2.4.4 Courant thermique continu assigné (I_{cth})

La valeur minimale du courant thermique continu assigné (I_{cth}) du TRD2 doit être de 100 % du courant d'entrée étendu assigné (I_{n-high}).

Lorsqu'un courant thermique continu assigné supérieur de 100 % au courant d'entrée étendu assigné (I_{n-high}) est spécifié, les valeurs préférentielles sont 120 %, 150 % et 200 % du courant d'entrée assigné.

B.5.2.5 Caractéristiques assignées du courant de courte durée

B.5.2.5.1 Courant assigné thermique de courte durée (I_{th})

Un courant assigné thermique de courte durée (I_{th}) doit être assigné à l'équipement.

Si la durée n'est pas précisée, la valeur minimale de la durée du courant assigné thermique de courte durée doit être de 1 s.

B.5.2.5.2 Courant dynamique assigné (I_{dyn})

Sauf indication contraire du fabricant, la valeur normale du courant dynamique assigné (I_{dyn}) doit être de 2,5 fois le courant assigné thermique de courte durée (I_{th}).

B.5.3 Caractéristiques assignées des sorties

B.5.3.1 Interfaces de sortie assignées

Les interfaces de sortie assignées sont définies par le codage d'interface, tel que cela est défini à l'Annexe C.

NOTE L'Annexe C fournit également les interfaces de sortie les plus courantes.

Les caractéristiques assignées de sortie sont définies à I_{n-low} pour le courant de mesure du TRD2, et à U_{pr} pour la tension de mesure du TRD2.

B.5.3.2 Charge assignée

B.5.3.2.1 Charge assignée pour le TRD2 avec une sortie en tension alternative ou continue, ou une sortie en fréquence

La valeur préférentielle de la charge assignée est définie par une résistance en parallèle avec une capacité conforme au Tableau B.2.

Tableau B.2 – Charge assignée préférentielle pour le TRD2 avec une sortie en tension alternative ou continue, ou une sortie en fréquence

Charge	Résistance	Capacité
Z_{br} U1	2 MΩ	50 pF
Z_{br} U2	200 kΩ	500 pF
Z_{br} U3	10 kΩ	10 nF

L'impact de la plage d'impédance de la charge totale sur la précision est couvert par les classes de précision.

Il convient de prêter attention à la capacité parallèle des instruments. Si le câble de transmission ne fait pas partie du TRD2, la capacité du câble doit être considérée comme faisant partie de la charge.

NOTE La capacité typique des câbles est comprise entre 15 pF/m et 100 pF/m pour les câbles non blindés.

Si un câble est monté en usine, il ne doit pas être changé/modifié afin de préserver les caractéristiques spécifiées du dispositif, sauf si des considérations particulières sont prises pour tenir compte des caractéristiques modifiées du TRD2 selon les informations du fabricant.

B.5.3.2.2 Charge assignée pour le TRD2 avec une sortie en courant alternatif ou continu

La valeur préférentielle de la charge assignée est définie par l'impédance en parallèle conformément au Tableau B.3.

Tableau B.3 – Charge assignée pour le TRD2 avec une sortie en courant alternatif ou continu

Charge	Résistance	Facteur de puissance
$Z_{br} I1$	1 Ω	1
$Z_{br} I2$	2,7 Ω	1

B.5.3.3 Alimentation électrique

L'alimentation électrique externe assignée et l'alimentation électrique fournie par les équipements de mesure connectés à la sortie du TRD2 sont définies à l'Annexe C.

B.5.4 Caractéristiques assignées générales

B.5.4.1 Classes de précision

Les classes de précision normalisées pour le TRD2 sont définies dans le Tableau B.11, le Tableau B.12, le Tableau B.13 et le Tableau B.14.

B.5.4.2 Classes de températures assignées

Les classes de température normales K40, K45, K55, K70 et Ks pour le TRD2 sont définies dans le Tableau B.4.

Tableau B.4 – Températures assignées pour le TRD2

	Classe de température K 40	Classe de température K 45 ^d	Classe de température K 55 ^d	Classe de température K 70 ^d du TRD2	Classe de température Ks ^{b d} du TRD2
Plage de fonctionnement assignée ^c (avec incertitude spécifiée)	-5 °C à +40 °C	-10 °C à +45 °C	-5 °C à +55 °C	-25 °C à +70 °C	Selon les spécifications du fabricant ^a
Plage limite de fonctionnement (pas de défaillance matérielle)	-10 °C à +55 °C	-25 °C à +55 °C	-5 °C à +55 °C	-25 °C à +70 °C	
Plage limite pour le stockage et le transport	-40 °C à +70 °C	-25 °C à +70 °C	-25 °C à +70 °C	-40 °C à +85 °C	

^a Les limites doivent être définies par le fabricant, selon l'application.

^b Ks signifie classe de température spéciale.

^c Une température de fonctionnement est la température la plus élevée de l'air à proximité immédiate du TRD2.

^d La classe de température K45 correspond à FI1 de l'IEC 62586-1:2017 et à la condition "utilisation à l'intérieur" de l'IEC 62052-11:2020.

La classe de température K55 correspond à la classe K55 de l'IEC 61557-12:2018.

La classe de température K70 correspond à la classe K70 de l'IEC 61557-12:2018.

La classe de température Ks correspond à toute autre classe de température, par exemple la classe K_x de l'IEC 61557-12:2018 ou les classes FI2 ou FO de l'IEC 62586-1:2017.

B.5.4.3 Classes d'humidité assignées

Tableau B.5 indique les classes d'humidité assignées (classe d'humidité normale et classe d'humidité étendue) pour le TRD2. Voir Figure B.1 pour la relation entre la température de l'air ambiant et l'humidité relative.

Tableau B.5 – Classes d'humidité assignées

	Classe d'humidité normale	Classe d'humidité étendue
Plage de fonctionnement assignée (avec incertitude spécifiée)	0 % à 75 % HR ^b	0 % à plus de 75 % HR ^{a b}
Plage limite de fonctionnement pendant 30 jours/an	0 % à 90 % HR ^b	0 % à plus de 90 % HR ^{a b}
Plage limite pour le stockage et le transport	0 % à 90 % HR ^b	0 % à plus de 90 % HR ^{a b}
^a Les limites doivent être définies par le fabricant, selon l'application. ^b Les valeurs d'humidité relative sont indiquées sans condensation.		

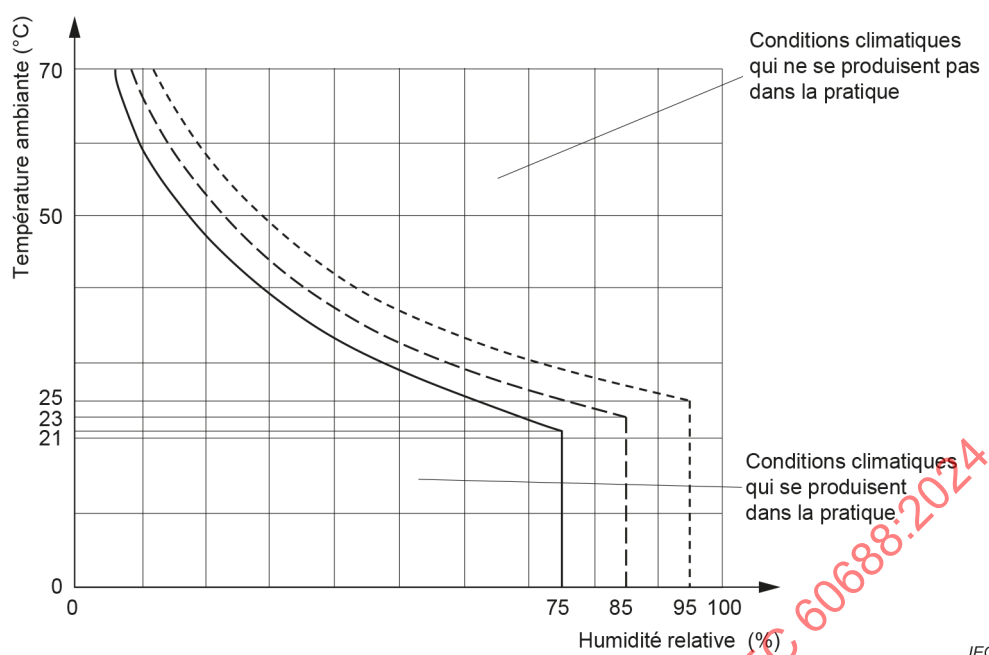


Figure B.1 – Relation entre la température de l'air ambiant et l'humidité relative

B.6 Exigences pour la conception et la construction du TRD2

B.6.1 Généralités

La conformité aux exigences de l'Article B.6 doit être vérifiée par tous les essais applicables conformément à l'Article B.7.

Si un TRD2 est spécifié pour les applications de mesure en courant alternatif et en courant continu, les exigences en courant alternatif et en courant continu s'appliquent toutes les deux.

Toutefois, si un TRD2 est spécifié pour la mesure en courant continu avec des composants en courant alternatif (ondulations en courant alternatif), seules les exigences en courant continu s'appliquent.

Sauf indication contraire de B.6.1 à B.6.8, toutes les exigences de B.6.1 à B.6.8 s'appliquent pour les applications de mesure du TRD2 en courant alternatif ou continu.

B.6.2 Exigences de sécurité

Le paragraphe 6.2 du présent document est applicable.

B.6.3 Exigences relatives à la CEM

Le paragraphe 6.3 du présent document est applicable.

B.6.4 Exigences climatiques

B.6.4.1 Exigences en matière de température

Le TRD2 doit être conforme à l'une des classes de température définies en B.5.4.2.

B.6.4.2 Exigences en matière de corrosion

Pour le TRD2 déclaré pour une utilisation extérieure, des mesures contre la corrosion pendant la durée de vie doivent être prises en compte.

NOTE 1 Un essai de corrosion est spécifié au paragraphe B.7.4.2.

Pour un TRD2 déclaré utilisé avec des conducteurs ou barres omnibus en aluminium, la corrosion galvanique entre les matériaux en contact pendant la durée de vie doit être prise en compte.

NOTE 2 L'IEC 60947-2:2019 fournit des informations supplémentaires concernant la corrosion galvanique.

B.6.5 Exigences mécaniques

B.6.5.1 Exigences de vibrations

À l'étude.

B.6.5.2 Degrés de protection

Pas d'exigences supplémentaires.

B.6.5.3 Exigences mécaniques pour les bornes d'entrée des conducteurs et barres omnibus en cuivre

B.6.5.3.1 Exigences relatives à la construction

Toutes les pièces des bornes qui maintiennent le contact et le passage du courant doivent être en métal de résistance mécanique adéquate.

Les raccordements par bornes doivent être exécutés de telle sorte que la force permettant de raccorder les conducteurs puisse être appliquée à l'aide de vis, d'organes sans vis ou d'autres moyens équivalents, permettant d'assurer en permanence la pression de contact nécessaire.

Les bornes doivent être réalisées de façon telle que les conducteurs puissent être fixés entre des surfaces adéquates sans dommage significatif sur les conducteurs ou les bornes.

Les bornes ne doivent pas permettre aux conducteurs de se déplacer, ni pouvoir être elles-mêmes déplacées d'une façon qui soit nuisible au fonctionnement de l'équipement, et la tension d'isolement ne doit pas tomber en dessous des valeurs assignées.

Si cela est exigé par l'application, les bornes et les conducteurs peuvent être raccordés à l'aide de cosses pour conducteurs en cuivre uniquement (voir Tableau B.6).

Tableau B.6 – Exemples de cosses d'extrémité pour les équipements raccordés à des conducteurs en cuivre

Section du conducteur mm ²		Dimensions (Voir Figure B.2) mm						Trou pour montage par boulon
Souple	Conducteur massif ou câblé	<i>L</i> max.	<i>N</i> max.	<i>W</i> max.	<i>W</i> Gabarit	<i>Z</i> max.	<i>M</i> min.	<i>H</i>
6	10	22	6	10		12	6	M5
10	16	26	6	10		12	6	M5
16	25	28	6	10		12	6	M5
25	35	33	7	12	12,5	17	7	M6
35	50	38	7	12	12,5	17	7	M6
50	70	41	7	12	12,5	17	7	M6
70	95	48	8,5	16	16,5	20	8,5	M8
95	120	51	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
120	150	60	10,5	20	20,5	25	10,5	M10
150	185	72	11	25	25,5	25	11	M10
185	240	78	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
240	300	89	12,5	31	32,5	31	12,5	M12
300	400	105	17	40	40,5	40	17	M16
400	500	110	17	40	40,5	40	17	M16

NOTE D'autres dimensions de cosses sont disponibles.

NOTE 1 Des exemples de dimensions hors-tout de cosses d'extrémité pouvant être directement raccordées à des bornes à goujon fileté de l'équipement sont représentés à la Figure B.2.

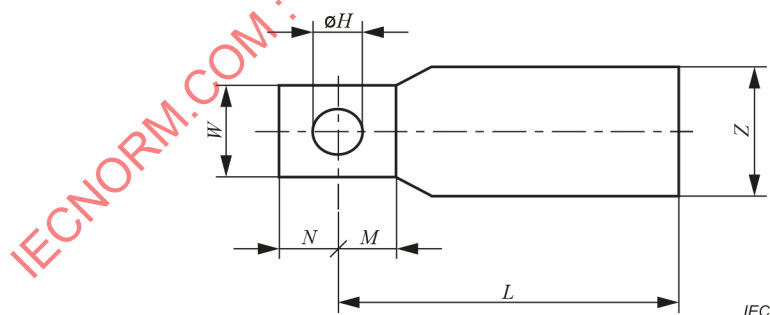


Figure B.2 – Dimensions

NOTE 2 L'Annexe I fournit des exemples de bornes.

B.6.5.3.2 Capacité de raccordement

Le fabricant doit déclarer le type (conducteur massif, câblé ou souple), les sections minimale et maximale des conducteurs convenant à la borne, et, le cas échéant, le nombre de conducteurs raccordables simultanément à la borne. La section maximale des conducteurs ou des barres ne doit pas être inférieure à la valeur déclarée dans le Tableau B.8, le Tableau B.9 ou le Tableau B.10, suivant le cas pour le courant primaire assigné. La borne doit être adaptée à des conducteurs du même type (massifs, câblés ou souples) d'au moins deux tailles inférieures à celles indiquées dans la colonne correspondante du Tableau B7.

Les valeurs nominales des sections des conducteurs ronds en cuivre (exprimées à la fois en unités du système métrique et en dimensions dans le système AWG/kcmil) sont indiquées dans le Tableau B.7, qui donne aussi la relation approximative entre les dimensions des conducteurs exprimées suivant le système métrique de l'ISO et celles exprimées suivant le système AWG/kcmil.

Tableau B.7 – Sections nominales des conducteurs ronds en cuivre et relation approximative entre les dimensions en mm² et les dimensions dans le système AWG/kcmil

Section nominale mm ²	Taille AWG/kcmil	Section métrique équivalente mm ²
0,2	24	0,205
0,34	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4	12	3,3
6	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
–	1	42,4
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
–	400 kcmil	203
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304

Le cas échéant, la présence d'un tiret est à considérer comme une dimension, par référence à la capacité de raccordement (voir B.6.5.3.2).

Tableau B.8 – Valeurs minimales pour la section maximale des conducteurs jusqu'à 400 A inclus

Plage de courant ^a		Dimension du conducteur ^{b, c}	
A		mm ²	AWG/kcmil
0	1	0,2	24
1	2	0,34	22
2	3	0,5	20
3	6	0,75	18
6	8	1,0	-
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250 kcmil
250	275	150	300 kcmil
275	300	185	350 kcmil
300	350	185	400 kcmil
350	400	240	500 kcmil

^a La valeur du courant doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la seconde valeur de cette colonne.

^b Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau B7.

^c L'un des deux conducteurs spécifiés pour une plage de courants donnée peut être utilisé.

Tableau B.9 – Valeurs minimales pour la section maximale des conducteurs de 400 A à 800 A inclus

Plage de courants d'essai ^a		Conducteurs ^{b, c}			
		Système métrique		Système kcmil	
		Nombre	Taille mm ²	Nombre	Taille Système kcmil
A					
400	500	2	150	2	250
500	630	2	185	2	350
630	800	2	240	3	300

^a La valeur du courant doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la seconde valeur de cette colonne.

^b Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau B7.

^c L'un des deux conducteurs spécifiés pour une plage de courants donnée peut être utilisé.

Tableau B.10 – Valeurs minimales pour la section maximale des barres de cuivre pour les courants supérieurs à 400 A et inférieurs ou égaux à 3 150 A

Plage de courants d'essai ^a		Barres de cuivre ^{b, c}		
		Nombre	Dimensions	Dimensions
			mm	Pouces
A				
400	500	2	30 × 5	1 × 0,250
500	630	2	40 × 5	1,25 × 0,250
630	800	2	50 × 5	1,5 × 0,250
800	1 000	2	60 × 5	2 × 0,250
1 000	1 250	2	80 × 5	2,5 × 0,250
1 250	1 600	2	100 × 5	3 × 0,250
1 600	2 000	3	100 × 5	3 × 0,250
2 000	2 500	4	100 × 5	3 × 0,250
2 500	3 150	3	100 × 10	6 × 0,250

^a La valeur du courant doit être supérieure à la première valeur figurant dans la première colonne et inférieure ou égale à la seconde valeur de cette colonne.

^b Les tableaux donnent les dimensions en variante, dans les systèmes métriques et AWG/kcmil pour les conducteurs, et en millimètres et en pouces pour les barres. La comparaison entre les dimensions AWG/kcmil et celles exprimées en système métrique est donnée dans le Tableau B7.

^c L'un des deux conducteurs spécifiés pour une plage de courants donnée peut être utilisé.

B.6.5.3.3 Connexion

Les bornes pour le raccordement des conducteurs externes doivent être aisément accessibles au cours de l'installation. Les vis et écrous de serrage ne doivent pas être utilisés pour la fixation d'un quelconque autre composant, bien qu'ils puissent maintenir les bornes à leur place ou les empêcher de tourner.

B.6.6 Exigences fonctionnelles

B.6.6.1 Généralités

Les exigences du présent paragraphe B.6.6 s'appliquent en plus de celles spécifiées en 6.6.

B.6.6.2 Exigences de précision

B.6.6.2.1 Classes de précision pour le courant alternatif de surveillance du TRD2 (TRD2-IAC) – Limites d'erreur relative (ε) et d'erreur de phase

Les limites de l'erreur sur l'amplitude et la phase (suivant le cas) à la fréquence assignée ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau B.11 pour la classe de précision spécifiée à la charge assignée. Un graphique des limites d'erreur est représenté à la Figure B.3.

Tableau B.11 – Limites d'erreur relative et d'erreur de phase pour le TRD2-IAC

Classe de précision	Erreur relative (suivant le cas)					Erreur de phase (suivant le cas)									
	$\pm\%$					$\pm\text{min}$					$\pm\text{Centiradians}$				
	au courant (fois le courant d'entrée assigné $I_{n\text{-low}}$)					au courant (fois le courant d'entrée assigné $I_{n\text{-low}}$)					au courant (fois le courant d'entrée assigné $I_{n\text{-low}}$)				
	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}	0,01	0,05	0,2	1,0	K_{max}
0,1	-	0,4	0,2	0,1	0,1	-	15	8	5	5	-	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	-	0,75	0,35	0,2	0,2	-	30	15	10	10	-	0,9	0,45	0,3	0,3
0,2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5	-	1,5	0,75	0,5	0,5	-	90	45	30	30	-	2,7	1,35	0,9	0,9
0,5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9
1	-	3,0	1,5	1,0	1,0	-	180	90	60	60	-	5,4	2,7	1,8	1,8
3			4,5	3,0	3,0										

L'erreur doit rester dans la classe de précision si la fréquence varie dans l'intervalle de 45 Hz à 55 Hz (pour une fréquence nominale de 50 Hz) ou de 55 Hz à 65 Hz (pour une fréquence nominale de 60 Hz). Pour les autres fréquences nominales, telles que 16,7 Hz ou 400 Hz, un intervalle entre -10% et $+10\%$ de la fréquence nominale doit être utilisé.

B.6.6.2.2 Classes de précision pour le courant continu de surveillance du TRD2

B.6.6.2.2.1 Généralités

L'erreur pour le composant en courant continu, à une charge supérieure ou égale à la charge assignée, ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau B.12, exprimées en pourcentage du courant mesuré. Un graphique des limites d'erreur est représenté à la Figure B.3.

La précision doit être garantie pour toute la plage de température, pour les deux polarités.

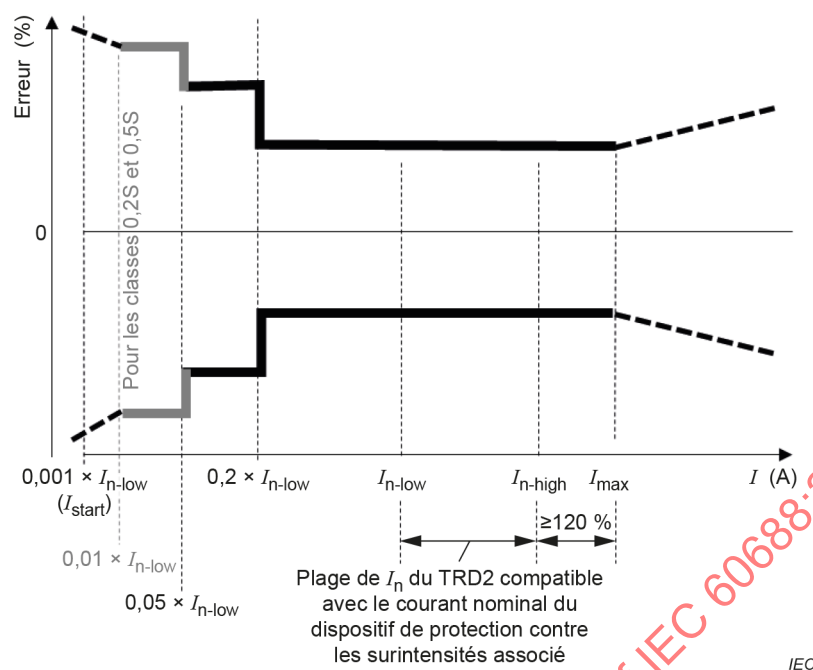
Tableau B.12 – Limites d'erreur pour le TRD2-IDC

Classe de précision	Erreur relative (suivant le cas) $\pm\%$			
	au courant (fois le courant d'entrée assigné I_{n-low})			
	0,05	0,2	1	K_{max}
0,05	0,5	0,13	0,05	0,05
0,1	1	0,25	0,1	0,1
0,2	2	0,5	0,2	0,2
0,5	3,5	1	0,5	0,5
1	5	2	1	1

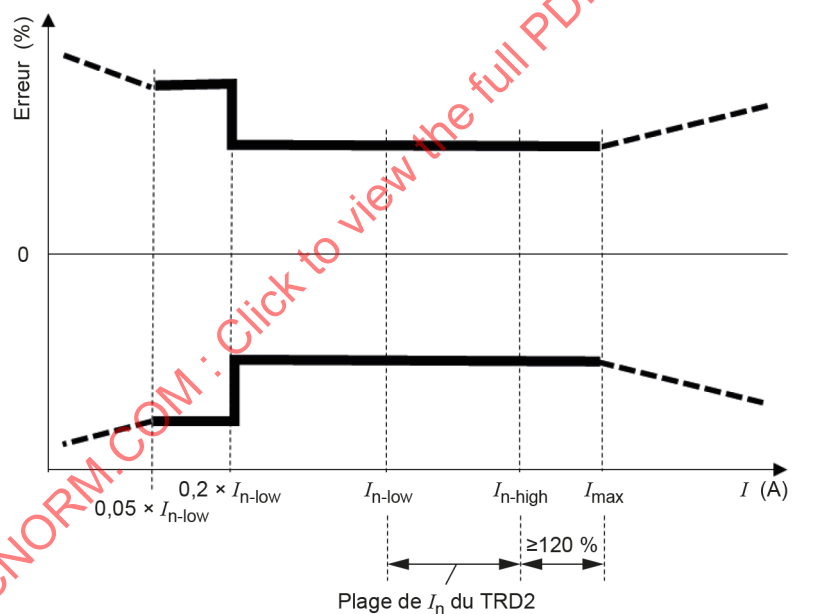
Pour un courant inférieur à 5 % du courant assigné, l'erreur absolue ε_A ne doit pas dépasser la valeur de 5 %.

NOTE L'objectif de B.6.6.2.2.1 est de prendre en considération une valeur minimale d'erreur due à la tension de décalage et au bruit.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60688:2024



a)



b)

Figure B.3 – Limites de précision d'un TRD2-IAC (a) et d'un TRD2-IDC (b)

B.6.6.2.2.2 Temps de réponse assigné à un échelon

Une valeur pour le temps de réponse assigné à un échelon T_{sr1} doit être spécifiée par le fabricant. Les valeurs normales pour le temps de réponse assigné à un échelon sont:

$$25 \mu s - 250 \mu s - 500 \mu s$$

Cependant, des valeurs inférieures sont admises pour le temps de réponse assigné à un échelon.

Si un traitement de signaux numériques est utilisé, un temps de retard assigné peut être fourni.

B.6.6.2.2.3 Largeur de bande de fréquences

Une fréquence de coupure et une variation d'amplitude associée doivent être spécifiées.

B.6.6.2.2.4 Amplitude maximale du courant d'entrée par rapport à la fréquence

Si le courant d'entrée assigné ne peut pas être maintenu sur la largeur de bande de fréquence spécifiée, une réduction doit être spécifiée.

B.6.6.2.2.5 Bruit

Une valeur efficace référencée à l'entrée et une bande de fréquences doivent être spécifiées. En variante, les valeurs de la densité spectrale de bruit doivent être spécifiées à des fréquences discrètes.

Des valeurs préférentielles sont à l'étude.

B.6.6.2.3 Classes de précision pour la tension alternative de surveillance du TRD2 – Limites d'erreur relative (ε) et d'erreur de phase

L'erreur relative de tension et le déphasage à la fréquence assignée ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau B.13 pour toute tension comprise entre 80 % et 120 % de la tension assignée.

Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du TRD2 et doivent inclure les effets de tous les fusibles ou résistances qui font partie intégrante du TRD2.

Tableau B.13 – Limites de l'erreur relative pour le TRD2-UAC

Classe de précision	Erreur relative (suivant le cas)			Erreur de phase (suivant le cas)					
	$\pm\%$			$\pm\text{min}$			$\pm\text{Centiradians}$		
	À la tension (fois la tension assignée)			À la tension (fois la tension assignée)			À la tension (fois la tension assignée)		
	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2
0,1	0,1	0,1	0,1	5	5	5	0,15	0,15	0,15
0,2	0,2	0,2	0,2	10	10	10	0,3	0,3	0,3
0,5	0,5	0,5	0,5	20	20	20	0,6	0,6	0,6
1,0	1,0	1,0	1,0	40	40	40	1,2	1,2	1,2
3,0	3,0	3,0	3,0	Non spécifiée			Non spécifiée		

B.6.6.2.4 Classes de précision pour la tension continue de surveillance du TRD2

L'erreur relative de tension ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau B.14.

Tableau B.14 – Limites de l'erreur relative pour le TRD2-UDC

Classe de précision	Erreur relative (suivant le cas)					
	$\pm\%$					
	à la tension (fois la tension assignée)					
	0,05	0,2	0,4	0,7	1,0	1,2
0,1	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
0,2	2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
0,5	3,5	1	0,4	0,4	0,4	0,4
1	5	2	1	1	1	1
3	10	5	3	3	3	3

B.6.6.2.5 Classes de précision pour le facteur de puissance de surveillance du TRD2 avec méthode arithmétique (TRD2-PFA)

Les classes de précision doivent être les mêmes que les classes de performance définies en 4.8.8 de l'IEC 61557-12:2018 pour le facteur de puissance, méthode arithmétique.

B.6.6.2.6 Classes de précision pour le facteur de puissance de surveillance du TRD2 avec méthode vectorielle (TRD2-PFV)

Les classes de précision doivent être les mêmes que les classes de performance définies en 4.8.8 de l'IEC 61557-12:2018 pour le facteur de puissance, méthode vectorielle.

B.6.6.2.7 Classes de précision pour la THD de la tension de surveillance du TRD2 (TRD2-THDU)

Les classes de précision doivent être les mêmes que les classes de performance définies en 4.8.14 de l'IEC 61557-12:2018 pour la THD de la tension.

B.6.6.2.8 Classes de précision pour la THD du courant de surveillance du TRD2 (TRD2-THDI)

Les classes de précision doivent être les mêmes que les classes de performance définies en 4.8.16 de l'IEC 61557-12:2018 pour la THD du courant.

B.6.6.2.9 Influence de la température sur la précision

B.6.6.2.9.1 Influence de la température sur la précision de la mesure du courant

La précision du TRD2 doit rester dans les limites de précision spécifiées dans le Tableau B.4 sur leur plage de température ambiante de fonctionnement.

B.6.6.2.9.2 Influence de la température sur la précision de la mesure de la tension

La précision du TRD2 doit rester dans les limites de précision spécifiées dans le Tableau B.4 sur leur plage de température ambiante de fonctionnement.

B.6.6.2.10 Classe de précision pour le TRD2 à rapport sélectionnable avec des prises sur la sortie

Pour toutes les classes de précision, les exigences de précision se réfèrent au rapport de transformation le plus élevé, sauf indication contraire du fabricant.

Le fabricant doit donner des informations sur les performances de précision à des rapports inférieurs.

B.6.6.2.11 Exigences relatives à la précision des champs électriques et magnétiques

La précision par rapport aux champs électriques et magnétiques induits par d'autres conducteurs doit être soumise à essai comme spécifié en B.7.6.1.8.

B.6.6.2.12 Exigences relatives à l'influence de la position du conducteur primaire sur la précision

Le présent paragraphe B.6.6.2.12 s'applique au TRD2 de mesure de courant.

La classe de précision peut être déclarée avec une extension qui définit le degré de sensibilité à la position du conducteur primaire. Cette extension est basée sur une lettre suivie d'un nombre conformément au Tableau B.15.

Si l'extension de classe de précision est déclarée, elle doit être soumise à essai. Dans le cas contraire, l'équipement est considéré comme étant A1 ou A- s'il est doté de moyens d'autocentrage (ou d'autoalignement).

Tableau B.15 – Limites pour la position du conducteur primaire par rapport à l'équipement

Extension de la désignation de classe de précision	Facteur de position max. (P_f) jusqu'auquel la classe de précision est garantie	Angle max. jusqu'auquel la classe de précision est garantie
A1	0	0
A2	0,5	15°
A3	1	45°
A-	Non applicable	A-
L'extension de classe A- s'applique aux TRD autocentrants (ou autoalignants).		

Le facteur de position (P_f) est défini par la formule suivante:

$$P_f = (dM - dm) / (dM + dm)$$

où

dm est la distance minimale entre le conducteur primaire et la fenêtre de l'équipement;

dM est la distance maximale entre le conducteur primaire et la fenêtre de l'équipement.

Ces deux distances sont définies pour tout angle entre l'axe de l'équipement et l'axe du conducteur primaire (voir Figure B.4). La Figure B.5 représente trois exemples de position du conducteur primaire.

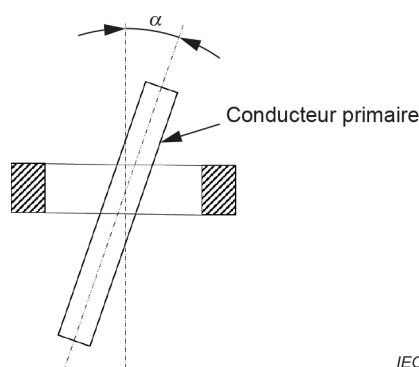


Figure B.4 – Définition de l'angle entre le conducteur primaire et l'équipement

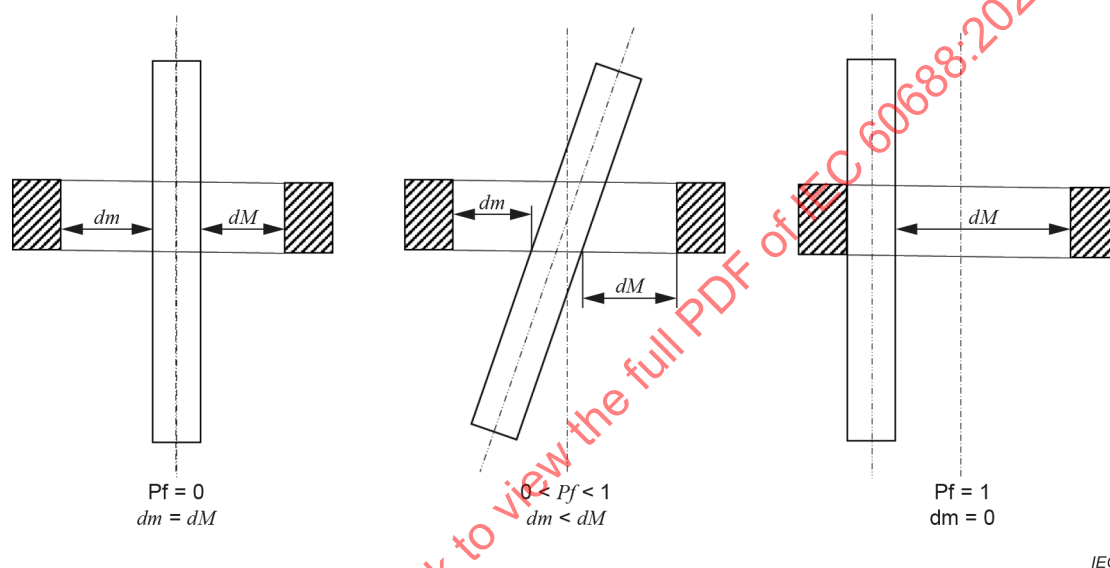


Figure B.5 – Définition de la position du conducteur primaire en fonction du facteur de position

Exemple de classe de précision déclarée associée à l'extension "Ax":

- classe 0,5-A1: équipement de classe 0,5 garantie avec conducteur primaire centré;
- classe 0,5-A3: équipement de classe 0,5 garantie avec un conducteur primaire en contact avec la fenêtre intérieure.

Un même équipement peut avoir la classe de précision 0,2-A2 ou 0,5-A3.

La conformité est vérifiée selon B.7.6.1.9.

B.6.6.3 Recommandations antirepliement

Des lignes directrices peuvent être consultées à l'Annexe D pour les transducteurs de mesure numérique.

B.6.6.4 Exigences pour le mesurage des harmoniques

Si le mesurage des harmoniques ou des basses fréquences est déclaré par le fabricant, l'Annexe E s'applique.

B.6.6.5 Exigences relatives aux courants de courte durée

Les caractéristiques assignées spécifiées doivent être confirmées par un essai spécifié en B.7.8.

B.6.6.6 Exigences en matière de surtension entre spires

Pour les TRD2 inductifs avec sorties en mA, la tension de tenue assignée pour l'isolation entre spires des circuits de sortie doit être de 2 kV crête selon un essai spécifié en B.7.9.

B.6.6.7 Exigences en matière d'interface

B.6.6.7.1 Exigences en matière d'interface d'entrée

Les bornes d'entrée, s'il y en a, doivent être sûres et fiables. Les bornes à vis ou sans vis sont permises.

B.6.6.7.2 Exigences en matière d'interface de sortie

Les bornes de sortie, s'il y en a, doivent être sûres et fiables.

Pour la connexion des bornes de sortie, l'une des quatre options suivantes est possible:

- fil intégral avec fils volants, à condition que le marquage soit conforme à B.6.7.3.4;
- borne pour fils (par exemple bornes à ressort, bornes à vis ou sans vis, bornier, etc.);
- un connecteur RJ45 tel que décrit dans le Tableau B.16 peut être utilisé pour les courtes distances (< 10 m);
- un connecteur spécial, selon les spécifications du fabricant.

Tableau B.16 – Brochage d'un connecteur RJ45

Broche:	1	2	3	4	5	6	7	8
Fonction:	S1	S2	T1+	V+	V-	T2-	a	n
S1, S2	Bornes de sortie du transducteur, pour les transducteurs émettant un signal de sortie en courant							
a, n	Bornes de sortie de transducteur, pour les transducteurs émettant un signal de sortie en tension							
T1+, T2-	Réservé pour une utilisation future de la connexion TEDS (transducer electronic data sheet, fiche technique électronique du transducteur, ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010). Le niveau de tension fourni au transducteur ne doit pas dépasser 5 V en courant continu.							
V+, V-	Alimentation							
Le cordon RJ45 peut être blindé ou non selon la longueur du cordon.								

B.6.7 Exigences en matière de marquage

B.6.7.1 Marquages de sécurité

Le marquage et les instructions d'utilisation doivent être conformes à l'IEC 61010-1:2010 et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, sauf indication contraire du fabricant.

B.6.7.2 Marquages généraux

En plus des marquages de sécurité, tous les transducteurs doivent porter au moins les marquages suivants:

- a) le nom ou la marque du fabricant ou du fournisseur;
- b) un numéro de modèle, un nom ou tout autre moyen d'identifier l'équipement;
- c) la ou les fréquences assignées ou la plage de fréquence assignée déclarée;
- d) la tension la plus élevée de l'équipement;
- e) la classe de précision;
- f) les autres caractéristiques assignées définies à l'Article B.5:
 - caractéristiques assignées des entrées,
 - caractéristiques assignées des sorties.

S'il n'y a pas assez de place sur le TRD2 pour écrire tous les marquages exigés, les points a), b) et f) doivent être présents sur le produit en plus du symbole 14 du Tableau 1 de l'IEC 61010-1:2010, sauf indication contraire du fabricant. Les autres points doivent être indiqués dans la documentation.

B.6.7.3 Marquages des bornes

B.6.7.3.1 Généralités

Les marquages des bornes doivent identifier, suivant le cas:

- les bornes d'entrée et de sortie;
- les polarités relatives, s'il y en a;
- les prises intermédiaires, s'il y en a; et
- les bornes destinées à d'autres usages, par exemple l'alimentation électrique auxiliaire, la mise à la terre, les entrées, les sorties, les accès de communication.

B.6.7.3.2 Marquages à utiliser

Tous les TRD2 doivent être conformes aux exigences fournies à l'Annexe F.

B.6.7.3.3 Indication des polarités relatives

Pour le courant de surveillance du TRD2, toutes les bornes marquées P1, S1 et C1 doivent avoir la même polarité au même moment. Voir Annexe F pour en savoir plus.

Pour la tension de surveillance du TRD2, les bornes portant les marquages majuscules et minuscules correspondants doivent avoir la même polarité au même moment.

B.6.7.3.4 Méthode de marquage

Les bornes doivent être marquées de manière claire et indélébile, soit sur leur surface, soit à proximité immédiate (ou par d'autres moyens).

Le marquage doit être constitué de lettres (en majuscules) suivies de chiffres (ou précédées de chiffres lorsque nécessaire, par exemple pour 2 circuits de sortie), ou d'une flèche pointant de P1 vers P2.

Si possible, les bornes de sortie doivent être identifiées de manière claire et indélébile, soit sur la surface du transducteur, soit, dans le cas d'un câble intégré avec connecteur, à proximité immédiate du connecteur. Si cela n'est pas possible, le fabricant doit fournir en tout cas les informations pertinentes dans la documentation relative au produit.

B.6.8 Exigences en matière de documentation

B.6.8.1 Généralités

Le fabricant doit mettre à la disposition de l'acheteur la documentation technique nécessaire pour l'installation, l'utilisation et la maintenance du TRD2.

Les informations suivantes doivent être soit marquées sur le transducteur, soit spécifiées dans la documentation:

- généralités:
 - type de transducteur (TRD2);
- sécurité:
 - instructions de sécurité (voir IEC 61010-1:2010, 5.4, IEC 61010-1:2010/AMD1:2016, 5.4, et B.6.2 du présent document);
 - classe de sécurité: classe F ou classe D;
 - catégorie de surtension;
 - catégorie de mesure pour la classe F;
- CEM:
 - classes d'émission CEM A ou B;
 - informations spectrales sur le bruit pour les transducteurs spécifiques;
- caractéristiques mécaniques:
 - masse en kg (si > 25 kg);
 - dimensions;
- installation et élimination:
 - identification des connexions et code de couleur, ou les deux, en cas de connexion par fils volants;
 - instructions pour le transport et le stockage;
 - instructions de montage, d'installation, de connexion et de maintenance;
 - instructions pour le démontage et l'élimination;
 - limites d'utilisation de l'environnement et mesures d'atténuation:
 - utilisation intérieure ou extérieure;
 - installation à l'intérieur d'armoires (ou de panneaux ou de cabines) avec ou sans moyens de verrouillage;
 - type de traversée ou autres moyens d'isolation supplémentaire;
- ingénierie:
 - caractéristiques assignées générales:
 - classe de précision;
 - classe de température assignée;
 - classe d'humidité assignée;
 - classe d'alimentation électrique auxiliaire assignée, le cas échéant;
 - caractéristiques assignées des entrées:
 - fréquence assignée (f_r);
 - tension d'entrée assignée (U_{pr});

- caractéristiques assignées supplémentaires pour le courant de surveillance du TRD2:
 - courant primaire assigné (I_{n-low});
 - courant d'entrée étendu assigné (I_{n-high});
 - courant thermique continu assigné (I_{cth});
 - courant assigné thermique de courte durée (I_{th});
 - courant dynamique assigné (I_{dyn});
 - facteur de crête;
- caractéristiques assignées des sorties:
 - pour un TRD2 délivrant une sortie de courant: courant secondaire assigné (I_{sr});
 - pour un TRD2 délivrant une sortie de tension: tension secondaire assignée (U_{sr});
 - pour un TRD2 délivrant une sortie en fréquence: fréquence secondaire assignée (f_{sr});
 - charge assignée.

B.6.8.2 Informations pour la sélection des TRD2

Afin de faciliter la sélection des transducteurs compatibles avec l'interface de l'équipement de mesure, un code d'interface, tel que spécifié à l'Annexe C, doit être documenté par les fabricants.

B.7 Essais de type du TRD2

B.7.1 Généralités

B.7.1.1 Sélection de l'éprouvette d'essai

Tous les essais de type doivent être effectués sur un ensemble d'éprouvettes identiques.

Un essai de type peut également être considéré comme valide s'il est effectué sur un TRD2 qui présente des écarts de construction mineurs par rapport au TRD2 à l'étude, s'il peut être prouvé que ces écarts n'ont pas d'impact sur le résultat de l'essai, en raison de leur conception.

Tous les essais de type doivent être effectués à une température ambiante comprise entre 15 °C et 35 °C.

Les essais de type de précision doivent être réalisés à une température ambiante de 23 °C ± 2 °C.

B.7.1.2 Séquence d'essais

Sauf spécification contraire du fabricant, aucune séquence d'essais spécifique n'est demandée.

B.7.2 Essais de sécurité

Tous les articles pertinents relatifs aux essais de sécurité de l'IEC 61010:2010 et l'IEC 61010-1:2010/AMD1:2016 s'appliquent.

Pour les essais d'isolement de la classe D du TRD2, l'IEC 60664-1:2020 s'applique.

Voir également les essais mécaniques supplémentaires des bornes d'entrée en B.7.5.1.4.

B.7.3 Essais CEM

B.7.3.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés selon l'IEC 61326-1:2020.

Les mesurages doivent être effectués en mode de fonctionnement conformément au plan d'essai CEM (dispositions, y compris le câblage, représentatif des conditions normales d'installation, etc.).

B.7.3.2 Essais d'immunité

Les essais doivent être effectués selon les exigences spécifiées en B.6.3 avec les ajouts suivants:

- l'équipement de sortie et l'alimentation électrique auxiliaire, le cas échéant, ne doivent pas être soumis à la contrainte d'essai;
- pendant les essais d'immunité, la longueur des connexions de câbles entre l'équipement à l'essai et l'équipement de sortie utilisé comme équipement d'essai auxiliaire doit être la plus grande possible selon les spécifications du fabricant;
- le TRD2 doit être soumis, pendant l'essai, au signal d'entrée nominal pour lequel il est évalué. Toutefois, pour faciliter les essais, dans le cas du courant de surveillance du TRD2, il est permis de réduire la valeur du courant d'entrée à 10 % de la valeur assignée ou 100 A, selon la valeur la plus faible;
- les essais sont réalisés accès par accès, comme détaillé dans le Tableau 2;
- le TRD2 doit être en conditions de fonctionnement.

B.7.3.3 Essais d'émission

Les essais doivent être effectués selon les exigences spécifiées en B.6.3 avec les ajouts suivants:

- la description des essais, les méthodes d'essai et les montages d'essai sont donnés à l'Article 7 de l'IEC 61326-1:2020;
- les mesurages doivent être effectués en conditions de fonctionnement conformément au plan d'essai CEM (dispositions, y compris le câblage, représentatif des conditions normales d'installation).

Le TRD2 doit être soumis à essai dans les conditions de fonctionnement décrites ci-dessous:

- le courant primaire assigné, tiré par une charge linéaire, doit être appliqué;
- la charge assignée doit être raccordée;
- la longueur de câble secondaire de 1 m doit être utilisée; le type de câble doit être celui spécifié dans les instructions d'installation. Des longueurs de câble secondaires supérieures à 1 m doivent être placées à l'extérieur de la zone de mesurage ou en dessous du plan de masse de référence;
- si un TRD2 est destiné à être utilisé avec un dispositif d'alimentation externe, ce dispositif d'alimentation doit être placé à l'extérieur de la zone de mesurage ou en dessous du plan de masse de référence.

Toutefois, pour faciliter les essais, dans le cas du courant de surveillance du TRD2, il est permis de réduire la valeur du courant d'entrée primaire à 10 % de la valeur assignée ou 100 A, selon la valeur la plus faible.

B.7.4 Essais climatiques

B.7.4.1 Essais de température

S'il peut être prouvé par la pratique technique que la température n'a pas d'impact significatif sur le résultat de l'essai, cet essai peut être omis.

Les essais de température sont spécifiés dans le Tableau B.17.

Tableau B.17 – Essais de température

Essai climatique, en fonctionnement	Norme et niveau	Exigences d'essai	Critère de performance	Limites de température en fonction de l'environnement				
				K40	K45	K55	K70	Ks
Froid	IEC 60068-2-1 Essai Ad	24 h	a	-5 °C	-10 °C	-5 °C	-25 °C	SPF ^c
Chaleur sèche	IEC 60068-2-2 Essai Bd	24 h	a	+40 °C	+45 °C	+55 °C	+70 °C	SPF ^c
Chaleur humide	IEC 60068-2-78 Essai Cab	HR 95 %, 4 jours	a	+40 °C	+40 °C	+40 °C	+40 °C	SPF ^c
Variations de température avec une vitesse de variation spécifiée	IEC 60068-2-14 Essai Nb	0 °C à la température maximale, 1 °C/min, t1 = 2 h, 5 cycles (sans condensation)	a	+40 °C	+45 °C	+55 °C	+70 °C	SPF ^c
Essai climatique, hors tension ^b	Norme et niveau	Exigences d'essai	Critère de performance	Limites de température en fonction de l'environnement				
				K40	K45	K55	K70	Ks
Froid	IEC 60068-2-1 Essai Ab	24 h	b	-25 °C	-25 °C	-25 °C	-40 °C	SPF ^c
Chaleur sèche	IEC 60068-2-1 Essai Ab	24 h	b	+55 °C	+55 °C	+55 °C	+70 °C	SPF ^c
Variations de température avec une vitesse de variation spécifiée	IEC 60068-2-14 Essai Nb	0 °C à la température maximale, 1 °C/min, t1 = 2 h, 5 cycles (sans condensation)	b	+55 °C	+55 °C	+55 °C	+70 °C	SPF ^c
^a Les fonctions du produit doivent rester dans leurs spécifications pendant l'essai. ^b Pour les essais avec un équipement hors tension, les fonctions du produit doivent rester dans leurs spécifications une fois l'équipement mis sous tension après l'essai. ^c SPF signifie "spécifié par le fabricant". NOTE Les recommandations pour la température ambiante peuvent être consultées dans l'IEC 60068-1:2013.								

B.7.4.2 Essais de corrosion

Pour un TRD2 déclaré pour une utilisation extérieure, les exigences relatives à la corrosion doivent être vérifiées par un essai au brouillard salin conformément à:

- l'IEC 60068-2-11 (essai Ka) avec une durée de 48 h (2 jours) ou 96 h (4 jours); ou
- l'IEC 60068-2-52:2017 (essai Kb), avec la méthode d'essai 2 spécifiée en 9.4.3 (méthode d'essai 2).