

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Instrument transformers –

Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers

Transformateurs de mesure –

Partie 6: Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Instrument transformers –

Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers

Transformateurs de mesure –

Partie 6: Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-4534-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	10
2 Normative reference	10
3 Terms and definitions	13
3.1 General terms and definitions	13
3.2 Terms and definitions related to dielectric ratings and voltages	17
3.3 Terms and definitions related to current ratings	17
3.4 Terms and definitions related to accuracy	21
3.5 Terms and definitions related to other ratings	26
3.7 Index of abbreviations and symbols	26
4 Normal and special service conditions	28
4.2 Normal service conditions	28
4.2.3 Vibrations or earth tremors	28
4.2.601 Partially outdoor LPIT	28
5 Ratings.....	28
5.3 Rated insulation levels and voltages	28
5.3.5 Insulation requirements for secondary terminals	28
5.3.601 Rated auxiliary power supply voltage (U_{ar})	28
5.4 Rated frequency	29
5.5 Rated output	29
5.5.601 Rated burden (R_{br})	29
5.5.602 Standard values for the rated delay time (t_{dr})	29
5.6 Rated accuracy class	30
6 Design and construction	30
6.7 Mechanical requirements	30
6.11 Electromagnetic compatibility (EMC).....	30
6.11.3 Requirements for immunity	30
6.11.4 Requirement for transmitted overvoltages.....	32
6.11.601 Emission requirements	32
6.13 Markings.....	33
6.601 Requirements for optical transmitting system and optical output link	33
6.601.1 General	33
6.601.2 Optical connectors.....	33
6.601.3 Fibre optic terminal box	33
6.601.4 Total cable length	33
6.602 Requirements for electrical transmitting system and electrical wires for output link	33
6.602.1 Connectors	33
6.602.2 Earthing of the output cable	34
6.603 Signal-to-noise ratio.....	34
6.604 Failure detection and maintenance announcement.....	35
6.605 Operability	35
6.606 Reliability and dependability	35
6.607 Vibrations	35
7 Tests	36
7.1 General.....	36

7.1.2	List of tests	36
7.2	Type tests	37
7.2.1	General	37
7.2.2	Temperature-rise test	37
7.2.3	Impulse voltage withstand test on primary terminals	37
7.2.5	Electromagnetic compatibility (EMC) tests	37
7.2.6	Test for accuracy	41
7.2.601	Low-voltage component voltage withstand test	43
7.3	Routine tests	44
7.3.1	Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals	44
7.3.4	Power-frequency voltage withstand tests on secondary terminals	45
7.3.5	Test for accuracy	45
7.3.601	Power-frequency voltage withstand test for low-voltage components	45
7.4	Special tests	45
7.4.601	Vibration tests	45
601	Information to be given with enquiries, tenders and orders	46
601.1	Designation	46
601.2	Dependability	46
Annex 6A (normative)	LPIT frequency response and accuracy requirements for harmonics	47
6A.1	General	47
6A.2	Requirements for noise and distortion	47
6A.3	Anti-aliasing filter requirements for LPIT using digital data processing	47
6A.4	LPIT accuracy requirements for harmonics and low frequencies	49
6A.4.1	General	49
6A.4.2	Measuring accuracy classes	49
6A.4.3	Accuracy class extension for quality metering and low bandwidth d.c. applications	50
6A.4.4	Protective accuracy classes	51
6A.4.5	Special high bandwidth protection accuracy class	51
6A.4.6	Special accuracy classes for d.c. coupled low-power voltage transformers	52
6A.5	Tests for accuracy versus harmonics and low frequencies	52
6A.6	Test arrangement and test circuit	53
6A.6.1	Test for accuracy for harmonics and low frequencies	53
6A.6.2	Type test for proper anti-aliasing	53
Annex 6B (informative)	Transient performances of low-power current transformers	55
6B.1	General	55
6B.2	Short-circuit currents in power systems	55
6B.3	Conventional current transformer equivalent circuit	58
6B.4	Types of current transformers	60
6B.4.1	Types of conventional CTs	60
6B.4.2	Types of low-power current transformers	61
6B.5	Transient performance of current transformers	62
6B.5.1	Transient performance of conventional current transformers	62
6B.5.2	Transient performance of low-power current transformers	63
6B.6	Summary	64
Annex 6C (informative)	Transient performances of low-power voltage transformers	65
6C.1	Overview	65

6C.2	General.....	65
6C.2.1	Defining primary and secondary voltages.....	65
6C.2.2	Normal service conditions of the network.....	65
6C.2.3	Abnormal service conditions of the network	66
6C.2.4	Rated secondary voltages	66
6C.2.5	Steady-state conditions	66
6C.3	Transient conditions.....	66
6C.3.1	Theoretical considerations.....	66
6C.3.2	Definition of transient error	73
6C.3.3	Test of transient performance	73
Annex 6D	(informative) Test circuits	78
6D.1	Test circuits for accuracy measurements in steady state for low-power current transformers	78
6D.2	Test circuits for accuracy measurements in steady state for low-power voltage transformers	81
Annex 6E	(informative) Graph explaining the accuracy requirements for multi-purpose low-power current transformer	84
Bibliography		85
Figure 601	– General block diagram of a single-phase LPIT	10
Figure 602	– Primary time constant T_p	19
Figure 603	– Duty cycles, single energization	20
Figure 604	– Duty cycles, double energization	21
Figure 605	– Examples of subassembly subjected to EMC tests – Usual structure used in HV AIS applications	38
Figure 606	– Examples of subassembly subjected to EMC tests – Usual structure used in MV applications	39
Figure 607	– Examples of subassembly subjected to EMC tests – Usual structure used in HV GIS applications	39
Figure 608	– Temperature cycle accuracy test	42
Figure 6A.1	– Digital data acquisition system example.....	48
Figure 6A.2	– Frequency response mask for metering accuracy class 1 ($f_r = 60$ Hz, $f_s =$ 4 800 Hz).....	49
Figure 6B.1	– Illustration of a fault in a power system	56
Figure 6B.2	– Short-circuit current a.c. and d.c. components	56
Figure 6B.3	– Symmetric fault current	57
Figure 6B.4	– Asymmetric fault current	57
Figure 6B.5	– Equivalent electrical circuit of a conventional CT	58
Figure 6B.6	– Flux-current characteristic for a conventional CT without remanence representation.....	59
Figure 6B.7	– Representation of hysteresis and remanent flux for a conventional CT.....	60
Figure 6B.8	– Comparison of flux-current characteristics for gapped and gapless CTs.....	62
Figure 6B.9	– Secondary current distorted due to the CT saturation.....	63
Figure 6B.10	– AC component for non-saturated and saturated CT.....	63
Figure 6C.1	– Schematic diagram explaining the trapped charge phenomena	69
Figure 6C.2	– Voltages during trapped charges phenomena	70
Figure 6C.3	– Modelization example of a simplified low-power voltage transformer.....	72

Figure 6C.4 – Testing arrangement for short time constant	76
Figure 6C.5 – Testing arrangement for long time constant	77
Figure 6C.6 – Typical waveform of $e(t)$ during test	77
Figure 6D.1 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state	78
Figure 6D.2 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state (alternative solution)	79
Figure 6D.3 – Test circuit for digital accuracy measurements in steady state	80
Figure 6D.4 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state	81
Figure 6D.5 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state (alternative solution)	82
Figure 6D.6 – Test circuit for digital accuracy measurements in steady state	83
Figure 6E.1 – Accuracy limits of a multi-purpose low-power current transformer	84
Table 601 – Secondary terminal and low voltage component withstand capability	28
Table 602 – Immunity requirements and tests	30
Table 603 – Connectors	34
Table 10 – List of tests	36
Table 6A.1 – Anti-aliasing filter	48
Table 6A.2 – Measuring accuracy classes	50
Table 6A.3 – Accuracy classes extension for quality metering and low bandwidth d.c. applications	50
Table 6A.4 – Accuracy classes extension for high bandwidth d.c. applications	51
Table 6A.5 – Protective accuracy classes	51
Table 6A.6 – Accuracy classes for special high bandwidth protection	52
Table 6A.7 – Accuracy classes for special d.c. coupled low-power voltage transformers	52
Table 6A.8 – Accuracy classes for harmonics	53
Table 6B.1 – Protective CTs	61
Table 6C.1 – Primary short circuit	71
Table 6C.2 – Trapped charges	71
Table 6C.3 – Limits of instantaneous voltage error for protective electronic voltage transformers in case of trapped charges reclose	71

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers

FOREWORD

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

International Standard IEC 61869-6 has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

This first edition of IEC 61869-6 cancels and replaces the relevant parts of IEC 60044-7, published in 1999, and of IEC 60044-8, published in 2002¹.

This bilingual version (2017-07) corresponds to the English version, published in 2016-04.

¹ IEC 60044-7 and IEC 60044-8 will eventually be replaced by the IEC 61869 series, but until all the relevant parts will be published, these two standards are still in force.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
38/501/FDIS	38/507/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts in the IEC 61869 series, published under the general title *Instrument transformers*, can be found on the IEC website.

This Part 6 is to be read in conjunction with, and is based on, IEC 61869-1:2007, *General Requirements* – however, the reader is encouraged to use its most recent edition.

This Part 6 follows the structure of IEC 61869-1:2007 and supplements or modifies its corresponding clauses.

When a particular clause/subclause of Part 1 is not mentioned in this Part 6, that clause/subclause applies. When this standard states “addition”, “modification” or “replacement”, the relevant text in Part 1 is to be adapted accordingly.

For additional clauses, subclauses, figures, tables, annexes or notes, the following numbering system is used:

- clauses, subclauses, tables, figures and notes that are numbered starting from 601 are additional to those in Part 1;
- additional annexes are lettered 6A, 6B, etc.

An overview of the planned set of standards at the date of publication of this document is given below. The updated list of standards issued by IEC TC 38 is available at the website: www.iec.ch.

PRODUCT FAMILY STANDARDS		PRODUCT STANDARD IEC	PRODUCTS	OLD STANDARD IEC
IEC 61869-1 GENERAL REQUIREMENTS FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS		61869-2	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS	60044-1 60044-6
		61869-3	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR INDUCTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-2
		61869-4	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED TRANSFORMERS	60044-3
		61869-5	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITOR VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-5
	IEC 61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER INSTRUMENT TRANSFORMERS	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
		61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS	60044-8
		61869-9	DIGITAL INTERFACE FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS	
		61869-10	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER PASSIVE CURRENT TRANSFORMERS	
		61869-11	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER PASSIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
		61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED PASSIVE TRANSFORMERS	
		61869-13	STAND ALONE MERGING UNIT	
		61869-14	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS FOR DC APPLICATIONS	
		61869-15	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR DC VOLTAGE TRANSFORMERS FOR DC APPLICATIONS	

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers

1 Scope

This part of IEC 61869 is a product family standard and covers only additional general requirements for low-power instrument transformers (LPIT) used for a.c. applications having rated frequencies from 15 Hz to 100 Hz covering MV, HV and EHV or used for d.c. applications. This product standard is based on IEC 61869-1:2007, in addition to the relevant product specific standard.

This part of IEC 61869 does not cover the specification for the digital output format of instrument transformers.

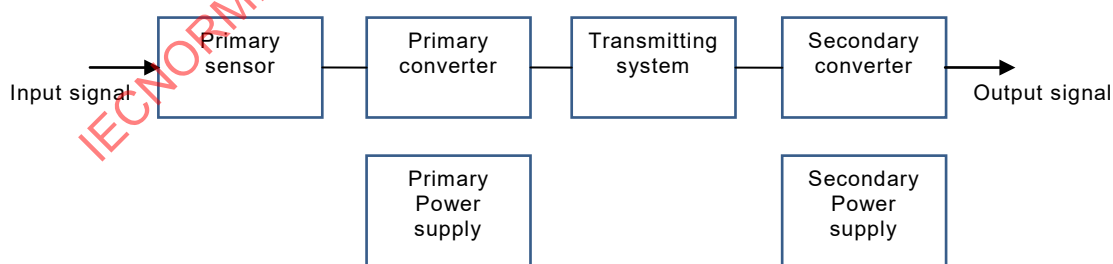
This part of IEC 61869 defines the errors in case of analogue or digital output. The other characteristics of the digital interface for instrument transformers are standardised in IEC 61869-9 as an application of the standards, the IEC 61850 series, which details layered substation communication architecture.

This part of IEC 61869 considers additional requirements concerning bandwidth. The accuracy requirements on harmonics and requirements for the anti-aliasing filter are given in the normative Annex 6A.4.

The general block diagram of single-phase LPITs is given in Figure 601.

According to the technology, it is not absolutely necessary that all parts described in Figure 601 are included in the instrument transformer.

As an example, for low-power passive transformers (LPITs without active electronic components) the blocks are composed only with passive components and there is no power supply.



IEC

Figure 601 – General block diagram of a single-phase LPIT

2 Normative reference

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

Clause 2 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following additions:

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60255-27:2013, *Measuring relays and protection equipment – Part 27: Product safety requirements*

IEC 60603-7-1:2011, *Connectors for electronic equipment – Part 7-1: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors*

IEC 60794-2:2002, *Optical fibre cables – Part 2: Indoor cables – Sectional specification*

IEC 60794-3:2014, *Optical fibre cables – Part 3: Outdoor cables – Sectional specification*

IEC 60812:2006, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 61000-4-1:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007
IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-7:2002, *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 61000-4-7:2002/AMD1:2008

IEC 61000-4-8:2009, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-9:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Section 9: Pulse magnetic field immunity test*
IEC 61000-4-9:1993/AMD1:2000

IEC 61000-4-10:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Section 10: Damped oscillatory magnetic field immunity test. Basic EMC Publication*
IEC 61000-4-10:1993/AMD1:2000

IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*
IEC 61000-4-13:2002/AMD1:2009

IEC 61000-4-16:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*
IEC 61000-4-16:1998/AMD1:2001
IEC 61000-4-16:1998/AMD2:2009

IEC 61000-4-18:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test*
IEC 61000-4-18:2006/AMD1:2010

IEC 61000-4-29:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests*

IEC 61025:2006, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61076-2-101:2012, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 2-101: Circular connectors – Detail specification for M12 connectors with screw-locking*

IEC TS 61850-2:2003, *Communication networks and systems in substations – Part 2: Glossary*

IEC 61850-7-4:2010, *Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes*

IEC 61869-1:2007, *Instrument transformers – Part 1: General requirements*

IEC 61869-2:2012, *Instrument transformers – Part 2: Additional requirements for current transformers*

IEC 61869-3:2011, *Instrument transformers – Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers*

IEC TR 61869-103:2012, *Instrument transformers – Part 103: The use of instrument transformers for power quality measurement*

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating current circuit-breakers*
IEC 62271-100:2008/AMD1:2012

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

ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010, *Information technology – Smart transducer interface for sensors and actuators – Part 4: Mixed-mode communication protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) formats*

EN 50160:2010, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions in IEC 61869-1:2007 apply, with the following modifications and additions.

3.1 General terms and definitions

3.1.601

low-power instrument transformer

LPIT

arrangement, consisting of one or more current or voltage transformer(s) which may be connected to transmitting systems and secondary converters, all intended to transmit a low-power analogue or digital output signal to measuring instruments, meters and protective or control devices or similar apparatus

EXAMPLE An arrangement consisting of three current sensors, three voltage sensors connected to one merging unit delivering one digital output is considered an LPIT.

Note 1 to entry: LPITs are commonly called non-conventional instrument transformers (NCIT).

Note 2 to entry: The output power produced by these devices is typically lower or equal to 1 VA.

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

3.1.602

low-power current transformer

LPCT

low-power instrument transformer for current measurement

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.603

low-power voltage transformer

LPVT

low-power instrument transformer for voltage measurement

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.604

measuring LPIT

LPIT intended to transmit an output signal to measuring instruments and meters

3.1.605

protective LPIT

LPIT intended to transmit an output signal to protective and control devices

3.1.606

multipurpose LPIT

LPIT intended for both measurement and protection applications

3.1.607

electronic LPIT

LPIT that includes active components

3.1.608

passive LPIT

LPIT that includes only passive components

3.1.609

input signal

signal corresponding to the current or to the voltage applied between the primary terminals of the LPIT

3.1.610

primary sensor

electrical, optical or other device intended to provide information about the input signal in order to transmit it to the secondary converter, either directly or by means of a primary converter

3.1.611

primary converter

electrical, optical or other arrangement that converts the signal coming from one or more primary sensors into a signal suitable for the transmitting system

3.1.612

primary power supply

auxiliary power supply to the primary converter and/or primary sensor

Note 1 to entry: Can be combined with secondary power supply (see 3.1.620)

3.1.613

transmitting system

short- or long-distance coupling arrangement between primary and secondary parts intended to transmit the signal

Note 1 to entry: Depending on the technology used, the transmitting system can also be used for power transmission.

3.1.614

secondary converter

arrangement that converts the signal transmitted through the transmitting system into a signal proportional to the input signal, to supply measuring instruments, meters and protective or control devices

Note 1 to entry: For analogue output, the secondary converter directly supplies measuring instruments, meters and protective or control devices. For digital output, the secondary converter is connected to a merging unit before supplying the secondary equipment.

3.1.615

logical device merging unit

logical device (in the meaning of IEC 61850-7-4) to do the time-coherent combination of logical nodes current transformer (TCTR) and/or logical nodes voltage transformer (TVTR) for building a standard digital output

3.1.616

merging unit

MU

physical device (IED according to IEC 61850-2) in which a logical device merging unit is implemented

Note 1 to entry: The merging unit can be part of one of the instrument transformers in the field or may be a separate unit, for example, in the control room.

Note 2 to entry: The inputs of the merging unit may be proprietary or standardized.

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

3.1.617**stand-alone merging unit****SAMU**

merging unit with standardized inputs (analogue or digital)

EXAMPLE 1 SAMU can be used with instrument transformers for retrofit purposes.

EXAMPLE 2 Digital input of the stand-alone merging unit could be specified according to former IEC 60044-8 digital output or according to IEC 61869-9. This possibility ensures the backward compatibility between IEC 60044-8 and the new IEC 61869 series.

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.618**merging unit clock input**

electrical or optical input of the merging unit that can be used to synchronize several merging units if required

3.1.619**merging unit power supply**

auxiliary power supply of the merging unit

Note 1 to entry: A merging unit power supply can be combined with the secondary power supply (see 3.1.620).

3.1.620**secondary power supply**

auxiliary power supply of the secondary converter

Note 1 to entry: A secondary power supply can be combined with primary power supply (see 3.1.612) or a power supply of other instrument transformers.

3.1.621**output signal**

analogue or digital signal at the secondary terminals

Note 1 to entry: In an electrical steady-state condition, the output signal is defined by the following equation:

a) For an analogue output:

$$y_s(t) = Y_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_s) + Y_{sdc} + y_{s\text{res}}(t)$$

where

Y_s is the r.m.s. value of secondary converter output, when $Y_{sdc} + y_{s\text{res}}(t) = 0$;

f is the fundamental frequency;

φ_s is the secondary phase;

Y_{sdc} is the secondary direct signal;

$y_{s\text{res}}(t)$ is the secondary residual signal including harmonic and subharmonic components;

t is the instantaneous value of the time;

f, Y_s, φ_s being constant for steady-state condition.

b) For a digital output:

$$y_s(n) = Y_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t_n + \varphi_s) + Y_{sdc} + y_{s\text{res}}(n)$$

where

y_s is a digital number at the merging unit output representing the actual instantaneous value of the primary signal;

Y_s is the r.m.s. value of a certain merging unit output, when $Y_{sdc} + y_{s\text{res}}(n) = 0$;

f is the fundamental frequency;

φ_s is the secondary phase;

Y_{sdc} is the secondary direct output;

$y_{s\ res}(n)$	is the secondary residual output including harmonic, sub-harmonic and inter-harmonic components;
n	is the data sample counter;
t_n	is the effective time where the primary signal (current or voltage) of the n^{th} data set have been sampled;
f, Y_s, φ_s	being constant for steady-state condition.

Note 2 to entry: LPIT can exhibit specific characteristics as voltage offset, delay time, etc. Hence, while not present within IEC 61869-1:2007, IEC 61869-2, IEC 61869-3 and IEC 61869-5, the above equations are required for an accurate presentation of the requirements related to LPIT. The definitions of errors, while compatible with those of IEC 61869-2, IEC 61869-3 and IEC 61869-5, are also improved.

3.1.622

input signal in steady state condition

electrical signal at the primary terminals in steady state condition

Note 1 to entry: In a steady-state condition, the input signal is defined by the following equation

$$x_p(t) = X_p \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_p) + x_{p\ res}(t)$$

where

X_p	is the r.m.s. value of primary input at the fundamental frequency when $x_{p\ res}(t)=0$;
f	is the fundamental frequency;
φ_p	is the primary phase;
$x_{p\ res}(t)$	is the primary residual input including harmonic, sub-harmonic and inter-harmonic components and primary direct current;
t	is the instantaneous value of the time;
f, X_p, φ_p	being constant for steady-state condition.

3.1.623

rated secondary output signal

U_{sr}

Y_{sr}

r.m.s. value of the component at rated frequency f_r of the secondary output on which the performance of the LPIT is based

3.1.624

secondary direct voltage offset

U_{sdco}

direct voltage component of the secondary output of a low power instrument transformer when $x_p(t) = 0$

3.1.625

connecting point

point provided to connect electrical cables during site installation and test installation

Note 1 to entry: The connecting points are specified by the manufacturer.

3.1.626

low-voltage components

all electric or electrical components of an LPIT separated from the primary circuit at the full rated withstand voltage level

Note 1 to entry: Examples of low voltage components are the secondary converter, the merging unit, and the primary converter if placed at ground level.

3.1.627

wake-up time

delay time needed by some kind of LPIT to turn on after the primary current has been switched on, due to the fact that they are powered by the line current

Note 1 to entry: During this delay, the output of the LPIT is zero.

3.1.628

wake-up current

minimum value of the primary current necessary to wake up the LPIT (see 3.1.627)

3.2 Terms and definitions related to dielectric ratings and voltages

3.2.601

rated primary voltage

U_{pr}

value of the primary voltage which appears in the designation of the LPVT and on which its performance is based

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-01-12, modified – The complement to term "of a voltage transformer" has been removed and, in the definition, "voltage transformer" has been replaced by "LPVT".]

3.2.602

transient response of an LPVT

response of the secondary output to a transient change of the primary voltage

Note 1 to entry: For example during short circuit or when reclosing with trapped charges.

3.2.603

voltages in transient conditions

input signal and output signal of a LPVT during transients in the network

Note 1 to entry: In the transient condition, primary and secondary voltages are defined as follows:

$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_p) + U_{p\text{ dc}}(t) + u_{p\text{ res}}(t)$$

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_s) + U_{s\text{ dc}}(t) + u_{s\text{ res}}(t)$$

where U_p is the actual primary voltage.

Note 2 to entry: Transient conditions are induced by a sudden change of one or more parameters of the primary input equation given in 3.1.622.

3.3 Terms and definitions related to current ratings

3.3.601

rated primary current

I_{pr}

value of the primary current which appears in the designation of the LPCT and on which its performance is based

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-01-11, modified – The complement to term "of a current transformer" has been removed and, in the definition, "current transformer" has been replaced by "LPCT".]

3.3.602

rated extended primary current

I_{epr}

primary current up to which the same accuracy as the accuracy at the rated primary current is guaranteed, and which is not bigger than the rated continuous thermal current I_{cth}

3.3.603

rated extended primary current factor

K_{pcr}

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

3.3.604

rated accuracy limit primary current

value of primary current up to which the LPCT will comply with the requirements for composite error

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-29, modified – The complement to term "of a protective current transformer" has been removed and, in the definition, "current transformer" has been replaced by "LPCT".]

3.3.605

rated short-time thermal current

I_{th}

maximum value of the primary current, which an LPCT will withstand for a specified short time without suffering harmful effects

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-22, modified – A symbol has been added, and, in the definition "transformer" has been replaced by "LPCT" and "the secondary winding being short-circuited" has been deleted.]

3.3.606

rated dynamic current

I_{dyn}

peak value of the primary current which an LPCT will withstand, without being damaged electrically or mechanically by the resulting electromagnetic forces

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-24, modified – A symbol has been added, and, in the definition "transformer" has been replaced by "LPCT" and "the secondary winding being short-circuited" has been deleted.]

3.3.607

rated continuous thermal current

I_{cth}

value of the current which can be permitted to flow continuously in the primary terminals of an LPCT, the analogue secondary output being connected to the rated burden, without the temperature rise exceeding the values specified

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-25, modified – A symbol has been added, and, in the definition "primary winding" has been replaced by "primary terminals of an LPCT" and "secondary winding" by "the analogue secondary output".]

3.3.608

rated primary short-circuit current

I_{psc}

r.m.s. value of the a.c. component of a transient primary short-circuit current on which the accuracy performance of a LPCT is based

Note 1 to entry: While I_{th} is related to the thermal limit, I_{psc} is related to the accuracy limit. Usually, I_{psc} is smaller than I_{th} .

3.3.609

rated symmetrical short-circuit-current factor

K_{ssc}

ratio of the rated primary short circuit current to the rated primary current I_{psc} and I_{pr}

$$K_{ssc} = I_{psc} / I_{pr}$$

3.3.610

specified primary time constant

T_p

specified value of the time constant of the d.c. component of the primary short-circuit current on which the transient performance of the LPCT is based

Note 1 to entry: An example is shown in Figure 602.

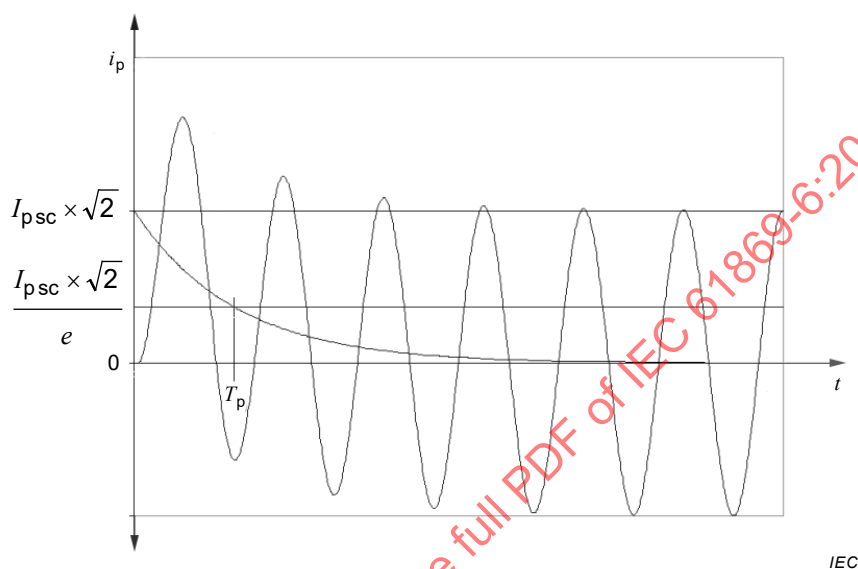


Figure 602 – Primary time constant T_p

3.3.611

fault repetition time

t_{fr}

time interval between interruption and re-application of the primary short-circuit current during a circuit breaker auto-reclosing duty cycle in case of a non-successful fault clearance

3.3.612

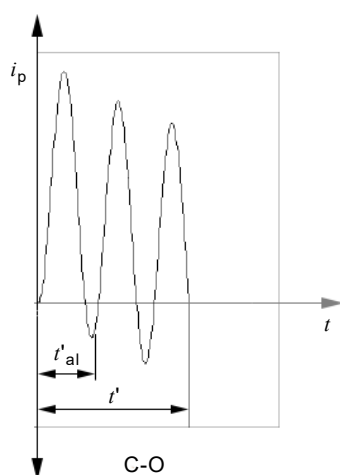
specified duty cycle

3.3.612.1

C-O

duty cycle in which, during the specified energization, the primary short-circuit current is assumed to have the worst-case inception angle

Note 1 to entry: See Figure 603.



Single energization: C – t' – O

where

t' is the duration of first fault;

t'_{al} is the specified time to accuracy limit in the first fault.

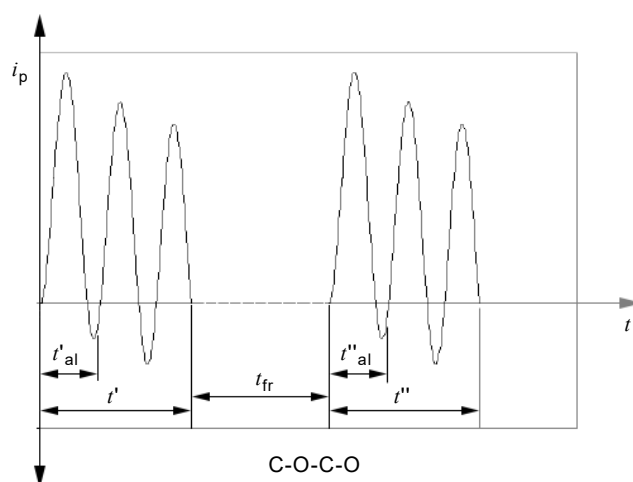
Figure 603 – Duty cycles, single energization

3.3.612.2

C-O-C-O

duty cycle in which, during each specified energization, the primary short-circuit current is assumed to have the worst-case inception angle

Note 1 to entry: See Figure 604.



IEC

Double energization: C – t' – O – t_{fr} – C – t'' – O

(both energizations being in the same polarity of magnetic flux when applicable)

where

t' is the duration of first fault;

t'' is the duration of the second fault;

t_{fr} is the fault repetition time;

t'_{al} is the specified time to accuracy limit in the first fault;

t''_{al} is the specified time to accuracy limit in the second fault.

Figure 604 – Duty cycles, double energization

3.3.613

primary current in transient condition

$i_p(t)$

input signal of a low-power current transformer during transients in the network

Note 1 to entry: In the transient condition, primary current is defined as follows:

$$i_p(t) = I_{psc} \sqrt{2} \left[\sin(2\pi f t + \varphi_p) - \sin(\varphi_p) e^{\frac{-t}{T_p}} \right] + i_{p, res}(t)$$

where

I_{psc} is the r.m.s. value of the symmetrical component of primary current;

f is the frequency;

T_p is the primary time constant;

φ_p is the primary phase;

$i_{p, res}(t)$ is the primary residual current including harmonic and subharmonic components and primary direct current;

t is the instantaneous value of time.

3.4 Terms and definitions related to accuracy

3.4.3

ratio error

ε

The definition 3.4.3 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

Note 601 to entry: The ratio error for current (ε_i) or voltage (ε_u) for analogue and for digital output is defined by the following formula:

For analogue output, the ratio error expressed in per cent is given by the formula:

$$\varepsilon = \frac{K_r Y_s - X_p}{X_p} \times 100$$

where

K_r is the rated transformation ratio;

X_p is the r.m.s. value of the actual input signal when $x_{p \text{ res}}(t) = 0$;

Y_s is the r.m.s. value of output signal when $y_{sdc} + y_{s \text{ res}}(t) = 0$.

This definition is only related to components at rated burden and rated frequency of both primary signal and secondary signal and does not take into account direct signal components. This definition is compatible with IEC 61869-2, IEC 61869-3 and IEC 61869-5.

For digital output, the ratio error expressed in per cent is given by the formula:

$$\varepsilon = \frac{K_r Y_s - X_p}{X_p} \times 100$$

where

K_r is the rated transformation ratio;

X_p is the r.m.s. value of the actual primary signal when $x_{p \text{ res}}(t) = 0$;

Y_s is the r.m.s. value of the digital output when $y_{sdc}(n) + y_{s \text{ res}}(t_n) = 0$.

This definition is only related to components at rated burden and rated frequency of both primary signal and secondary signal and does not take into account direct signal components. This definition is compatible with IEC 61869-2, IEC 61869-3 and IEC 61869-5.

3.4.4 phase displacement

$\Delta\phi$

The definition 3.4.4 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following additions:

Note 601 to entry: For LPIT phase displacement is not always coincident with phase error, as in some cases phase displacement may include variable components (errors) and fixed components (phase offset and delay time) which are not to be considered as errors.

Conventional Instrument Transformers, covered by IEC 61869-2, IEC 61869-3 and IEC 61869-5, are to be considered as special cases, in which phase displacement is equivalent to phase error because there is no phase offset and no delay time.

Note 602 to entry: This definition is strictly valid for analog output.

For digital output the presence of a timestamp in the data frame allows for the compensation of the delay time, so that its contribution to phase displacement may be neglected.

3.4.6 burden

The definition 3.4.6 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following:

impedance of the secondary analogue circuit expressed as parallel combination of resistor and capacitor given in ohms and farads

3.4.8 rated output

S_r

not applicable

3.4.601 delay time

t_d

actual time between an event taking place on the primary and its result(s) appearing in the output

Note 1 to entry: Delay time can result in low-power instrument transformers due to, for instance, band limiting filters and digital processing.

Note 2 to entry: For instrument transformers with analogue output, delay time should be constant, as any deviation would result in phase error.

Note 3 to entry: For instrument transformers with digital output, see IEC 61869-9.

3.4.602 rated delay time

t_{dr}

rated value of delay time for an LPIT with analogue output

3.4.603 phase offset

φ_o

phase displacement of an LPIT due to the technology employed and which is not affected by the frequency

Note 1 to entry: An example of such technology is the Rogowski coil.

3.4.604 rated phase offset

φ_{or}

rated value of phase offset of an LPIT

3.4.605 phase error

φ_e

difference between the actual phase displacement and the sum of rated phase offset and phase shift due to rated delay time

Note 601 to entry: The phase error is calculated according to the following formula:

$$\varphi_e = \Delta\varphi - (\varphi_{or} + \varphi_{tdr}) = \varphi_S - \varphi_P - (\varphi_{or} + \varphi_{tdr})$$

and

$$\varphi_{tdr} = -2\pi f t_{dr}$$

where

φ_P is the primary phase

φ_S is the secondary phase

3.4.606 accuracy limit factor

K_{ALF}

ratio of the rated accuracy limit primary current to the rated primary current

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-30, modified – The complement to term "of a protective current transformer" has been removed, and a symbol has been added.]

3.4.607

composite error

ε_c

under steady-state conditions, the r.m.s. value of the difference between

- a) the instantaneous values of the primary current, and
- b) the instantaneous values of the actual secondary output multiplied by the rated transformation ratio,

the positive signs of the primary current and secondary output corresponding to the convention for terminal markings

Note 1 to entry: For analogue output, the composite error ε_c is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the formula:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [K_r u_s(t) - i_p(t - t_{dr})]^2 dt}$$

where

- K_r is the rated transformation ratio;
- I_p is the r.m.s. value of the primary current;
- i_p is the primary current;
- u_s is the secondary voltage;
- T is the duration of one cycle;
- t is the instantaneous value of the time;
- t_{dr} is the rated delay time.

For stand-alone Rogowski coils, see IEC 61869-10.

Note 2 to entry: For digital output, the composite error ε_c is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the formula:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{T} \sum_{n=1}^{TT_s} [K_r i_s(n) - i_p(t_n)]^2}$$

where

- K_r is the rated transformation ratio;
- I_p is the r.m.s. value of the primary current;
- i_p is the primary current;
- i_s is the secondary digital output;
- T is the duration of one power cycle;
- n is the sample counter;
- t_n is the effective time where primary currents of the n^{th} data set have been sampled;
- T_s is the distance in time between two samples of the primary current.

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-26, modified – "Secondary current" has been replaced by "secondary output" in the definition and the Note has been replaced by two new notes to entry.]

3.4.608

transient response of an LPIT

response of the secondary output to a transient change of the primary signal

3.4.609**instantaneous error current** $i_e(t)$ $i_e(n)$

difference between the instantaneous values of the secondary output multiplied by the rated transformation ratio and the primary current

Note 1 to entry: For an analogue output, the instantaneous error current is defined by the following formula:

$$i_e(t) = K_{ra} \cdot u_s(t) - i_p(t - t_{dr})$$

For stand-alone Rogowski coils, see IEC 61869-10.

Note 2 to entry: For digital output, the instantaneous error current is defined by the following formula:

$$i_e(n) = K_{rd} i_s(n) - i_p(t_n)$$

3.4.610**peak instantaneous error** $\hat{\varepsilon}$

peak value ($\hat{i}_e$) of instantaneous error current for the specified duty cycle, expressed as a percentage of the peak value of the rated primary short-circuit current

Note 1 to entry: The peak instantaneous error is expressed by the following formula:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_e}{\sqrt{2} \times I_{psc}} \times 100 \%$$

3.4.611**instantaneous voltage error for transient conditions** $\varepsilon_u(t)$ $\varepsilon_u(n)$

ratio of the difference between the instantaneous values of the secondary output multiplied by the rated transformation ratio and the primary voltage and the peak of the primary voltage expressed in percent (%)

Note 1 to entry: For an analogue output, the instantaneous voltage error is expressed by the following formula:

$$\text{Voltage error } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_r u_s(t) - u_p(t - t_{dr})}{U_p \sqrt{2}} \times 100$$

where $u_p(t)$ and $u_s(t)$ are described for a limited range of time by the equations given in 3.2.603 and U_p is the r.m.s. value of the primary voltage.

The chosen origin of time is the instant of the sudden change of the parameters described in 3.1.622.

Note 2 to entry: For a digital output, the instantaneous voltage error is expressed by the following formula:

$$\text{Voltage error } \varepsilon_u(n) \% = \frac{K_r u_s(n) - u_p(t_n)}{U_p \sqrt{2}} \times 100$$

where $u_p(t_n)$ and $u_s(n)$ are described for a limited range of time by the equations given in 3.2.603 and U_p is the r.m.s. value of the primary voltage.

The chosen origin of the time is the instant of the sudden change of the parameters described in 3.1.622.

Note 3 to entry: The capacitive sensor with phase shift offset is described in IEC 61869-11².

3.5 Terms and definitions related to other ratings

3.5.1

rated frequency

f_r

The definition 3.5.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following:

frequency at which the low-power instrument transformer is designed to operate

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-04-03, modified – "Transformer or reactor" has been replaced by "low-power instrument transformer".]

3.5.601

rated frequency range

range of frequency for which the rated accuracy class is applicable

3.5.602

rated auxiliary power supply voltage

U_{ar}

auxiliary power supply voltage value on which the requirements of a specification are based

3.5.603

rated supply current

I_{ar}

current required from the auxiliary power supply, including the MU power supply if required, in the rated conditions

3.5.604

maximum supply current

I_{amax}

maximum current required by the auxiliary power supply, including the MU power supply if required, in the worst conditions

3.7 Index of abbreviations and symbols

The table in 3.7 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following table:

AIS	air-insulated switchgear
C–O C–O–C–O	specified duty cycle
CT	current transformer
CVT	capacitive voltage transformer
f_r	rated frequency
F	mechanical load
F_{rel}	relative leakage rate
GIS	gas-insulated switchgear
I_{amax}	maximum supply current
I_{ar}	rated supply current
I_{cth}	rated continuous thermal current

² Under consideration.

I_{dyn}	rated dynamic current
I_{epr}	rated extended primary current
$i_{\text{p}(t)}$	primary current in transient condition
I_{pr}	rated primary current
I_{psc}	rated primary short-circuit current for transient performance
I_{th}	rated short-time thermal current
$i_{\varepsilon}(t), i_{\varepsilon}(n)$	instantaneous error current
IT	instrument transformer
K	actual transformation ratio
K_{ALF}	accuracy limit factor
K_{r}	rated transformation ratio
K_{pcr}	rated extended primary current factor
K_{ssc}	rated symmetrical short-circuit factor for transient performance
LPCT	low-power current transformer
LPIT	low-power instrument transformer
LPVT	low-power voltage transformer
MU	merging unit
R_{br}	rated burden
SAMU	stand-alone merging unit
t_{d}	delay time
t_{dr}	rated delay time
t_{fr}	fault repetition time
U_{sys}	highest voltage for system
U_{m}	highest voltage for equipment
U_{pr}	rated primary voltage
U_{sdco}	secondary direct voltage offset
U_{ar}	rated auxiliary power supply voltage
T_{p}	specified primary time constant for transient performance
VT	voltage transformer
$\Delta\varphi$	phase displacement
ε	ratio error
ε_{c}	composite error
$\hat{\varepsilon}$	maximum peak instantaneous error
$\varepsilon_{\text{u}}(t), \varepsilon_{\text{u}}(n)$	instantaneous voltage error for transient conditions
φ_{o}	phase offset
φ_{or}	rated phase offset
φ_{e}	phase error

4 Normal and special service conditions

4.2 Normal service conditions

4.2.3 Vibrations or earth tremors

Clause 4.2.3 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following:

Vibrations may occur due to switchgear operations or short-circuit forces. It should be recognized that vibrations due to causes external to the LPIT (for example, switching operations of circuit-breakers, etc.) shall be regarded as normal service conditions. Tests should be performed to prove the correct operations of the LPIT when subjected to such events. Vibrations due to earth tremors are considered as special service conditions.

4.2.601 Partially outdoor LPIT

In the case of an LPIT of the type, which is partially indoors, partially outdoors, the manufacturer shall indicate which part of the equipment is indoors and which part of the equipment is outdoors.

5 Ratings

5.3 Rated insulation levels and voltages

5.3.5 Insulation requirements for secondary terminals

Clause 5.3.5 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

Insulation requirements for secondary terminals and the low voltage component are given in Table 601.

In cases where the total electrical cable length of the transmitting system up to the secondary equipment does not exceed 10 m, and the associated earthing impedance is sufficiently low, the common mode voltage is not supposed to exceed a safe value. The secondary terminal and the low voltage component insulation requirement in such cases can be reduced to a level meeting the requirements defined in the IEC 60255-27:2013, Table C.3.

The insulation level shall meet PEB (protection by equipotential bonding) system requirements for 150 V working voltage.

In case where the total electrical cable length of the transmitting system up to the secondary equipment does exceed 10 m, the requirement of IEC 61869-1 applies.

Table 601 – Secondary terminal and low voltage component withstand capability

Transmitting system of the LPIT	Power frequency voltage withstand capability	Impulse voltage withstand capability
Electrical cable length <10 m.	820 V	1,5 kV 1,2/50 μ s
Electrical cable length $\geq$ 10 m.	3 kV	5 kV 1,2/50 μ s
Optical connectors	NA	NA

5.3.601 Rated auxiliary power supply voltage (U_{ar})

5.3.601.1 General

The rated auxiliary power supply voltage means the voltage measured at the power ports of the apparatus itself during its operation, including, if necessary, the auxiliary resistors or

accessories supplied or required by the manufacturer to be installed in series with it, but not including the conductors for the connection to the electricity supply.

5.3.601.2 AC voltage

The preferred rated values of a.c. voltages are given below:

110 V – 230 V

5.3.601.3 DC voltage

The preferred rated values of d.c. voltages are given below:

24 V – 48 V – 110 V – 220 V

5.3.601.4 Insulation requirements for power supply terminals

They shall be capable of meeting the requirements defined in the IEC 60255-27:2013, Table C.7.

5.4 Rated frequency

Subclause 5.4 of IEC 61869-1:2007 applies with the following additions:

For measuring accuracy classes, the rated frequency range is from 99 % to 101 % of the rated frequency (f_r).

For protection accuracy classes, the rated frequency range is from 96 % to 102 % of the rated frequency (f_r).

The accuracy outside the rated frequency range, if specified, is defined in Annex 6B.

5.5 Rated output

5.5.601 Rated burden (R_{br})

The standard value of rated burden is defined by a resistance in parallel with a capacitance according to the following table:

Resistance	Capacitance
2 M Ω	50 pF

For use on devices backward compatible with IEC 60044-8, 2 k Ω /5 000 pF and 20 k Ω /500 pF are acceptable.

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

Attention should be paid to the parallel capacitance of electrical measuring instruments or electrical protective devices. If the transmitting cable is not part of the sensor, the capacitance of the cable has to be considered as part of the burden. Typical cable capacitance is in the range from 15 pF/m to 100 pF/m.

5.5.602 Standard values for the rated delay time (t_{dr})

The standard values for rated delay time are:

50 μ s, 100 μ s, 500 μ s

5.6 Rated accuracy class

Subclause 5.6 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following modification:

See specific product standard and harmonic requirements in Annex 6A.

6 Design and construction

6.7 Mechanical requirements

Subclause 6.7 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following modification:

These requirements apply only to free-standing LPIT having $U_m \geq 72,5$ kV.

6.11 Electromagnetic compatibility (EMC)

6.11.3 Requirements for immunity

6.11.3.601 General

Table 602 gives a list of type tests for electronic LPIT with the associated test levels and assessment criteria.

If the LPIT is designed without an active electronic component, it is by definition considered as a passive LPIT and is therefore not subjected to the tests of this subclause.

NOTE EMC immunity tests for highly accurate passive LPITs are under consideration. Performances of such devices may be affected by their shielding capability.

Table 602 – Immunity requirements and tests

Test	Reference standard	Test level	Assessment criteria
Harmonic and interharmonic test ^a	IEC 61000-4-13	2	A
Slow voltage variation test ^a	IEC 61000-4-11	From +10 % to –20 %	A
Slow voltage variation test ^b	IEC 61000-4-29	From +20 % to –20 %	A
Voltage dips and short interruption test ^a	IEC 61000-4-11	30 % dip $\times$ 0,1s ^c interruption $\times$ 0,02s ^c	A
Voltage dips and short interruption test ^b	IEC 61000-4-29	50 % dip $\times$ 0,1 s ^c interruption $\times$ 0,05 s ^c	A
Surge immunity test	IEC 61000-4-5	4	B
Conducted immunity test (150 kHz to 80 MHz)	IEC 61000-4-6	3	A
Conducted immunity test (0 kHz to 150 kHz)	IEC 61000-4-16	4	A
Electrical fast transient/burst test	IEC 61000-4-4	4	B
Oscillatory waves immunity test	IEC 61000-4-18	3	B
Electrostatic discharge test	IEC 61000-4-2	3	B
Power frequency magnetic field immunity test	IEC 61000-4-8	5	A
Pulse magnetic field immunity test	IEC 61000-4-9	5	B
Damped oscillatory magnetic field immunity test	IEC 61000-4-10	5	B

Test	Reference standard	Test level	Assessment criteria
Radiated, radiofrequency, electro-magnetic field immunity test	IEC 61000-4-3	3	A
a Only applicable to LPIT with a.c. power port. b Only applicable to LPIT with d.c. power port. c Values are adapted to common protective devices. A Normal performance within the accuracy specification limits (steady-state conditions at rated primary current or primary voltage or lower). B Temporary degradation of performances of measurements, which are not relevant for protection or self-diagnosis and which are self-recovered, is allowed. A reset or restart is not allowed. No output overvoltage greater than 500 V is allowed. No degradation of performance causing false trips of protective devices is allowed for electronic protective transformers.			

6.11.3.602 Harmonic and interharmonic disturbance

The purpose is to verify the immunity of the LPIT against harmonic and interharmonic components of the low-voltage power supply of the LPIT. This test is only applicable for LPIT using a.c. power supply.

6.11.3.603 Slow voltage variation

The purpose is to verify the immunity of the LPIT against slow voltage variations of the low-voltage power supply of the LPIT. The requirement is relevant for a.c. or d.c. power supply.

6.11.3.604 Voltage dips and short interruption

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against voltage dips or voltage interruption of the low-voltage power supply of the LPIT. The requirement is relevant for a.c. or d.c. power supply.

6.11.3.605 Surge immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against unidirectional transient caused by overvoltages from switching in the power network and lightning strokes (direct or indirect). This test is very important for HV and MV installations because of the high probability of lightning exposure.

6.11.3.606 Conducted immunity tests (150 kHz to 80 MHz)

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against the conducted disturbances that can be transferred by inductive or capacitive coupling to the supply cables, signal cables and earthings.

6.11.3.607 Conducted immunity test (0 kHz to 150 kHz)

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against the power frequency disturbances that can be transferred by inductive or capacitive coupling to the supply cables, signal cables and earthings.

6.11.3.608 Electrical fast transient/burst

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against bursts of very short transients generated by the switching of small inductive loads, relay contact bouncing (conducted interference) or switching of HV switchgear – particularly SF6 or vacuum switchgear (radiated interferences).

6.11.3.609 Oscillatory wave immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against repetitive damped oscillatory waves occurring in low-voltage circuits in HV and MV stations due to switching phenomena (isolators in HV/MV open-air stations, particularly HV busbar switching) or faults in HV or MV networks.

6.11.3.610 Electrostatic discharge

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against electrostatic discharges (ESD) generated by an operator touching (directly or with a tool) the equipment or its vicinity. In general, this is not of great concern because electronic parts of LPIT are located outdoors or indoors, generally standing on a bare concrete floor, without any synthetic carpet or furniture nearby. Moreover, the electronic parts are generally mounted inside a metallic cabinet well bonded to a well-controlled earthing network, for safety reasons. This makes the probability of ESD very low.

6.11.3.611 Power-frequency magnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT when subjected to power-frequency magnetic fields related to the proximity of power conductors, transformers, etc., in normal or faulted conditions. This test is important because of the expected vicinity of electronic parts of the LPIT to main circuits.

6.11.3.612 Pulse magnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT when subjected to impulse magnetic field generated by lightning strokes on buildings, metal structures and earth networks. This test is relevant to HV and MV installations because of the increased lightning exposition.

6.11.3.613 Damped oscillatory magnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT when subjected to damped oscillatory magnetic fields, generated by switching of HV busbars by isolators. This test is mainly applicable to electrical equipment installed in HV substations.

6.11.3.614 Radiated, radiofrequency, electromagnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the LPIT against electromagnetic fields generated by radio transmitters or any other device emitting wave-radiated electromagnetic energy. The most important concern in HV and MV installations comes from the possibility of the use of walkie-talkie and portable phones, as the probability of vicinity of broadcasting stations or amateur radios is, in general, very low.

6.11.4 Requirement for transmitted overvoltages

Subclause 6.11.4 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

The main cause of overvoltage is the switching of HV equipment. This requirement is not applicable if a non-conductive transmitting system (such as optical fibre) is used (see Figure 601).

6.11.601 Emission requirements

Besides the emission requirements considered to be covered with a radio interference voltage test (RIV test) and transmitted overvoltage test, LPIT shall also comply with limits given in CISPR 11:2015 for equipments of Group 1 – class A, and shall be tested accordingly.

Low-power passive instrument transformers are not subjected to these requirements.

6.13 Markings

Subclause 6.13 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

- o) insulation level on secondary terminals

Additional markings shall be defined in the specific standards.

6.601 Requirements for optical transmitting system and optical output link

6.601.1 General

If used for transmitting system and/or output link, the optical fibre cables shall comply with IEC 60794-2 for indoor applications and IEC 60794-3 for outdoor applications. The transmitting system and output link cables should be protected against rodent attack.

If optical fibre cables are protected by conductive material, attention should be paid to grounding and exported potential.

6.601.2 Optical connectors

No optical fibre connectors are allowed outdoors without appropriate environmental protection.

6.601.3 Fibre optic terminal box

Where a fibre optic terminal box is used it shall be directly accessible for inspection at ground level.

6.601.4 Total cable length

The low-power instrument transformer shall be capable of operating with maximum length of transmitting system cable and output link as specified by the manufacturer.

The manufacturer shall take into account that the total cable length could reach 1 km for very high-voltage air-insulated substations.

6.602 Requirements for electrical transmitting system and electrical wires for output link

6.602.1 Connectors

The connector description is given in Table 603.

Table 603 – Connectors

8 way, shielded, free connector (RJ45)
IEC 60603-7-1

IEC

The pin assignment is defined in the specific product standard

8 way, shielded M12 free connector,
female contacts, with locking nut
IEC 61076-2-101

IEC

M12 connector:	Pin:	1	2	3	4	5	6	7	8
LPIT		S1	S2	a	n	T1-	T2+	+V	gnd

- S1, S2: current transformer secondary terminals as defined in IEC 61869-2:2012, 6.13.201.3
- a, n: voltage transformer secondary terminals as defined in IEC 61869-3:2011, 6.13.301.3
- T1-, T2+: used for TEDS connection (Transducer Electronic Data Sheet, ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010).
The voltage level shall not exceed 5 V DC
- +V, gnd: power supply

Screw terminals may also be used instead of connectors.

6.602.2 Earthing of the output cable

If double-shielded cable (electrically separated circuit) is used, different solutions may be implemented in substations to fulfil EMC requirements:

- a) inner shield grounded to one side and outer shield grounded on the other side;
- b) outer shield grounded on both sides, inner shield grounded on one side;
- c) outer shield grounded on one side and the other side grounded through a capacitance, inner shield grounded on one side.

6.603 Signal-to-noise ratio

Noise (and bandwidth) requirements depend on the application(s). Accordingly, there is no one common set of requirements that is applicable to all instrument transformers. The supplier of the low-power instrument transformer shall provide noise spectral information. The noise specifications may be in various forms. The recommended forms of specifications are noise spectral density equations or graphs (noise distribution as a function of frequency).

If the noise is white noise (Gaussian distribution) and random (as usually is), it will average to zero over time. Accordingly, the impact of noise on measurement depends on integration time (effective measurement bandwidth) and the nature of an application. The choice of appropriate noise level depends on the application. The provider of the instrument transformer should provide white noise spectral density in the form of a number with unit of equivalent primary current per square root of frequency (i.e. $A/\sqrt{\text{Hz}}$).

EXAMPLE For an optical CT where the dominant contributor to device noise is the “optical shot noise,” the noise is white and can be provided in amperes (equivalent primary) per square root of hertz. Alternatively, normalizing to rated values, it can be given in PUs (per units) per square root of hertz. If an optical CT has a rated primary current of 400 A, a rated secondary output of 4 V, and 10 mV of noise on its output (equivalent noise to 1 A on the primary) over its bandwidth of 10 kHz, then the noise can be given as $0,01 A/\sqrt{\text{Hz}}$ or $0,000\,025 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$, or $-92 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$.

Alternatively, signal to noise ratio at the rated current with 10 kHz bandwidth will be +52 dB or 400 (52 dB = $20 \times \log_{10}(400/1)$).

As a general guidance, noise levels lower than $-50 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$ to $-70 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$ relative to the rated current (or $0,003 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$ to $0,0003 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$) are typically sufficient for most common applications.

NOTE For additional information, see IEC/TR 61869-103.

6.604 Failure detection and maintenance announcement

LPIT failure, where automatically detected, shall result in zero analogue output or activation of digital output data invalid flag. At least, the failure of the transmitting system shall be automatically detected or the transmitting system shall allow monitoring by the relay. In the special case of cessation of output due to interruption of power supply the output shall be zero for voltage output and inactive for digital output. Following restoration of the LPIT power supply, till the LPIT has stabilized, the analogue output shall remain zero and any digital output shall be flagged as invalid. When the LPIT has stabilized, the operation of the LPIT shall be automatically self-restored. LPIT maintenance requirement, where detected, shall be announced. For digital output this shall result in the activation of the corresponding quality bits transmitted in the digital data stream.

6.605 Operability

In order to facilitate the operation and maintenance of the LPIT, the position of parts to which access is required shall be in an accessible position. These parts may include switches, socket outlets, fuses, inputs and outputs, etc.

6.606 Reliability and dependability

The manufacturer shall provide information according to relevant standards, like IEC 60812 and IEC 61025, on the dependability and reliability of the LPIT. This includes assessment of mean time to failure (MTTF), mean time between failures (MTBF) and also a failure mode and effect analysis (FMEA) related to main parts subjected to maintenance. A block diagram shall be provided describing the relationship between sub-parts and how the redundancy, if any, is managed. Parts subjected to maintenance and relevant maintenance procedures shall be identified.

NOTE A solution to improve the reliability and dependability could be the implementation of proper redundancy.

The manufacturer shall endeavour to provide all the control necessary to avoid any spurious operation as a result of loss of supply or insufficient supply, loss of an internal component or as a result of a component malfunction.

The reliability and dependability aspects of LPIT are comparable to those of the electrical components in the substation. Hence, the reliability and dependability of LPIT shall be treated similarly.

Components (i.e. sub-parts), which can be replaced on site without requiring calibration, shall be specially identified by an appropriate mark. This capability shall be demonstrated by test or appropriate documentation.

No other component can be replaced without recalibration of the complete LPIT.

6.607 Vibrations

The output of LPIT shall operate correctly when subjected to vibration levels appropriate to its application. Different parts of the LPIT may be subjected to different vibration levels in accordance with IEC 60068-2-6.

– Endurance by sweeping: frequency range 10 Hz to 150 Hz, 20 sweep cycles in each axis.

- Endurance test at fixed frequencies for 30 min.

The test vibration level shall be

- indoor equipment: amplitude 10m/s^2 ,
- outdoor equipment and equipment mounted on GIS switchgear: amplitude 20m/s^2 .

7 Tests

7.1 General

7.1.2 List of tests

Subclause 7.1.2 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following modified Table 10.

Table 10 – List of tests

Tests	Subclause
Type tests	7.2
Temperature-rise test	7.2.2
Impulse voltage test on primary terminals	7.2.3
Wet test for outdoor type transformers	7.2.4
Electromagnetic compatibility tests	7.2.5
Test for accuracy	7.2.6
Verification of the degree of protection by enclosures	7.2.7
Enclosure tightness test at ambient temperature	7.2.8
Pressure test for the enclosure	7.2.9
Low-voltage component voltage withstand test	7.2.601
Routine tests	7.3
Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals	7.3.1
Partial discharge measurement	7.3.2
Power-frequency voltage withstand tests between sections	7.3.3
Power-frequency voltage withstand tests on secondary terminals	7.3.4
Test for accuracy	7.3.5
Verification of markings	7.3.6
Enclosure tightness test at ambient temperature	7.3.7
Pressure test for the enclosure	7.3.8
Power-frequency voltage withstand test for low-voltage components	7.3.601
Special tests	7.4
Chopped impulse voltage withstand test on primary terminals	7.4.1
Multiple chopped impulse test on primary terminals	7.4.2
Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor	7.4.3
Transmitted overvoltage test	7.4.4
Mechanical tests	7.4.5
Internal arc fault test	7.4.6
Enclosure tightness test at low and high temperatures	7.4.7
Gas dew point test	7.4.8
Corrosion test	7.4.9

Tests	Subclause
Fire hazard test	7.4.10
Vibration test	7.4.601
Tests for accuracy versus harmonics and low frequencies	6A.5
Sample tests	7.5

7.2 Type tests

7.2.1 General

7.2.1.1 Information for identification of specimen

Subclause 7.2.1.1 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

The software version, if applicable, shall be included in the design identification records.

7.2.2 Temperature-rise test

Subclause 7.2.2 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

In the case of an LPIT having more than one secondary converter, the test is to be performed on each secondary converter.

The LPIT is deemed to have passed this test if

- a) the temperature rise is in accordance with requirements given in 6.4 of IEC 61869-1:2007.
- b) after cooling to ambient temperature, it satisfies the following requirements:
 - 1) it is not visibly damaged,
 - 2) its errors shall be within the limits of the relevant accuracy class.

7.2.3 Impulse voltage withstand test on primary terminals

7.2.3.1 General

Subclause 7.2.3.1 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

Dielectric tests shall be made on LPIT completely assembled, as in service. The outside surfaces of insulating parts shall be carefully cleaned.

7.2.5 Electromagnetic compatibility (EMC) tests

7.2.5.2 Immunity test

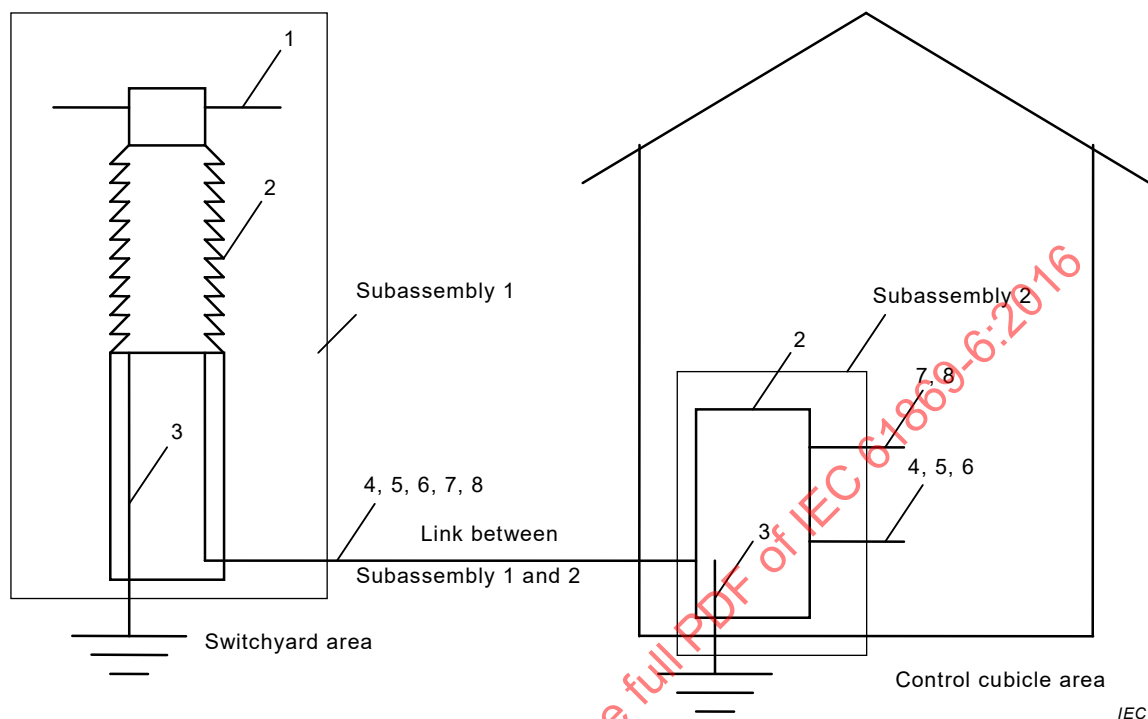
7.2.5.2.601 General

The tests shall be made to prove compliance with 6.11.3.

The test shall be performed on a port-by-port basis, guidance for the identification of ports being given in Figure 605, Figure 606, and Figure 607 below.

In many cases an LPIT may be divided into a number of major sub-assemblies such as, for example, circuits located in control cubicles and circuits located in the switchgear area. EMC tests relevant for the applied technology of LPIT have to be carried out on each major subassembly the full LPIT being in operation or the missing subassemblies being simulated.

Examples of major subassembly divisions are given in Figure 605, Figure 606, and Figure 607 below.



Key

- 1 HV line
- 2 Enclosure port
- 3 Ground signal port
- 4 Signal port
- 5 Command port
- 6 Communication port
- 7 a.c. power port
- 8 d.c. power port

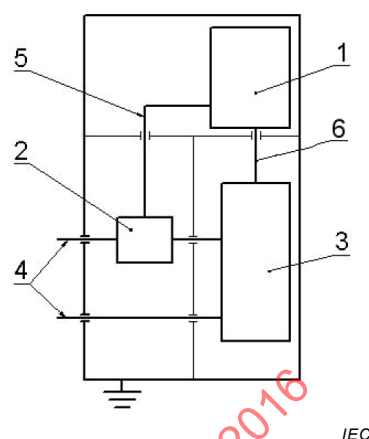
Subassembly 1: "outdoor part" in switchgear area

Subassembly 2: "indoor part" in control cubicle area

Figure 605 – Examples of subassembly subjected to EMC tests – Usual structure used in HV AIS applications

Key

- 1 Control device
- 2 LPIT supply for control device
- 3 Switching device
- 4 MV line
- 5 Communication link and/or power
- 6 Communication link

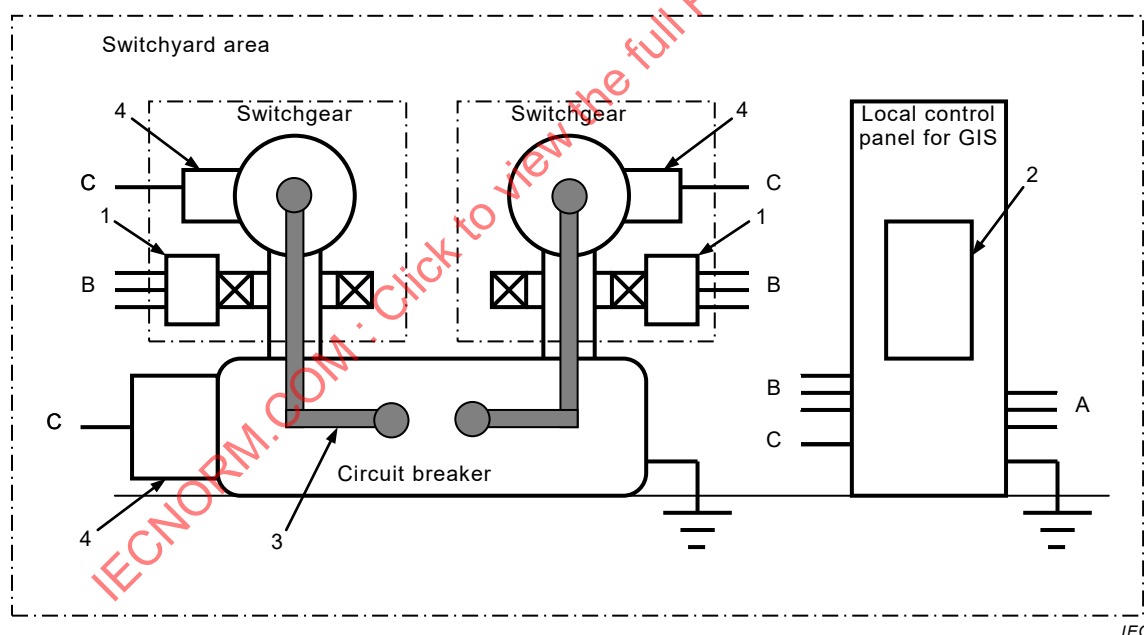


IEC

Switchgear cubicle

NOTE MV switchgears do not have galvanic insulation between the switchgear area and the control cubicle as in the HV AIS example. Usually, all items are inside a metal case that is grounded as well as walls of different compartments inside.

**Figure 606 – Examples of subassembly subjected to EMC tests –
Usual structure used in MV applications**



IEC

Key

- 1 Low-power instrument transformers with IED (intelligent electronic device)
- 2 Control unit (with merging unit) installed in local control panel
- 3 HV line enclosed in earthed metal tank
- 4 Operating mechanisms of circuit breaker or switchgear
- A Communication link and/or power supply from upper systems; protection relays and/or control units
- B Communication link and/or power supply for IEDs of low-power instrument transformers
- C Communication link and/or power supply for operating mechanisms

NOTE HV gas insulated switchgear does not have galvanic insulation between switchgear and local control panel and/or control cubicle area as shown in AIS example

**Figure 607 – Examples of subassembly subjected to EMC tests –
Usual structure used in HV GIS applications**

7.2.5.2.602 General conditions during immunity tests

The general conditions for EMC tests are described in IEC 61000-4-1 and CISPR 11. During the EMC tests, the length of cable between the LPIT and test equipment and between primary and secondary converters should be the maximum specified by the manufacturer and the arrangement of the cable shall, as far as practicable, represent in-service conditions.

7.2.5.2.603 Harmonic and interharmonic disturbance test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-13. The test level is class 2 (full harmonic distortion 10 %). The assessment criterion is given in 6.11.3.602 and Table 602.

7.2.5.2.604 Slow voltage variation test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-11 for a.c. power supply and IEC 61000-4-29 for d.c. power supply. The voltage variations used are from +10 % to –20 % of the nominal voltage of the a.c. power supply and from +20 % to –20 % of the nominal voltage of the d.c. power supply. The assessment criterion is given in 6.11.3.603 and Table 602.

7.2.5.2.605 Voltage dips and short interruption test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-11 for a.c. power supply and IEC 61000-4-29 for d.c. power supply.

The voltage dip used for the test is 30 % of the nominal voltage of the a.c. power supply during 0,1 s. The voltage interruption test is performed during 0,02 s for a.c. power supply.

The voltage dip used for the test is 50 % of the nominal voltage of the d.c. power supply during 0,1 s.

The voltage interruption test is performed during 0,05 s (low impedance) for d.c. power supply.

The assessment criterion is given in 6.11.3.604 and Table 602.

7.2.5.2.606 Surge immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-5:2014. The test generator to be used is the combination wave (hybrid) generator (IEC 61000-4-5:2014, 6.1) with standard 1,2/50 μ s voltage waveform (open-circuit) and 8/20 μ s current waveform (short-circuit). The test level is according to test level 4 (4 kV Line-Earth (L-E), 2 kV Line-Line (L-L)). The assessment criterion is given in 6.11.3.605 and Table 602.

7.2.5.2.607 Conducted immunity tests (150 kHz to 80 MHz)

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-6, the test level and the assessment criteria are given in 6.11.3.606, and Table 602.

7.2.5.2.608 Conducted immunity tests (0 Hz to 150 kHz)

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-16, the test level and the assessment criteria are given in 6.11.3.607, and Table 602.

7.2.5.2.609 Electronic fast transient/burst test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-4:2012, the test level being severity level 4 (4 kV test voltage on power supply port and 2 kV on input/output,

signal, data and control ports (common mode), repetition rate 5 kHz). The test will be carried out using the coupling/decoupling network on the power supply port and the capacitive coupling clamp on the input/output, signal, data control and communication ports. The assessment criterion is given in 6.11.3.608 and Table 602.

7.2.5.2.610 Damped oscillatory wave immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-18:2006. The test generator to be used is the damped oscillatory wave generator (IEC 61000-4-18:2006, 6.1.2). The test voltage will be 2,5 kV common mode and 1 kV differential mode both for power supply and control/signal lines. Test frequency will be 100 kHz or 1 MHz at 400 repetitions per second. The assessment criterion is given in 6.11.3.609 and Table 602.

7.2.5.2.611 Electrostatic discharge test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-2:2008. The test level is severity level 3. The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-2 applied only on the physical boundary of the equipment under test (enclosure). The assessment criterion is given in 6.11.3.610 and Table 602.

7.2.5.2.612 Power-frequency magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-8:2009. Test level is severity level 5 (100 A/m for 1 min and 1000 A/m for 1 s). The assessment criterion is given in 6.11.3.611 and Table 602.

7.2.5.2.613 Pulse magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-9:1993. Test level is severity level 5 (1 000 A/m peak). The assessment criterion is given in 6.11.3.612 and Table 602.

7.2.5.2.614 Damped oscillatory magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-10:1993. Test level is severity level 5 (100 A/m test field). The assessment criterion is given in 6.11.3.613 and Table 602.

7.2.5.2.615 Radiated, radiofrequency, electromagnetic field immunity test

The test shall be performed according to the test procedure of IEC 61000-4-3:2006. Test level is severity level 3 (10 V/m field strength). The assessment criterion is given in 6.11.3.614 and Table 602.

7.2.5.601 EMC emission tests

An emission test will be performed according to the CISPR 11 testing procedure. The test limits will be those of group 1 class A. The test shall preferably be performed on the complete assembly but for ease of testing in case one of the possible subassemblies contains no electrical parts, that test can be performed on the remaining subassemblies.

7.2.6 Test for accuracy

7.2.6.601 General

The following accuracy tests are applied to measuring LPIT and to protective LPIT. Test circuits are given in Annex 6D.

7.2.6.602 Basic accuracy tests

7.2.6.602.1 Basic accuracy tests for measuring LPIT

To prove compliance with the specified accuracy class, tests shall be made at each value of input signal given in the specific standards at rated frequency, at rated burden (if relevant), and at ambient temperature, unless otherwise specified.

NOTE The test can be carried out using a pure delay time device inserted between the reference transformer and the accuracy measurement system.

7.2.6.602.2 Basic accuracy test for protective LPIT

To prove compliance with the specified accuracy class, the test shall be made at rated input signal at rated frequency, at rated burden (if relevant) and at ambient temperature.

NOTE The test can be carried out using a pure delay time device inserted between the reference transformer and the accuracy measurement system.

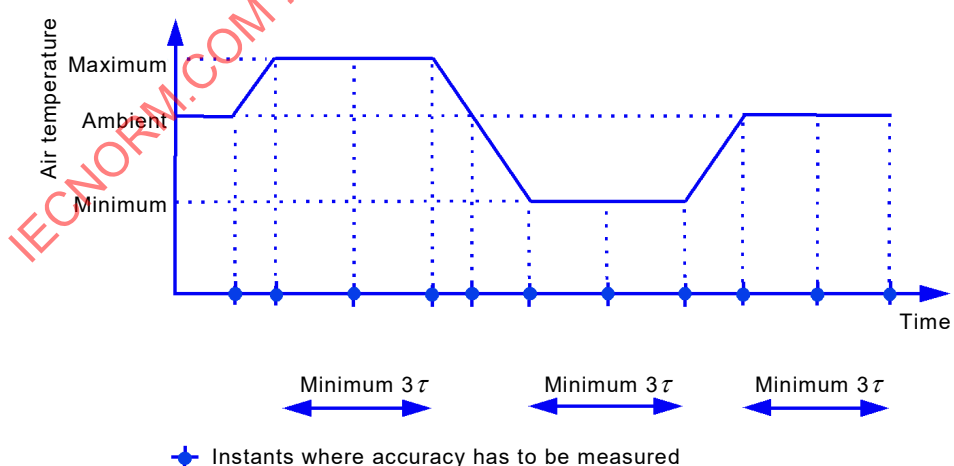
7.2.6.602.3 Basic accuracy test for multipurpose LPIT

Basic accuracy test for multipurpose low-power instrument transformers shall include the basic accuracy tests described in 7.2.6.602.1 and in 7.2.6.602.2.

7.2.6.603 Temperature cycle accuracy test

In addition to the basic accuracy tests made in accordance with 7.2.6.602, the temperature cycle accuracy test shall be performed in the following conditions:

- at rated frequency;
- at rated primary signal, applied continuously, in case of maximum or ambient temperature (without continuous primary signal in case of minimum temperature);
- at rated burden (if relevant);
- with indoor and outdoor components exposed to their specific maximum and minimum ambient air temperature. A cycle test in accordance with Figure 608 shall be performed.



IEC

Figure 608 – Temperature cycle accuracy test

Minimum temperature variation rate is 5 K/h. It can be higher only if allowed by the manufacturer.

The thermal time constant τ shall be declared by the manufacturer.

NOTE Time needed to stabilize the temperature of the low-power instrument transformer depends mainly on the size and construction of the transformer.

For LPIT, partially indoor, partially outdoor, the tests shall be made for indoor and outdoor parts, each one at both extremes of the relevant temperature range, respecting the following rules:

- ambient air temperature for both parts;
- maximum temperature for indoor part when maximum temperature for outdoor part;
- minimum temperature for indoor part when minimum temperature for outdoor part.

In normal service conditions the measured error of every measuring point should be within the limits of the relevant accuracy class.

7.2.6.604 Test for accuracy versus frequency

In addition to the basic accuracy tests made in accordance with 7.2.6.602, tests for accuracy shall be made at the two extremes of rated frequency range given in 5.4 at rated input signal, at rated burden (if relevant) and at constant ambient temperature.

The error shall be within the limits of the relevant accuracy class.

NOTE For the tests, an accuracy measurement system calibrated at rated frequency can be acceptable.

7.2.6.605 Test for accuracy in relation to replacement of components

To prove compliance with 6.606 the following test shall be performed. The ability of the LPIT to fulfil its accuracy class when some of its components are replaced shall be proven by means of an accuracy test at room temperature, rated frequency, rated input signal and rated burden (if relevant).

7.2.6.606 Additional accuracy tests for protective LPIT

Additional accuracy tests, for example transient, are defined in the relevant product standards.

7.2.601 Low-voltage component voltage withstand test

7.2.601.1 Test conditions

The atmospheric conditions during the test shall be

- ambient air temperature: 10 °C to 30 °C;
- relative humidity: 45 % to 75 %;
- air pressure: 86 kPa to 106 kPa.

7.2.601.2 Application of the test voltage

The test voltage shall be applied to the connecting points of the LPIT, non powered, in a new and dry condition without self-heating.

Each independent circuit shall be tested at the prescribed test voltage in relation to all other circuits connected together and to earth.

- a) For the test between a given circuit and all other circuits, all the connecting points of the single circuit shall be connected together.
- b) For all tests, the circuits which are to be connected to earth shall be thus connected.

Unless obvious, the independent circuits are described by the manufacturer. For example, the secondary converter and merging unit can be independent circuits.

For devices with an insulating enclosure, the exposed conductive parts needed for testing shall be represented by a metal foil covering the whole enclosure except the terminals around which a suitable gap shall be left so as to avoid flashover to the terminals.

7.2.601.3 Power-frequency voltage withstand test

The power-frequency voltage withstand tests shall be made by applying the insulation requirements for low-voltage components specified in 5.3.5

The test voltage source shall be such that, when applying half the specified value to the device under test, the voltage drop observed is less than 10 %.

The source voltage shall be verified with an accuracy better than 5 %.

The test voltage shall be substantially sinusoidal with a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The open-circuit voltage of the voltage source is initially set to not more than 50 % of the specified test voltage. It is then applied to the device under test. From this initial value the voltage shall be raised to the specified value in such a manner, that no appreciable transients occur and maintained for 1 min. It shall then be reduced smoothly to zero as rapidly as possible.

Acceptance criteria: no breakdown or flashover shall occur.

7.2.601.4 Impulse-voltage withstand test

The impulse-voltage withstand tests shall be made by applying the voltage given in 5.3.5.

A standard lightning impulse in accordance with IEC 60060-1 shall be used. The parameters are:

- output impedance: $500 \Omega \pm 10 \%$
- output energy: $0,5 \text{ J} \pm 10 \%$

The length of each test lead shall not exceed 2 m.

The impulse voltage shall be applied to the appropriate points accessible from the outside of the device, the other circuits and the exposed conductive parts being connected to earth.

During the test, no input or auxiliary energizing quantity shall be applied to the device.

Three positive and three negative impulses shall be applied at intervals of not less than 5 s.

Acceptance criteria: no flashover is accepted. After the test, the electronic shall still comply with basic accuracy tests.

7.3 Routine tests

7.3.1 Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals

Requirements of IEC 61869-1:2007, 7.3.1 are applicable with the following addition:

Dielectric tests shall be made on LPIT completely assembled, as in service; the outside surfaces of insulating parts shall be carefully cleaned.

7.3.4 Power-frequency voltage withstand tests on secondary terminals

Subclause 7.3.4 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following modifications:

The test voltage is defined in 5.3.5.

7.3.5 Test for accuracy

The routine test is, in principle, the same as the type test in 7.2.6.602. However, routine tests at a reduced number of test points are permissible if type tests on a similar LPIT have demonstrated that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with a specified accuracy class.

7.3.601 Power-frequency voltage withstand test for low-voltage components

For routine tests the same test set-up as for the type test is used (see 7.2.601). The duration of the test can either be 1 min as described in 7.2.601 or 1 s at 1,1 times the specified test voltage level defined in 5.3.5.

7.4 Special tests

7.4.601 Vibration tests

7.4.601.1 Vibration test for secondary parts

The secondary converter, the merging unit and secondary power supply are generally comparable to electrical secondary equipment in the substation and shall be tested in accordance with IEC 60068-2-6 according to 6.607.

7.4.601.2 Vibration test for primary parts

The test arrangement shall, as far as reasonably practicable, represent the worst-case service condition with respect to vibration. Vibration levels vary depending on connection arrangements, insulation type, and for circuit breakers, the actuation principle (spring mechanisms are considered to generate higher vibration levels).

7.4.601.2.1 Vibration test for primary parts during short-time current

This test is performed to determine that the low-power instrument transformer operates correctly in the presence of vibration resulting from busbar vibration caused by short-time current electromagnetic forces.

This test can be carried out in conjunction with a short-time current test or composite error test. 5 ms after the last opening of the circuit-breaker, the r.m.s. value of the secondary output signal of the low-power instrument transformer at rated frequency calculated over one period, which should theoretically be "0", shall not exceed 3 % of the rated secondary output. To represent the worst-case condition with respect to vibration, the low-power instrument transformer should be connected via a rigid connection to the circuit-breaker.

7.4.601.2.2 Vibration tests for primary parts mechanically coupled to a switchgear

7.4.601.2.2.1 General

These tests shall apply to LPITs mounted on AIS circuit-breaker, GIS switchgear, medium voltage switchgear and dead tank circuit-breaker.

7.4.601.2.2.2 Vibration during operation

This test is performed to determine that the low-power instrument transformer operates correctly in the presence of vibration resulting from circuit-breaker and disconnector operation.

The circuit-breaker shall be operated through one duty cycle (open-close-open) without current. 5 ms after the last opening of the circuit-breaker, the r.m.s. value of the secondary output signal of the low-power instrument transformer at rated frequency calculated over one period, which should theoretically be "0", shall not exceed 3 % of the rated secondary output. To represent the worst-case condition in respect of vibration, the circuit-breaker should be connected via a flexible conductor.

7.4.601.2.2.3 Vibration endurance test

The circuit-breaker shall be operated without primary current 2 000 times (class M1) or 10 000 times (class M2) as described in IEC 62271-100. Low-power instrument transformer accuracy at rated current and rated voltage shall be measured before and after the test. The low-power instrument transformer error following the test shall not differ from that recorded before the test by more than half the limit of error appropriate to its accuracy class.

NOTE Vibration levels generated by circuit-breakers have been found to be principally dependant on the actuation principle. A circuit-breaker having a spring mechanism will generally produce higher levels of vibration, thus a low-power instrument transformer test on such a circuit-breaker may be considered valid for other circuit-breakers, subject to agreement between manufacturer and purchaser.

601 Information to be given with enquiries, tenders and orders

601.1 Designation

When specifying an LPIT for an enquiry or an order, the relevant items necessary to determine its performance are given in the relevant product standards.

601.2 Dependability

The manufacturer shall provide a reliability and dependability credibility file (see 6.606).

Annex 6A (normative)

LPIT frequency response and accuracy requirements for harmonics

6A.1 General

The requirements in 6A.2 are relevant for all LPITs. The requirements in 6A.3 are relevant for LPITs involving digital data processing or transmission even if they have an analogue output.

The accuracy tests versus frequency on LPIT are presented in 6A.5.

6A.2 Requirements for noise and distortion

The requirements on noise are specified in 6.603.

The output of the LPIT can contain some perturbations added to the white noise common to all electrical systems. Such perturbation can be generated by the LPIT over a broad frequency band, and in the absence of any primary signal.

NOTE The source of these perturbations may be clock signals of the converters, multiplexer commutation noise, d.c./d.c. converter, commutation frequencies.

The following procedure is recommended:

- with no primary signal, measure the output of the instrument transformer using a spectrum analyser. This gives an image of the noise induced by the instrument transformer itself.

Another perturbation may come from distortion of the fundamental (creating its own harmonics), or from modulation of harmonics of the fundamental (creating interharmonics at the output of the secondary converter). The manufacturer shall give the user some indication about this source of perturbation. A simple measurement which would give a useful indication may be:

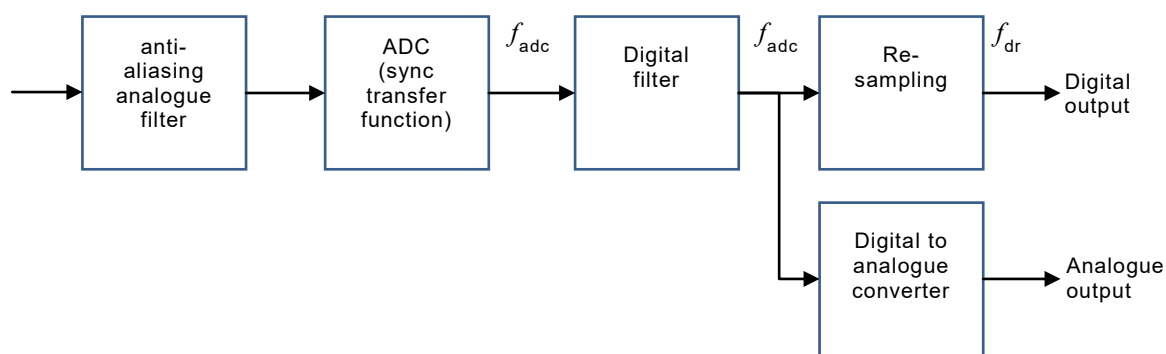
- with a 'pure' sinusoidal primary signal at rated frequency and magnitude, measure the output of the instrument transformer using a spectrum analyser for example. This would give an image of the harmonic distortion induced by the instrument transformer itself.

6A.3 Anti-aliasing filter requirements for LPIT using digital data processing

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 instrument transformers 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 6A.1 shows an example of a digital data acquisition system.



IEC

Key

f_{adc} ADC sampling rate
 f_{dr} Output sampling rate

Figure 6A.1 – Digital data acquisition system example

If f_{adc} is larger than f_{dr} , the signal bandwidth is equal to $f_{\text{dr}} / 2$, otherwise the signal bandwidth is equal to $f_{\text{adc}} / 2$.

Hence, a so-called anti-aliasing filter shall be used. Minimum anti-aliasing filter attenuation requirements are specified as a function of the instrument transformer accuracy class in Table 6A.1.

Table 6A.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
All protection classes	≥ 20 dB

Attenuation, expressed in decibels (dB), is calculated according to the following formula:

$$\text{Attenuation} = 20 \log_{10} \frac{I_p \times I_{\text{sr}}}{I_s \times I_{\text{pr}}} \text{ (dB)}$$

where

I_p is the r.m.s. value of the primary current at frequency f , with $f \geq f_s - f_r$;

I_s is the r.m.s. value of the secondary output at the mirrored frequency, that is, at $f_s - f_r$;

I_{pr} is the rated primary current;

I_{sr} is the rated secondary output.

For low-power voltage transformer, replace current I by voltage U .

6A.4 LPIT accuracy requirements for harmonics and low frequencies

6A.4.1 General

Due to the use of specific devices (non-linear loads, FACTS, 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 metering, quality and protection purposes. Figure 6A.2 illustrates the harmonic and anti-aliasing frequency response magnitude requirements for metering accuracy class 1 where $f_r = 60$ Hz and $f_s = 4\,800$ Hz. Specific accuracy requirements for each class are given in the following subclauses.

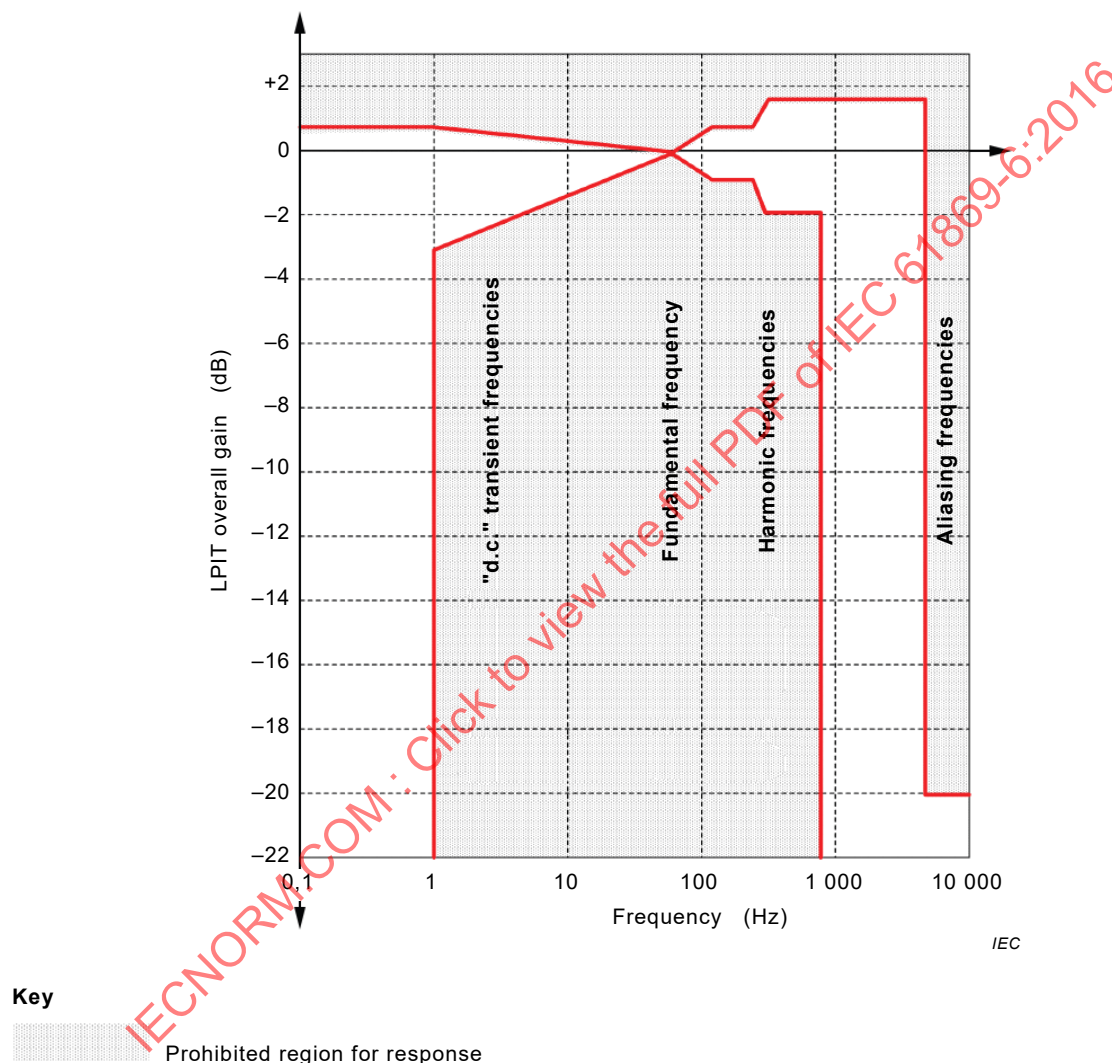


Figure 6A.2 – Frequency response mask for metering accuracy class 1
($f_r = 60$ Hz, $f_s = 4\,800$ Hz)

6A.4.2 Measuring accuracy classes

Table 6A.2 gives the limit of errors for the measuring classes.

Table 6A.2 – Measuring accuracy classes

Accuracy class (at f_r)	Ratio error at low frequency		Ratio error (+/–) at harmonics					Phase displacement (+/–) at low frequency	Phase error (+/–) at harmonics			
								Degrees				
	0 Hz	1 Hz	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 13 th	Above 13 th	1 Hz	2 nd to 4 th	5 th and 6 th	7 th to 9 th	10 th to 13 th
0,1	+1 % –100 %	+1 % –30 %	1 %	2 %	4 %	8 %	+8 % –100 %	45	1	2	4	8
0,2 0,2S	+2 % –100 %	+2 % –30 %	2 %	4 %	8 %	16 %	+16 % –100 %	45	2	4	8	16
0,5 0,5S	+5 % –100 %	+5 % –30 %	5 %	10 %	20 %	20 %	+20 % –100 %	45	5	10	20	20
1	+10 % –100 %	+10 % –30 %	10 %	20 %	20 %	20 %	+20 % –100 %	45	10	20	20	20
3 5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

NOTE 0 Hz in the first column means d.c. coupling is allowed but not required.

The transition between points defined in the above table shall be a straight line when shown in log/log scale.

The above limits apply equally to low-power voltage and current transformers.

6A.4.3 Accuracy class extension for quality metering and low bandwidth d.c. applications

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 %.

These extensions can be applied to all accuracy classes to indicate better performances at high frequencies.

The limit of accuracy for quality measurement and instrument transformers for d.c. application are given in Table 6A.3.

Table 6A.3 – Accuracy classes extension for quality metering and low bandwidth d.c. applications

Accuracy class	Ratio error (+/–) at frequencies shown below			Phase error (+/–) at frequencies shown below		
				Degrees		
	(0,1 ≤ f < 1) kHz %	(1 ≤ f < 1,5) kHz %	(1,5 ≤ f < 3) kHz %	(0,1 ≤ f < 1) kHz	(1 ≤ f < 1,5) kHz	(1,5 ≤ f < 3) kHz
0,1	1	2	5	1	2	5
0,2 0,2S	2	4	5	2	4	5
0,5 0,5S	5	10	10	5	10	20
1	10	20	20	10	20	20

For d.c. applications the phase errors are not applicable.

The accuracy classes 0,2S and 0,5S apply only for low-power current transformers.

The above limits of the Table 6A.3 apply equally to both, low-power voltage transformers and low-power current transformers.

The limits of accuracy for high bandwidth instrument transformers for d.c. application with high bandwidth application are given in Table 6A.4.

Table 6A.4 – Accuracy classes extension for high bandwidth d.c. applications

Accuracy class	Ratio error (+/–) at frequencies shown below			Phase error (+/–) at frequencies shown below		
				Degrees		
	$(0,1 \leq f < 5)$ kHz %	$(5 \leq f < 10)$ kHz %	$(10 \leq f < 20)$ kHz %	$(0,1 \leq f < 5)$ kHz	$(5 \leq f < 10)$ kHz	$(10 \leq f < 20)$ kHz
0,1	1	2	5	1	2	5
0,2 0,2S	2	4	5	2	4	5
0,5 0,5S	5	10	10	5	10	20
1	10	20	20	10	20	20
For d.c. applications the phase errors are not applicable.						

Class 0,2S and 0,5S apply only for low-power current transformers.

The above limits apply equally to both, low-power voltage and low-power current transformers.

6A.4.4 Protective accuracy classes

Table 6A.5 applies to all protective accuracy classes. 16,7 Hz or 20 Hz are relevant to cover possible influences coming from railway power frequencies (for electrical network with rated frequency at 50 Hz or 60 Hz).

Table 6A.5 – Protective accuracy classes

Accuracy class	Ratio error (+/–) at frequencies and harmonics shown below		Phase error (+/–) at frequencies and harmonics shown below	
			Degrees	
	1/3 rd component (16,7 Hz or 20 Hz) %	2 nd to 5 th harmonic %	1/3 rd component (16,7 Hz or 20 Hz)	2 nd to 5 th harmonic
All protection classes	10	10	10	10

Above limits apply equally to both low-power voltage and low-power current transformers.

6A.4.5 Special high bandwidth protection accuracy class

For some applications like travelling-wave relays, there is a need for frequencies as high as 500 kHz. The use of relays based on travelling-wave analysis seems a promising solution for very accurate fault location. For instance, new devices based on such principles claim to be much more accurate than conventional reactance based fault locators. This field is still under development, but CT and VT suitable for these relays should have a very large frequency range, hence the “extended” range, up to 500 kHz. No consensus for general requirements for this kind of application is available at the date of the publication. Table 6A.6 and the bandwidth is given for information only.

Table 6A.6 – Accuracy classes for special high bandwidth protection

Accuracy class	Maximum peak instantaneous error (+/–) at frequencies shown below	
	From f_r to 50 kHz	At 500 kHz
Special high bandwidth protection	10 %	30% (3dB)

NOTE 1 Travelling wave relays are designed especially for this purpose and are very special (very large bandwidth, etc.). Although conventional CT's often have sufficient bandwidth it is customary for the manufacturer to supply the relay/fault locator together with the current/voltage transformers and their associated electronics. In fact, many such devices act just like disturbance recorders, storing the data during the fault and doing some post-processing afterwards to locate the fault.

NOTE 2 Due to the high bandwidth, this class is not suitable for the standardized digital outputs.

6A.4.6 Special accuracy classes for d.c. coupled low-power voltage transformers

Low-power voltage transformers of this class shall be able to give some indication on the amount of d.c. voltage on the a.c. line. In this case the user does not need a very accurate image of the voltage. The important information is the polarity of the residual voltage on the line.

For this special class, all the requirements on harmonics detailed in 6A.4.4 shall also apply.

Additional requirement are given in Table 6A.7.

Table 6A.7 – Accuracy classes for special d.c. coupled low-power voltage transformers

Accuracy class	Maximum peak instantaneous error (+/–) at frequencies shown below
Special d.c. protection (for low-power voltage transformer)	from 0 Hz (d.c.) to f_r
	10 %

Care should be taken with an analogue output that the input transformers of the connected relays do not saturate, since the low-power voltage transformer may not discharge the line (constant d.c.-output for the low-power voltage transformer). Of course, with digital output, there is no such problem.

6A.5 Tests for accuracy versus harmonics and low frequencies

The tests are carried out to demonstrate that an LPIT complies with the accuracy requirement on harmonics and low frequencies given in 6A.4.2. 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 primary input signal at each considered harmonic frequency. Such a primary input signal should provide a realistic image of the dynamic requirements on the transformer and will yield a good image of some non-linear phenomena which can happen in the transformer (intermodulation, for example).

However, it can be difficult to achieve a test circuit which generates such a primary input signal. For practical considerations, it is accepted that the accuracy tests be made with only one single harmonic frequency applied at the primary side for each measurement.

6A.6 Test arrangement and test circuit

6A.6.1 Test for accuracy for harmonics and low frequencies

Frequency response requirements defined in Table 6A.2 above 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 6A.2.

The use of a suitable test setup is required (see IEC TR 61869-103 for more details).

Ferromagnetic circuit based devices (conventional CTs, VTs, CVTs and SAMU auxiliary input transformers) are susceptible to ferromagnetic core saturation and 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:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_{\text{test}}}{f_r}$$

Rogowski coil/air coil based devices provide output whose magnitude increases with frequency. To avoid measurement circuit clipping, testing above the nominal system frequency should be performed with test signal magnitude reduced in proportion with the frequency:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_r}{f_{\text{test}}}$$

Opto-electronic based devices are normally insensitive to test signal frequency. The test signal level at different frequencies will be determined primarily by the test laboratory capabilities.

Test currents and voltages for the special d.c. coupled low-power voltage transformers (6A.4.6) are shown in Table 6A.8.

Table 6A.8 – Accuracy classes for harmonics

Accuracy class	Magnitude of currents(or voltage) for accuracy tests (% of I_{pr}) or (% of U_{pr})	
	DC to f_r step every 10 Hz	f_r to the 5 th harmonic step every harmonic
Special d.c. (for low-power voltage transformers)	20 %	20 %

6A.6.2 Type test for proper anti-aliasing

The attenuation is calculated and the limit given in 6A.3 is checked. Where agreed to by the user and manufacturer, injection may be into the secondary converter.

The magnitude of the primary signal shall be at least 1 % of the rated primary signal.

NOTE Due 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 do the test is to calculate or measure the r.m.s. values for input and output separately using a digital system or a simple multimeter for analogue systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016

Annex 6B (informative)

Transient performances of low-power current transformers

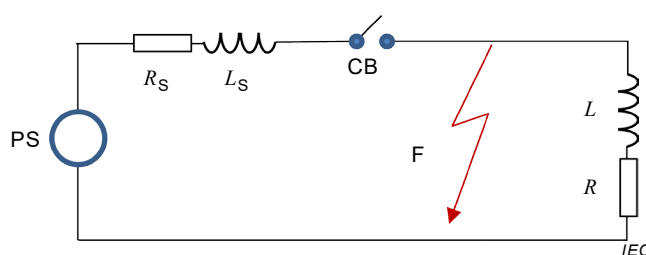
6B.1 General

Power system short-circuit currents contain alternating current (a.c.) and transient components. The transient component is also known as direct current (d.c.) component. As is described later in this annex, the a.c. component is at power system frequency, while the d.c. component decays exponentially over time. Current sensors, both conventional iron-core-based current transformers (CT) and low-power current transformers (LPCT) represent short-circuit currents with some errors. AC component errors may affect protection relay operation, while d.c. component errors are not usually relevant for relay protection using phasor-based algorithms as the d.c. component is filtered out. However, the d.c. component can cause saturation of current sensors that have non-linear elements such as iron-core CTs, distorting the a.c. component representation. DC component error may depend on the magnitude and duration of the d.c. component. If the current sensors do not saturate and do not have non-linear elements, d.c. components do not contribute to a.c. component errors.

Requirements for conventional CTs that use magnetic materials, which have non-linear characteristics, are provided in IEC 61869-2. Low-power current transformers that are based on different technologies like optical CTs that are appreciably linear (linearity defined by electronics) or Rogowski coils that by design do not have non-linear elements are not subject to the limitation of conventional CTs caused by phenomena such as saturation. The goal of this annex is to summarize benefits of using low-power current transformers for improved transient performances.

6B.2 Short-circuit currents in power systems

Figure 6B.1 shows a simplified circuit diagram of a power system and illustrates a fault (short-circuit) in the network. During normal operation, currents are limited by the load impedance. When a fault occurs, the current increases and is limited by the source and line impedances that are much smaller than the load impedance. Fault current is interrupted by a circuit breaker. The short-circuit current is modelled by Equation 6B.1 (pre-fault current is not represented). The fault current waveform is shown in Figure 6B.2. The first term in Equation 1 represents the decaying d.c. component of the fault current, while the second term represents the a.c. component. When the d.c. component is minimal, the fault current is considered symmetric.



$$T_p = \frac{L_s}{R_s}$$

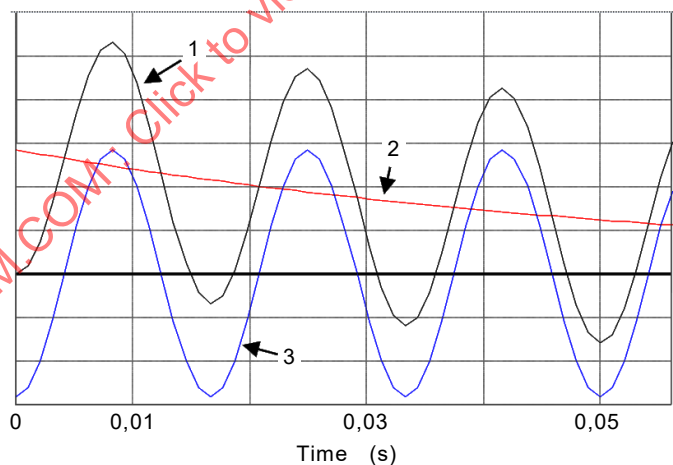
Key

- R_s, L_s Source impedance
 CB Circuit breaker
 F Fault (short circuit)
 PS Power system
 R, L Load impedance

Figure 6B.1 – Illustration of a fault in a power system

$$i(t) = \sqrt{2} \times I_{psc} \times \left[e^{-t/T_p} \times \cos \theta - \cos(\omega t + \theta) \right] \quad (6B.1)$$

- $i(t)$ short-circuit current instantaneous value
 I_{psc} short-circuit current r.m.s. value
 θ fault incidence angle
 T_p primary circuit time constant

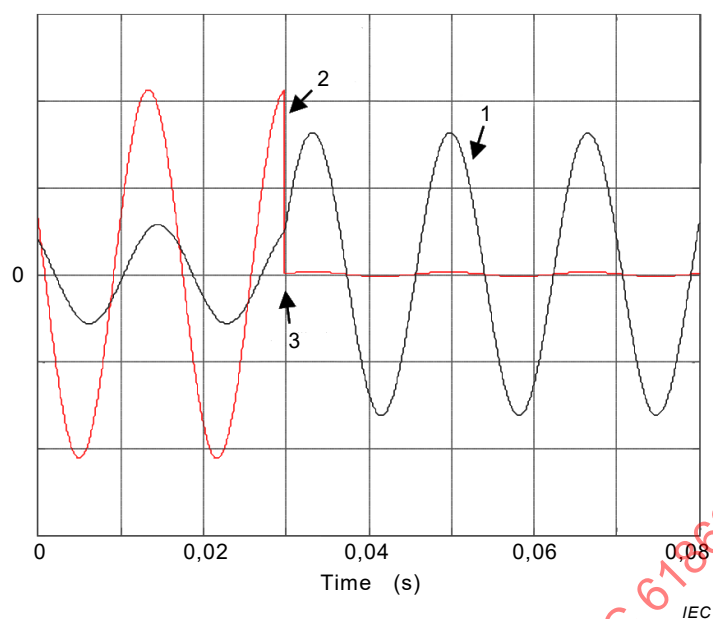


Key

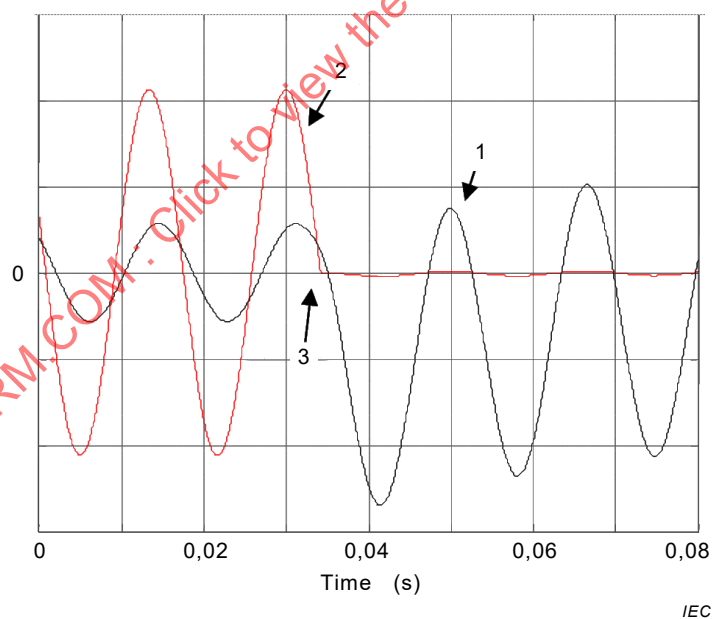
- 1 Short-circuit current
 2 DC component
 3 AC component

Figure 6B.2 – Short-circuit current a.c. and d.c. components

Assuming that the source and line are practically inductive, symmetric fault current is obtained for $\theta = 90^\circ$ (see Figure 6B.3), while a full-offset (asymmetric) fault current is obtained for $\theta = 0^\circ$ (see Figure 6B.4).

**Key**

- 1 Short-circuit current
- 2 Voltage
- 3 Fault incidence angle $\theta = 90^\circ$

Figure 6B.3 – Symmetric fault current**Key**

- 1 Short-circuit current
- 2 Voltage
- 3 Fault incidence angle $\theta = 0^\circ$

Figure 6B.4 – Asymmetric fault current

When a fault occurs, protective relays initiate circuit breaker operation that interrupts the fault current. Fault current interruption is within two to five cycles after the breaker operation is initiated by the relay. Because the majority of faults are temporary, the circuit breaker may be designed to reclose after a pre-set period of time. If the fault is permanent, the fault current

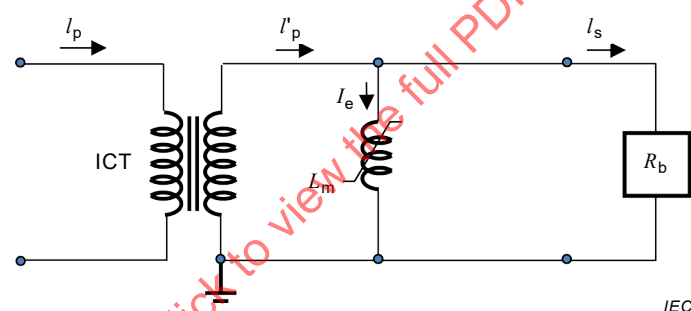
will be re-established and the circuit breaker will open again and, in the majority of cases, will not close again (will lockout). Therefore, IEC standards specify that the CT performance shall be tested for two consecutive short-circuit current periods.

The actual power system is a complex electric network, so Equation 1 is not adequate to accurately estimate short-circuit current values. It can only be used to approximate values. Short-circuit current a.c. and d.c. components depend on factors such as the primary time constant, fault location, and the network configuration. The primary circuit time constant near substations can be long (e.g. 200 ms), but a few kilometres from the substation (due to the line resistance) can be much shorter (e.g. 60 ms). Short-circuit current magnitudes also depend on the fault location (distance from the substation) and type of fault. To properly specify CT requirements during transient periods, power system parameters shall be accurately determined.

6B.3 Conventional current transformer equivalent circuit

In most cases, for relay applications, adequate CT transient analysis can be performed by a simplified CT equivalent circuit of Figure 6B.5.

Generally, CT parameters that should be represented include the magnetizing branch L_m (a non-linear element) and the CT burden. Typically, microprocessor-based relays are low-burden devices having a low resistance as seen by the CT and can be neglected. Therefore, the CT burden R_b may be represented only by the CT wire resistance and lead resistance.



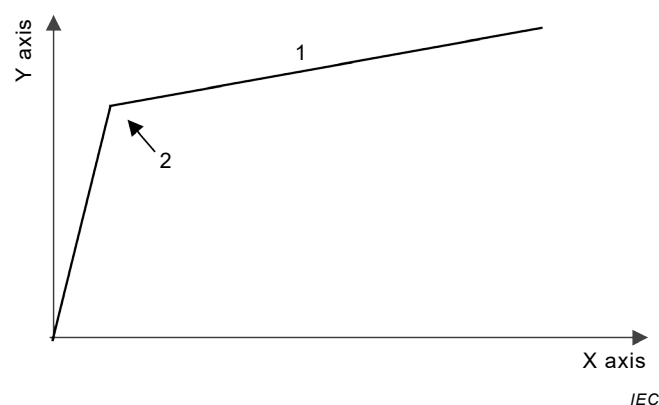
Key

- I_p Primary current (short-circuit current in the power system)
- I_s CT secondary current
- L_m CT magnetizing branch
- R_b CT burden
- ICT Ideal current transformer

Figure 6B.5 – Equivalent electrical circuit of a conventional CT

The CT magnetizing branch L_m has a non-linear volt-current (flux-current) characteristic as illustrated in Figure 6B.6.

The flux is proportional to the integral of the voltage.

**Key**

1 Saturation region

2 Knee point

Y axis Magnetic flux

X axis Exciting (magnetizing) current

Figure 6B.6 – Flux-current characteristic for a conventional CT without remanence representation

During normal operation magnetizing branch impedance is much higher than the CT burden impedance, so just a fraction of the CT secondary current flows through the magnetizing branch. For simplified representation, it can be considered that magnetizing branch is open-circuited and can be ignored.

However, during faults when primary currents are high, voltage across the magnetizing branch increases and can exceed the knee-point value. When this happens, the magnetizing branch impedance will rapidly decrease (saturation occurs) and the current through the magnetizing branch will increase. During severe saturation periods most of the CT secondary current flows through the magnetizing branch and only a fraction of the current flows through the CT burden, resulting in a high CT transformation error. For simplified representation, it can be considered that the CT burden is short-circuited and no current flows through it. The current in the secondary circuit has near-zero value.

The above explanation is appropriate for studying protection relay operation during CT saturation. However, the phenomena of CT saturation may be more accurately described as a weakening of the mutual coupling between the primary and secondary windings. When a CT saturates the induced CT secondary current decreases (will not increase at the same rate as the primary current) which results in a high CT transformation error.

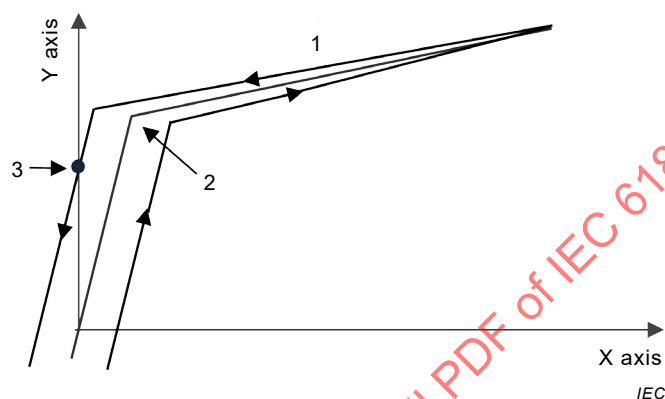
During steady-state conditions, the CT saturation depends on the CT secondary voltage magnitude, which is a function of the CT secondary current and the CT burden. To avoid saturation, the CT secondary voltage shall be below the knee-point value of the volt-current characteristic.

During transient conditions, such as short-circuits, the flux is influenced by both the a.c. and d.c. components of the primary current. The longer the primary circuit time constant the more likely the knee-point will be reached. To avoid saturation, the size of the CT core may be increased and/or the burden decreased.

When the short-circuit current is interrupted, the magnetic core will not return immediately to its initial conditions because the transient exponential current will continue to flow through the secondary circuit, decaying with the time constant of the secondary circuit T_s . Secondary current flowing after primary current is interrupted is called subsidence current. Due to the high CT core reactance, T_s can be much longer than the primary circuit time constant T_p . Depending on the size of the CT core, the CT secondary circuit time constant T_s can have

values of 2 s to 5 s. If another fault occurs before this current decay, the combined effect of the two faults may cause CT saturation where either alone would not.

Another recognized problem for CTs (that use the core without air gap) is remanent flux. Because of the CT core material hysteresis, when the fault current is interrupted during the CT saturation the CT core may retain remanent flux, as illustrated in Figure 6B.7. Remanent flux cannot decay and can be retained in the CT core for a long period of time. The CT core can retain remanent flux at about 80 % of the saturation flux. If a fault occurs when the CT retains remanent flux then the CT may saturate sooner than without the remanent flux. This will happen when the flux caused by the fault current adds to the remanent flux. However, if the flux caused by the fault current is in the opposite direction of the retained flux, the CT may not saturate at all.



Key

1 Saturation region

2 Knee point

3 Remanent flux

Y axis Magnetic flux

X axis Exciting (magnetizing) current

Figure 6B.7 – Representation of hysteresis and remanent flux for a conventional CT

A common practice for reducing remanence is the introduction of an air gap into the core. However, air gaps increase manufacturing costs, and have negative impact on other performance parameters.

6B.4 Types of current transformers

6B.4.1 Types of conventional CTs

Conventional CTs may have high accuracy during steady-state conditions. However, during faults involving high currents they may saturate, resulting in distorted secondary current waveforms and high transformation errors. Remanence in the CT core can contribute to faster and more severe saturation. To achieve required performance for relay protection applications, different designs of conventional CTs have been developed and applied, especially related to the CT core design. IEC standards specify requirements for different CT classes such as P, PR, PX, PXR, TPX, TPY, and TPZ. This annex includes a summary of the protective CT classes presented in Table 6B.1 defined by IEC 61869-2:2012 standard (Table 204).

Table 6B.1 – Protective CTs

Designation	Limit for remanent flux	Explanation
P	No ^a	Defining a CT to meet the composite error requirements of a short-circuit current under symmetrical steady state conditions
PR	Yes	
PX	No ^{a b}	Defining a CT by specifying its magnetizing characteristic
PXR	Yes ^b	
TPX	No ^a	Defining a CT to meet the transient error requirements under the conditions of an asymmetrical short-circuit current
TPY	Yes	
TPZ	Yes	
^a Although there is no limit of remanent flux, air gaps are allowed, e.g. in split core CTs.		
^b To distinguish between PX and PXR, the remanent flux criteria is used.		

6B.4.2 Types of low-power current transformers

There are several different types of low-power current transformers defined by IEC 61869 standard series. IEC 61869-8³ specifies requirements for electronic CTs such as optical CTs. IEC 61869-10 specifies requirements for low-power iron-core CTs and Rogowski coils. General requirements for electronic CTs and low-power current transformers are covered by IEC 61869-1 and this standard. IEC 61869-9 specifies requirements for digital interface for instrument transformers.

Optical CT technology is based on the Faraday effect, a phenomenon where the orientation of polarized light rotates proportional to the strength of the magnetic field component in the direction of the optical path. Transient performance is determined by the electronics. For applications with relays designed for low-power current transformer inputs, secondary output voltage at rated current usually is 200 mV and frequency bandwidth such as 0,5 Hz to 10 kHz.

Low-power iron-core CTs have similar designs to conventional CTs but employ a minimized iron core, resulting in a reduced size and weight. An internal resistor is connected across the output terminals, producing the output voltage directly proportional to the current. Because of the iron core, they can saturate similar to conventional CTs, which shall be considered when selecting these low-power current transformers. Usually, secondary output voltage at rated current is 22,5 mV.

Rogowski coils have linear volt-current characteristics because the wire is wound over a non-magnetic core. When design criteria are met, Rogowski coils achieve high accuracy and the same sensor can be used for both protection and metering. They produce an output voltage that is a scaled time derivative $di(t)/dt$ of the primary current. Rogowski coils are frequency-dependent devices with a linear volt-frequency characteristic. Rogowski coils cannot saturate and can be applied in systems with high fault currents and high d.c. components. Typically, secondary output voltage at rated current is 22,5 mV or 150 mV and frequency bandwidth from 0,1 Hz to over 1 MHz (depending on the design).

Class TPE low-power current transformers are designed for relay protection applications. The accuracy is defined by the highest permissible percentage composite error at the rated accuracy limit primary current prescribed for the accuracy class concerned. Class TPE designates transient protection electronic class CTs. Class TPE is defined by a maximum peak instantaneous error of 10 % at the accuracy limit condition, the rated primary circuit time constant, and the rated duty cycle. The peak instantaneous error includes d.c. and a.c. components. This is equivalent to the definition of TPY-class CTs.

³ Under consideration

6B.5 Transient performance of current transformers

6B.5.1 Transient performance of conventional current transformers

When short-circuit currents are low and the primary circuit time constant is short as not to saturate CTs, gapless CTs may be used. However, it is important to verify that CTs will not saturate during steady-state conditions (a.c. component).

When short-circuit currents are high and the d.c. component is significant, the gapless CT transient performance shall be defined and the appropriate CT selected. To avoid saturation, CTs shall be adequately sized or have designed protection systems that will operate fast, before the CT saturation. In most cases when a fault occurs with high d.c. component, CTs will not saturate in the first several milliseconds following the fault inception. However, remanent flux may decrease time-to-saturation, which needs to be considered.

Gapped class CTs such as TPZ, TPY, PR and PXR are often used to avoid saturation and reduce the remanence. The impact of air gap on the flux-current characteristic is shown in Figure 6B.8. Air gap minimizes remanence and effects of the d.c. component on the CT transient performance. However, the d.c. component may not be correctly transferred to the secondary circuit and the phase displacement is larger than conventional protective class CTs.

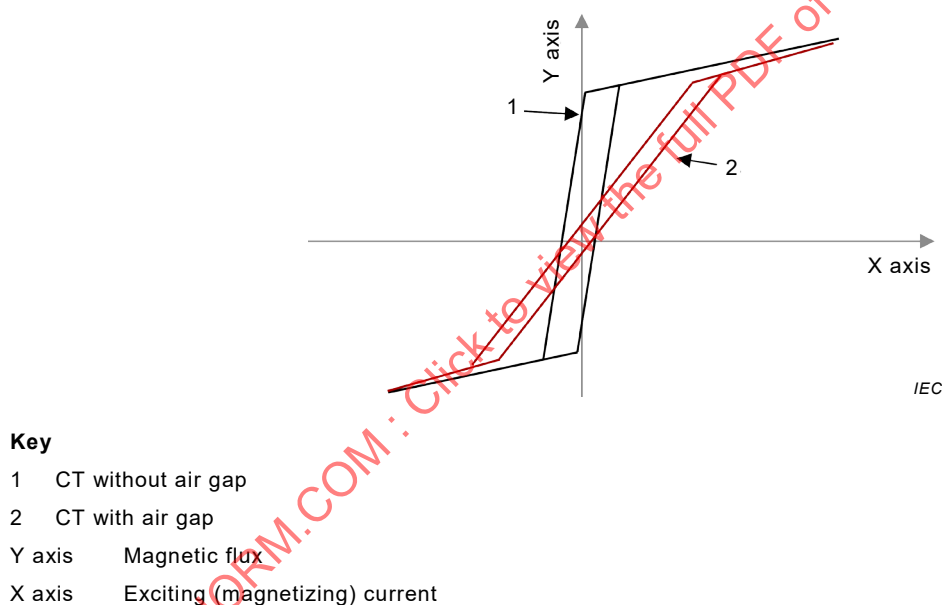
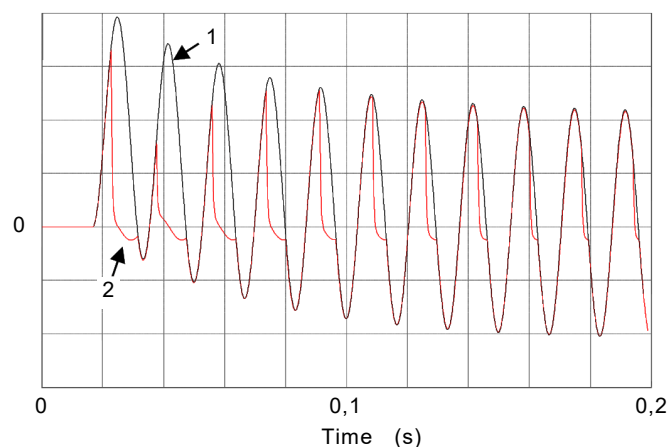


Figure 6B.8 – Comparison of flux-current characteristics for gapped and gapless CTs

If the phase displacement has to be kept small, TPY-class CTs should be used. In this design, the magnetic core size is increased to avoid saturation. Depending on the primary circuit time constant, the required CT core size increase can be significant. Assuming that there is no remanence in the CT core, and to avoid saturation for the maximum d.c. offset, dimensioning transient factor K_{tf} is defined by equation $K_{tf} = 1 + T_p \omega$. For example, for $T_p = 100$ ms, K_{tf} is 32 for a power frequency of 50 Hz. The air gap in the CT core reduces remanent flux. Transient error includes both a.c. and d.c. components.

Figure 6B.9 shows primary current with d.c. offset and the CT secondary current distorted due to the CT saturation caused by the primary current d.c. component. Figure 6B.10 shows r.m.s. value of the primary current (includes a.c. and DC components); r.m.s. value of the primary current a.c. component only; and r.m.s. value of the primary current a.c. component for a saturated CT. The shaded area in Figure 6B.10 is the primary current a.c. component that was not transferred to the CT secondary circuit due to CT saturation. This results in reduced

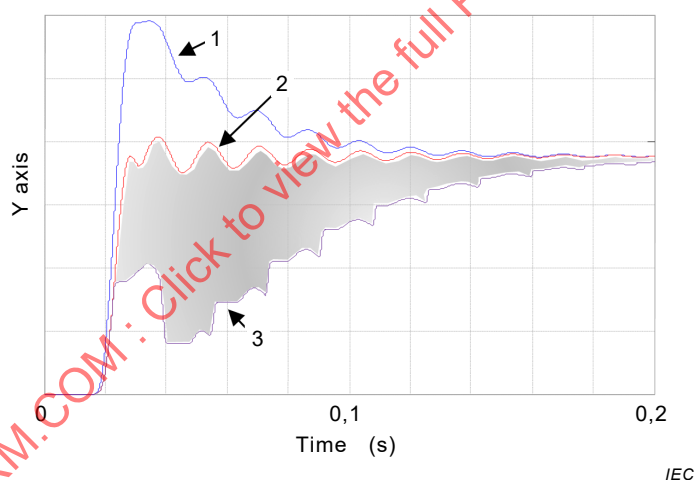
value of the short-circuit current derived by the relay which may affect proper operation of protective relays.



Key

- 1 Primary current
- 2 CT secondary current distorted due to saturation

Figure 6B.9 – Secondary current distorted due to the CT saturation



Key

- 1 Primary current with d.c. offset
- 2 AC component for non-saturated CT
- 3 AC component for saturated CT

Y axis Current r.m.s. value

The shaded area is the secondary current r.m.s. value that the relay cannot sense due to CT saturation.

Figure 6B.10 – AC component for non-saturated and saturated CT

6B.5.2 Transient performance of low-power current transformers

Low-power current transformers have a wider range of applications than conventional CTs. They do not saturate at high currents and high d.c. components do not affect their performance. The primary current a.c. component can be correctly transferred (without distortion) to the low-power current transformer secondary side. Protection solutions based on low-power current transformers may employ low cut-off (roll-off) frequency (below 1 Hz). TPE-class CTs implicitly define low cut-off frequency (related to the low-power current transformer secondary time constant) to limit peak instantaneous error of the d.c. component below 10 %.

A longer primary time constant requires a lower cut-off frequency to obtain the same peak instantaneous error of the d.c. component.

If a low-power current transformer is applied in a network with a longer primary time constant than the rated time constant or if its low cut-off frequency is higher than specified for TPE-class low-power current transformers, the peak instantaneous error of the d.c. component will increase. However, if the low-power current transformers operating characteristic is sufficiently linear, the peak instantaneous error of the a.c. component will remain low or within the specified limits. The transient behaviour is similar to conventional TPZ-class CTs. As the relay protection algorithms usually depend only on the peak instantaneous errors of a.c. components, the impact on the relay operation may be minimal. If the low-power current transformers operating characteristic is non-linear, the peak instantaneous error of the a.c. component will increase and may exceed an acceptable limit. Manufacturers should therefore specify acceptable peak instantaneous errors of a.c. components for their applications.

Example: Assume a rated primary time constant of 60 ms, which is equivalent to frequency of 2,67 Hz, and a low-power current transformers designed with a low cut-off frequency of 0,5 Hz. This satisfies error limits for TPE class low-power current transformers. If, for any reason, a primary fault current has a longer time constant like 200 ms (equivalent to a frequency of 0,8 Hz), the d.c. component error will be higher but will not cause error of the a.c. component. Therefore, the impact on the relay protection operation may be minimal.

Cut-off frequencies are also defined by this standard that specifies frequency response boundaries for digital interface for instrument transformers. Low and high cut-off frequencies are specified. DC coupling is also allowed. IEC standards specify amplitude and phase characteristic within the pass-band boundaries to ensure interoperability of protection devices and stop-band attenuation to prevent signal aliasing. The transition band is not specified to allow for different hardware and software implementations.

These systems can transmit the a.c. component with low errors while removing part of or the entire d.c. component. This implies that the primary time constant can be long without affecting the accuracy of the a.c. component measurement.

6B.6 Summary

Conventional iron core-based CTs may saturate during faults. A major cause for saturation is the fault current d.c. component. CTs can be adequately sized to avoid saturation or, in some cases, the protection system can be made to operate fast enough so that the CT will not saturate. An air gap in the CT core reduces flux remanence and the impact of the d.c. component.

Low-power current transformers have a wider range of applications than conventional CTs. Low-power current transformers, such as optical CTs and Rogowski coils, have linear characteristics and do not saturate. They can be applied for faults involving high currents and high d.c. components. However, they require electronics for signal conditioning or adequately designed relays to accept these types of signals. Protection solutions based on low-power current transformers may employ low cut-off frequency. The d.c. component may be filtered out, but the a.c. component is accurately represented.

Annex 6C (informative)

Transient performances of low-power voltage transformers

6C.1 Overview

This annex gives the information required to deal with transient performance conditions.

In order to improve understanding of these conditions it is useful to create a simple modelling of the low-power voltage transformer which makes it easy to describe the theoretical considerations.

6C.2 General

6C.2.1 Defining primary and secondary voltages

Primary and secondary voltages can be described by the following equations:

$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \times \sin(2\pi f t + \varphi_p) + U_{p\,dc}(t) + u_{p\,res}(t)$$

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \times \sin(2\pi f t + \varphi_s) + U_{s\,dc}(t) + u_{s\,res}(t)$$

where

- U_p is the r.m.s. value of the primary voltage when $U_{p\,dc}(t) = 0$ and $u_{p\,res}(t) = 0$;
 - U_s is the r.m.s. value of secondary voltage when $U_{s\,dc}(t) = 0$ and $u_{s\,res}(t) = 0$;
 - f is the fundamental frequency of the network in hertz;
 - $U_{p\,dc}(t)$ is the primary direct voltage, caused for example by trapped charges in volts;
 - $U_{s\,dc}(t)$ is the secondary direct voltage, caused, for example, by $U_{p\,dc}(t)$ and/or EVT internally produced offset in volts;
 - φ_p is the primary phase in radians;
 - φ_s is the secondary phase in radians;
 - $u_{p\,res}(t)$ is the primary residual voltage, including harmonic and subharmonic components;
 - $u_{s\,res}(t)$ is the secondary residual voltage, including harmonic and subharmonic components;
 - t is the instantaneous value of time, in seconds.
- $f, U_p, U_s, U_{p\,dc}, U_{s\,dc}, \varphi_p, \varphi_s$ being constant for steady-state conditions.

For the purposes of metering and protection, LPVTs shall give a correct measurement of the components at frequency f . Other terms of the equations describe unwanted components which can add errors to the measured signal.

6C.2.2 Normal service conditions of the network

Under normal service conditions the primary voltage U_p and the frequency f will remain between fixed limits due to the regulation of the network. For example

$$0,8 U_{pr} \leq U_p \leq 1,2 U_{pr}$$

$$0,99 f_r \leq f \leq 1,01 f_r$$

Under normal service conditions LPVTs designed for measurement purposes are used, more often than not, in combination with measurement CTs, i.e. for metering.

6C.2.3 Abnormal service conditions of the network

Due to troubles on the network the primary voltage U_p and the frequency f can be significantly different from their rated values.

Low-power voltage transformers used for metering purposes shall withstand these situations without damage, but their accuracy class is not subject to IEC standards and can be the object of an agreement between the manufacturer and the user in accordance with the desired performances.

Low-power voltage transformers used for protective purposes are designed to correctly transmit the signal during normal and abnormal conditions in order to inform the protection relay of any critical change in the condition of the network.

6C.2.4 Rated secondary voltages

Usually, electronic equipment is supplied by bipolar voltages of ± 12 V to ± 15 V which allows output signal values of ± 10 V peak with full linearity. Therefore, the rated secondary voltage value of low-power voltage transformers shall be chosen in such a way that the maximum value remains within these limits. The same observation applies to the low-voltage transformer digital output.

EXAMPLE:

Given a voltage factor $k_1 = 1,9$ and a full offset voltage by trapped charges $k_2 = 2$.

With a rated value of $3,25/\sqrt{3}$ V for a phase-to-earth low-power voltage transformer, the maximum voltage is given by

$$U_{\max} = k_1 \times k_2 \times 3,25 \sqrt{2} / \sqrt{3} = 10,08 \text{ V peak}$$

6C.2.5 Steady-state conditions

For steady-state conditions the value of the direct voltage component is constant:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} U_{p \text{ dc}}(t) = U_{p \text{ dc}}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} U_{s \text{ dc}}(t) = U_{s \text{ dc}}$$

$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \times \sin(2\pi f t + \varphi_p) + U_{p \text{ dc}} + u_{p \text{ res}}(t)$$

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \times \sin(2\pi f t + \varphi_s) + U_{s \text{ dc}} + u_{s \text{ res}}(t)$$

6C.3 Transient conditions

6C.3.1 Theoretical considerations

6C.3.1.1 Network phenomena

Lots of phenomena on networks, beside the normal service conditions, shall be considered when designing high-voltage equipment. Some of these have a direct influence on dielectric

design, others on the signal response requirements for example. The items listed below are a sample of the most important ones.

a) Continuous overvoltages on networks

Depending on the distance of a network part from a strong power source, the voltage can have a continuous value which is higher when compared to the rated value. The overvoltage is expressed by means of a factor by which the rated voltage shall be multiplied.

A usual value of this continuous overvoltage factor is 1,2.

b) Short-circuit to earth in a three-phase network with unearthed star point

An earth fault on one phase of such a network leads to overvoltages on the two unaffected phases. Theoretically, the overvoltage factor on this phase is the square root of 3. However, this factor depends on the distance of the earth fault from the observed network point. An earth fault can last for up to several hours, even days for network parts which are highly inaccessible, i.e. in winter.

A usual value for overvoltage factor is 1,9 for 8 h.

c) Atmospheric discharges on high-voltage overhead lines

Lightning generates overvoltages which cause a high degree of stress to high-voltage equipment. These overvoltages can reach the megavolt domain. Fortunately, the duration of this high level is usually limited to a few microseconds which means also that the amount of energy stressing the equipment is limited. But the rise-time of the wavefront of about 1 μ s leads to stress frequencies of several megahertz which is dangerous for all insulation due to stray capacitances.

The worst effect of this phenomenon appears in the regions in which the characteristic impedances are discontinuous. This is the case of a transition from an overhead line to a power transformer where the characteristic impedance of the line is much smaller than that of the transformer. The travelling wave can be raised by reflection to twice the initial value on such occasions.

Such overvoltages often lead, also, to short interruptions on the network in the event of the arcing of a spark-gap acting as a limiting device. The protection system sees the arcing as a short circuit to earth and activates a circuit-breaker. This is usually enough to eliminate the arc and the circuit-breaker recloses.

d) Switching activities

Other phenomena are caused by switching activities on high-voltage networks. These can lead to parasitic resonance with transient overvoltages which have frequencies different from the rated power frequency. The frequencies, in the domain of kilohertz and up to megahertz (in GIS), are mainly determined by the actual configuration of the network. Also, the arcing of circuit-breakers leads to transient effects with overvoltages. Both switching on and off of small inductive currents may initiate overvoltages which are caused by resonance between non-linear components and capacitances.

6C.3.1.2 Types of transient conditions

A lot of different transient conditions are due to overvoltages and switching activities as described in 6C.3.1.1.

As a remedy against these overvoltages there exists a number of different overvoltage limiting devices such as spark gaps and varistors. On the one hand these are necessary to protect the network and its components, on the other hand, they can also produce transient conditions which then have to be withstood. It is particularly important that low-power voltage transformers intended for the accurate transmission of a signal be designed accordingly. This leads to measuring device requirements stipulating a good frequency response up to several kilohertz.

Further transient conditions include sudden primary voltage changes due to a short circuit on the measured phase itself or to an earth fault on one of the other phases. A low-power voltage transformer shall be able, within a defined time of a few milliseconds, to reproduce these variations whilst respecting accuracy requirements for this time.

The most important transient condition problem for low-power voltage transformers using a pure capacitor divider as high-voltage sensor is due to the phenomenon of trapped charges. Same behaviour applies to all a.c. coupled voltage sensors.

During the switching-off of a line or cable, charges may be trapped on it. If the line is not intentionally earthed or discharged by a low-impedance device connected to it, the charges can remain for several days. The understanding of the phenomenon will be made easier with Figure 6C.1. The charge level depends on the phase position of the voltage when switching-off occurs. The worst case is when it occurs whilst the voltage is at its peak value U_p , meaning that the primary capacitor of the divider C_a stays charged, storing the charge $q_1 = C_a \cdot U_p$ while the secondary capacitor C_b is discharged by the parallel resistor R_2 of the connected device.

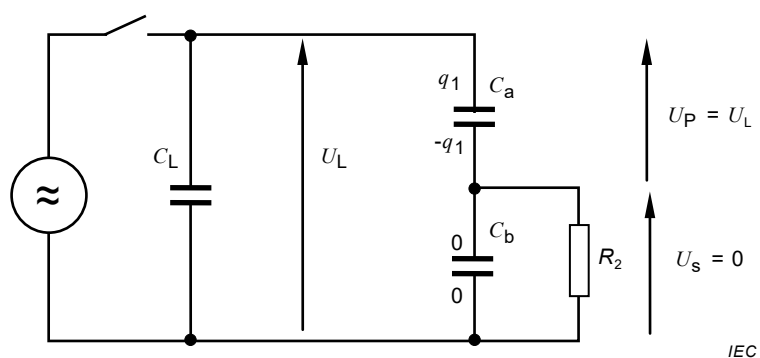
When the line is switched on again, the low d.c. impedance of the network discharges the line instantaneously which forces the charges of C_a to go to C_b . Thus, C_b will be charged now at

$$U_s = -q_1 / (C_a + C_b) = -U_p C_a / (C_a + C_b)$$

approximately equal to

$$-U_p (C_a / C_b)$$

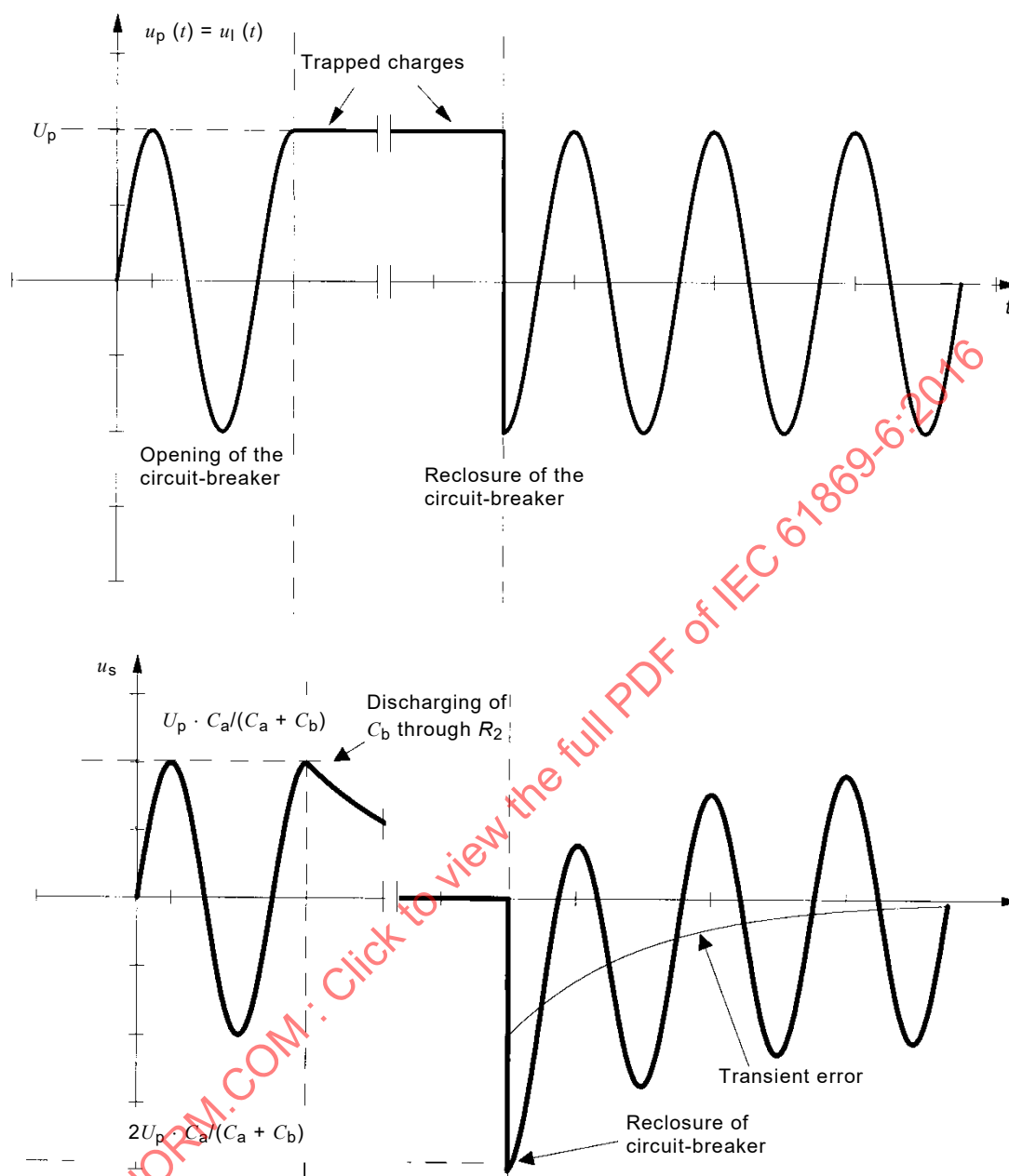
This voltage which decreases exponentially with the time constant $R_2 \cdot C_b$ is superposed on the sinusoidal signal and results in a substantial error (see Figure 6C.1). The worst effect of this non-periodic component is the saturation of transformers incorporated in the low-power voltage transformer itself or in the protective relays connected to it. An excellent solution to this problem is the use of a mixed resistive-capacitive divider transmitting the correct signal during this transient condition. Trapped charge induced transformer saturation phenomena do not apply to digital and low voltage (± 15 V peak) interfaces (see Figure 6C.2).

**Key**

C_L is the line capacitance.

Figure 6C.1 – Schematic diagram explaining the trapped charge phenomena

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016



IEC

Key

U_p is the voltage on primary terminals.

U_s is the voltage on secondary terminals.

Figure 6C.2 – Voltages during trapped charges phenomena

6C.3.1.3 Equations of $u_p(t)$ and $u_s(t)$

The theoretical transient condition occurring in a network can be described using the following equations, previously introduced to deal with steady state conditions:

Primary voltage:
$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) + U_{p \text{ dc}} + u_{p \text{ res}}(t)$$

Secondary voltage: $u_s(t) = U_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) + U_{s\text{ dc}} + u_{s\text{ res}}(t)$

A sudden change in one or more of the parameters creates transient conditions.

The comparison of $u_s(t)$ and $u_p(t)$ gives the performance quality of the low-power voltage transformer in transient conditions, as specified in Table 6C.1 and Table 6C.2.

Table 6C.1 – Primary short circuit

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t \geq t_o + (1/f_r)$
$ u_p(t) $	See equation above	0	0
U_p	$F_V U_{pr}$	0	0
$ u_s(t) $	See equation above	$ u_s(t_o) $	$\leq 0,1 u_s(t < t_o) $
NOTE t_o is the exact time when the short-circuit occurs.			

Table 6C.2 – Trapped charges

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t_o < t < t_1$	$t \geq t_1$
U_p	$F_V U_{pr}$	0	0	$F_V U_{pr}$
$U_{p\text{ dc}}$	0	$\pm F_V U_{pr} \sqrt{2}$	$\pm F_V U_{pr} \sqrt{2}$	0
$ u_s(t) $	See equation above	$ u_s(t_o) $	$ U_{s\text{ dc}}(t) $	1 ^a
NOTE The values in this table are for the worst case of opening at t_o and reclosing at t_1 with opposite polarity of U_p .				
t_o is the exact time when the circuit-breaker opens.				
t_1 is the exact time when the circuit-breaker recloses.				
^a Limits: see requirements in Table 6C.3				

Table 6C.3 – Limits of instantaneous voltage error for protective electronic voltage transformers in case of trapped charges reclose

Comment	f/f_r	U_p/U_{pr}	$U_{p\text{ dc}}/U_{pr} \sqrt{2}$ for $t \leq 0$	φ_p	ε_u %	
					$2 < f \cdot t \leq 3$	$3 < f \cdot t \leq 4,5$
Line charged with F_V per unit, reclosing in an opposite polarity of 1 per unit	1	1	F_V	$-\pi/2$	10 ^a	5 ^a
Idem with opposite polarity	1	1	$-F_V$	$+\pi/2$	10 ^a	5 ^a
^a By agreement between manufacturer and purchaser, other values may be adopted.						

Where $f \cdot t$ is the product of the frequency f by the time t and represents the number of cycles for which the accuracy is considered.

Instantaneous error limits given in Table 6C.3 apply to a.c. coupled electronic voltage transformers with analogue output exceeding ± 15 V peak.

AC-coupled low-power sensors with low-voltage analogue output and sensors with digital output complying with the frequency response mask defined in Table 6A.2 may not meet the requirement of Table 6C.3. In this case it is up to the secondary equipment downstream to implement additional filtering as required.

NOTE Compliance with Table 6A.2 implies a high-pass corner frequency of about 1 Hz, while compliance with Table 6C.3 implies a corner frequency of approximately 15 Hz.

6C.3.1.4 Simple modelization of the low-power voltage transformer

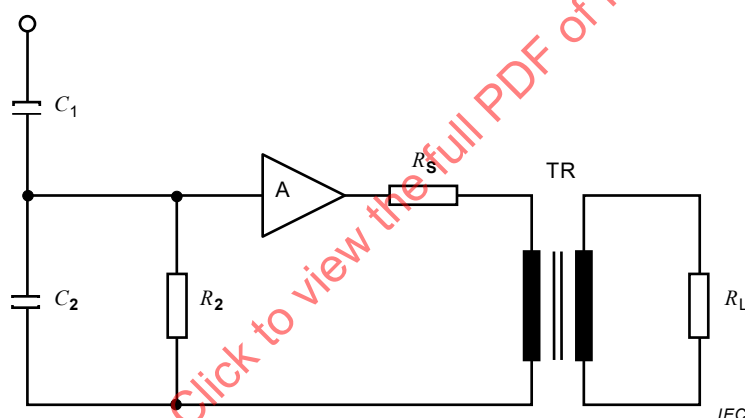
6C.3.1.4.1 General

Every time a practical test is impossible, behaviour of the low-power voltage transformer shall be verified by simulation. This requires an agreement between the manufacturer and the user regarding both the low-power voltage transformer model and the simulation software to be used.

Simulation is commonly used in other areas, i.e. simulation (using EMTP software) instead of real tests is a well-accepted means used to verify correct behaviour of a circuit-breaker in a network.

6C.3.1.4.2 Low-power voltage transformer model

The same model shall be applied for both the primary short-circuit and trapped charge condition. The agreement between the manufacturer and the user shall be based on the comparison of results from the real test and the simulation during primary short circuit. The model shall take into account the non-linearity of the low-power voltage transformer.



Components

C_1, C_2	capacitive voltage dividers
A	ideal amplifier with unity voltage gain
TR	inductive magnetic transformer
R_2	input impedance of A
R_S	total equivalent impedance of A's output circuit
R_L	burden

Figure 6C.3 – Modelization example of a simplified low-power voltage transformer

Let us assume that the low-power voltage transformer (in transient condition) can be described by the diagram of Figure 6C.3.

The model shall describe the network including the non-linearity of the inductive magnetic transformer TR. The simulation can be performed with different software, i.e. EMTP, Saber, Spice, etc. R_L is the burden and shall comply with the requirements of this standard (parallel or series burden). The modelization of the complete test arrangement shall be in accordance with 6C.3.3.

6C.3.1.5 Effects of transients on protective relays

In high-voltage substations VTs are connected to protective relays. The input stage of these relays is equipped with inductive magnetic VTs ensuring galvanic insulation. These transformers are very small in size and their primary winding is made with very thin wires. Consequently, they are very sensitive to the presence of any d.c. component at their input. This d.c. component can induce a saturation of their magnetic circuits. The resulting overcurrent can cause a thermal breakdown of the primary winding. Care should be taken by the user and manufacturer to verify the effect of the electronic VT on the relays during the presence of trapped charges. This is particularly important if the low-power voltage transformer has an output amplified to emulate conventional voltage transformers (above ± 15 V peak) and is capable of transmitting direct voltage, or voltage at very low frequency.

6C.3.2 Definition of transient error

The instantaneous voltage error is defined by the following formula:

$$\varepsilon_u(t) \% = \frac{K_r \cdot u_s(t) - u_p(t)}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

where

$\varepsilon_u(t) \%$ is the instantaneous voltage error;

K_r is the rated transformation ratio.

6C.3.3 Test of transient performance

6C.3.3.1 Transient performance test for capacitive voltage transformers

In IEC 61869-5, CVTs are subject to transient performance requirements, the primary short circuit alone being taken into consideration.

The test can be done by recording two signals. The first is the output of the CVT. The second is the output of a reference device representing the primary voltage and giving an accurate determination of the instant at which the short circuit occurs. The performance is simply controlled by direct measurement of the residual value of the first signal.

6C.3.3.2 Transient performance test for low-power voltage transformers

6C.3.3.2.1 General

The instantaneous voltage error for transient conditions is defined by the following formula:

$$\varepsilon_u(t) \% = \frac{K_r \cdot u_s(t) - u_p(t)}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

This formula can be rewritten as follows:

$$\varepsilon_u(t) \% = \left[u_s(t) - \frac{1}{K_r} u_p(t) \right] \frac{K_r}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

Using the steady-state error definition

$$\varepsilon_u \% = \frac{K_r \cdot U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

U_p can be expressed by a function of U_s

$$U_p = \frac{K_r U_s}{1 + \varepsilon_u / 100}$$

Replacing U_p by this expression in the previous formula gives

$$\varepsilon_u(t) \% = \left[u_s(t) - \frac{1}{K_r} u_p(t) \right] \frac{1}{u_s \sqrt{2}} (1 + \varepsilon_u / 100) \times 100$$

Taking into account that

$$\frac{\varepsilon_u}{100} \ll 1$$

The test procedure can be simplified by using the following formula:

$$\varepsilon_u(t) \% = \left[u_s(t) - \frac{1}{K_r} u_p(t) \right] \frac{1}{u_s \sqrt{2}} \times 100$$

Note that the transient performance test can only be considered to be completed if the time occurrence of the primary short circuit and the reclosure on trapped charges are varied, covering all real network situations.

Effects of rated delay time. In order to avoid unwanted effects on protective relays two cases can be considered.:

- No relationship between the low-power voltage transformer rated delay time and the CT. The test can be carried out without external compensation of the rated delay time t_{dr} .
- The low-power voltage transformer is used with a CT having the same rated delay time. The test can be carried out using a pure time delay device inserted between the reference transformer and the differential amplifier. The delay time of this device can be set to a value given by $t_d = \varphi_e / 2\pi f_r$, φ_e and f_r being the values indicated on the rating plate.

6C.3.3.2.2 Primary short circuit

In the case of primary short-circuit testing we have $u_p(t) = 0$ for $t > 0$

Thus, the formula above becomes reduced to

$$\varepsilon_u \% (t) = u_s(t) \frac{1}{U_s \sqrt{2}} \times 100$$

which is the mathematical expression of the requirement expressed in this standard.

NOTE $U_s \sqrt{2}$ is the peak value of the low-power voltage transformers secondary output voltage for $t < 0$ (before the short circuit occurs). This simplified formula makes use of a calibrated primary voltage reference for primary

short circuit testing unnecessary. Only one time reference is needed to identify the precise moment at which the short circuit occurs.

6C.3.3.2.3 Reclosure on a line with trapped charges

For $t < 0$

$$u_p(t) = u_{p\text{ dc}}(t) + u_{p\text{ res}}(t)$$

$$u_s(t) = u_{s\text{ dc}}(t) + u_{s\text{ res}}(t)$$

For $t \geq 0$

$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) + u_{p\text{ res}}(t)$$

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) + u_{s\text{ dc}}(t) + u_{s\text{ res}}(t)$$

Then for $t \geq 0$

$$\varepsilon_u(t)\% = \left[u_s(t) - \frac{1}{K_r} u_p(t) \right] \frac{1}{u_s \sqrt{2}} \times 100$$

Replacing $u_s(t)$ and $u_p(t)$ by their expression, we get

$$\varepsilon_u\%(t) = \varepsilon_{u\text{ ac}}\%(t) + \varepsilon_{u\text{ tr}}\%(t)$$

with

$$\varepsilon_{u\text{ ac}}\%(t) = \frac{U_s \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) - (U_p / K_r) \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p)}{U_s} \times 100$$

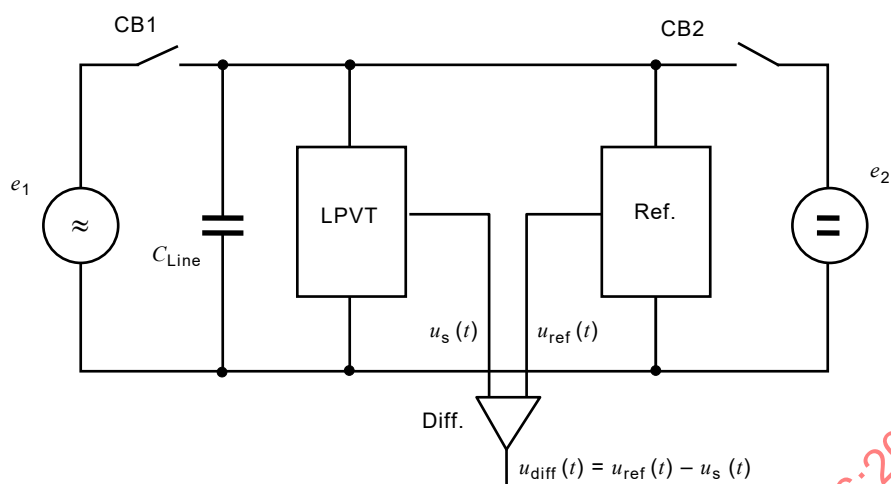
$$\varepsilon_{u\text{ tr}}\%(t) = \frac{u_{s\text{ dc}}(t) + u_{s\text{ res}}(t) - (u_{p\text{ res}}(t) / K_r)}{U_s \sqrt{2}} \times 100$$

The first term $\varepsilon_{u\text{ ac}}\%(t)$ contains only sinusoidal components and is the steady-state error of the low-power voltage transformer. If the low-power voltage transformer is correctly adjusted, it can be neglected considering the second term $\varepsilon_{u\text{ tr}}\%(t)$ which is the error's transient component.

The worst case is where $u_{p\text{ dc}}(0) = F_V U_s \sqrt{2}$. The time constant of the low-power voltage transformer component $u_{s\text{ dc}}(t)$ has a substantial influence on the choice of a test procedure. We shall distinguish two cases: long- and short time constants.

6C.3.3.2.4 Short time constants

If $u_{s\text{ dc}}(t)$ decays with a time constant less than 100 ms, a realistic test arrangement is possible, as shown in Figure 6C.4.



IEC

Key

Ref. is a high-voltage reference divider with the same voltage ratio as the low-power voltage transformer.

Diff. is a calibrated differential amplifier with a low pass bandwidth characteristic determined by an agreement between user and manufacturer.

Figure 6C.4 – Testing arrangement for short time constant

$e_1(t)$ is set to the rated voltage and frequency, $e_2(t)$ is set to a d.c. value equal to the rated peak value, multiplied by the overvoltage factor F_V .

$$e_1 = U_{pr} \sqrt{2} \sin(2\pi f t)$$

$$e_2 = k U_{pr} \sqrt{2}$$

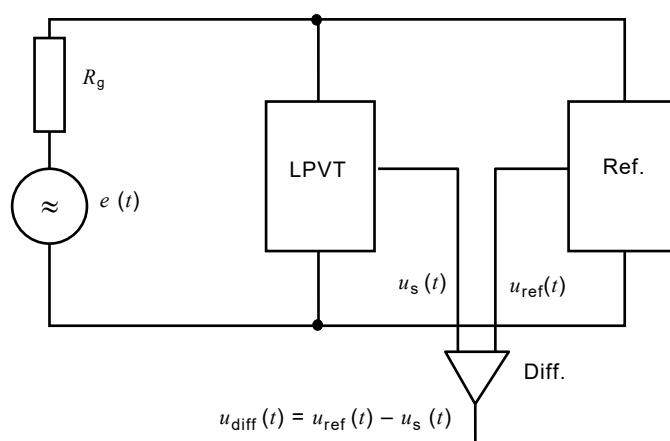
$C_{Line} \geq 1\,000$ pF in order to ensure that the primary voltage decay is at least 10 times slower than the secondary voltage decay of the low-power voltage transformer during the trapped charge situation (CB1 and CB2 open).

Sequence of operation:

- CB1 open CB2 closed Charging the high-voltage capacitors (C_{Line} , low-power voltage transformer, etc.) up to the assigned value $F_V \cdot U_{pr} \sqrt{2}$.
- CB1 open CB2 open Isolating the high-voltage d.c. source e_2 from the a.c. source e_1 .
- CB1 closed CB2 open Reclosing on trapped charges with a rated value U_{pn} for the a.c. component.

6C.3.3.2.5 Long time constants

If $u_{s\,dc}(t)$ decays with a time constant higher than 100 ms, a realistic test arrangement is possible, as shown in Figure 6C.5.



IEC

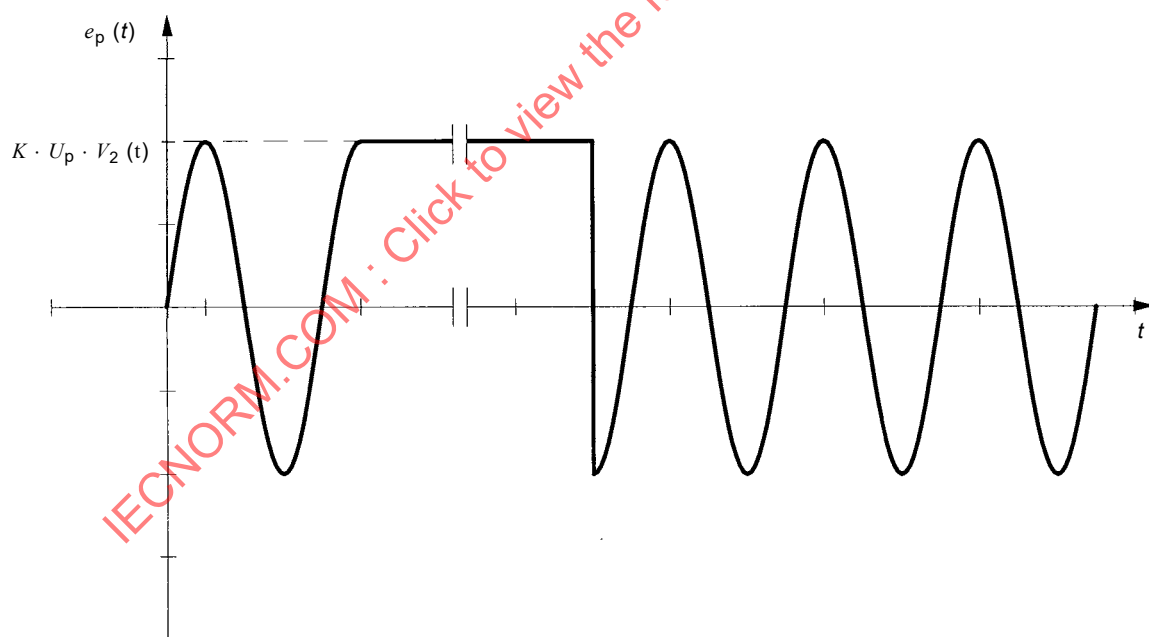
Key

Ref. represents a high-voltage reference divider with the same voltage ratio as the low-power voltage transformer.

Diff. represents a calibrated differential amplifier with a low-pass bandwidth characteristic determined by an agreement between user and manufacturer.

Figure 6C.5 – Testing arrangement for long time constant

The waveform $e(t)$ is illustrated in Figure 6C.6.



IEC

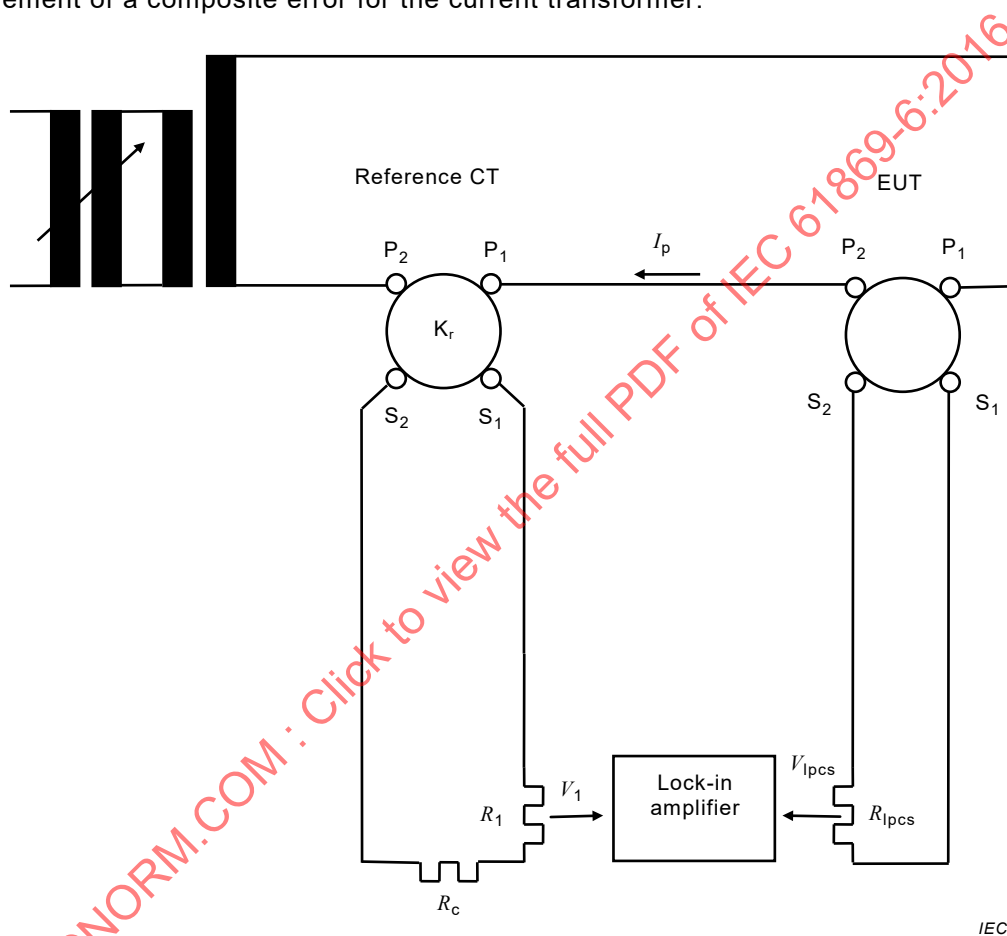
Figure 6C.6 – Typical waveform of $e(t)$ during test

Annex 6D (informative)

Test circuits

6D.1 Test circuits for accuracy measurements in steady state for low-power current transformers

Figure 6D.1, Figure 6D.2 and Figure 6D.3 show some basic circuits for the direct measurement of a composite error for the current transformer.

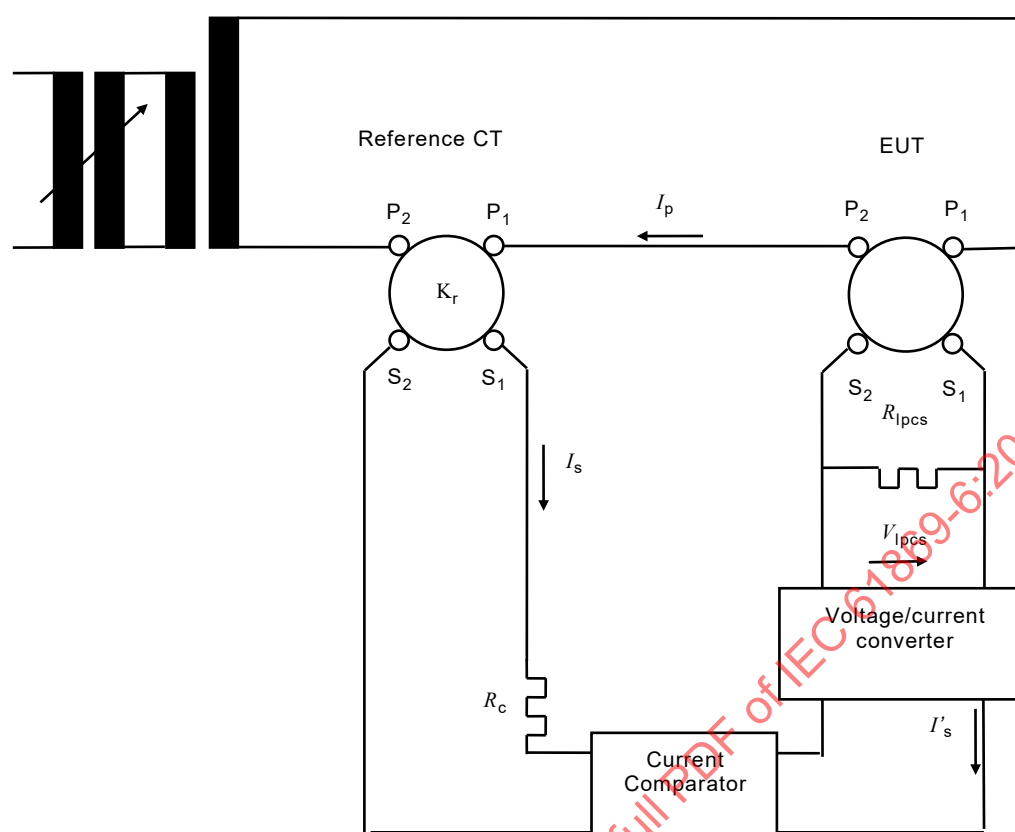


Key

K_r	Rated transformation ratio of reference CT
V_1	Voltage at the input of the lock-in amplifier
R_1	Burden used to adjust the voltage at the input of the lock-in amplifier
$R_1 + R_c$	Rated secondary burden of reference CT
V_{1pcs}	Secondary voltage for low-power current transformer
R_{1pcs}	Rated secondary burden of low-power current transformer
R_1 and R_{1pcs}	are required to be high accuracy burden

The voltage at the input of the lock-in amplifier shall be adjusted in rated conditions. This voltage shall be equal to the rated secondary voltage.

Figure 6D.1 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state

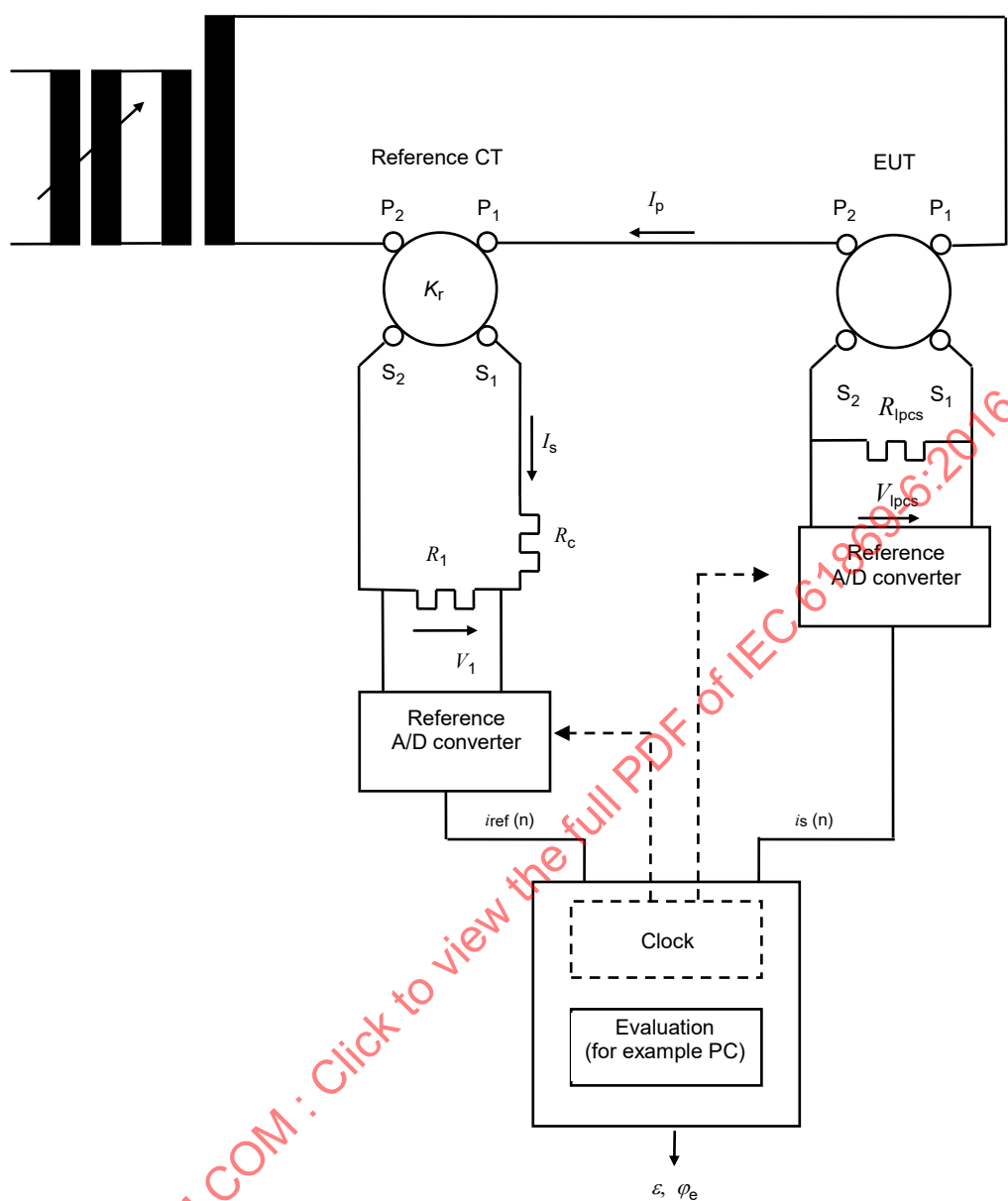


IEC

Key

- K_r Rated transformation ratio of reference CT
 I_s Secondary current for reference CT
 I'_s Secondary current for low-power current transformer
 V_{lpcs} Secondary voltage for low-power current transformer with analogue output
 R_c Rated secondary burden of reference CT
 R_{lpcs} Rated secondary burden of low-power current transformer

Figure 6D.2 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state (alternative solution)



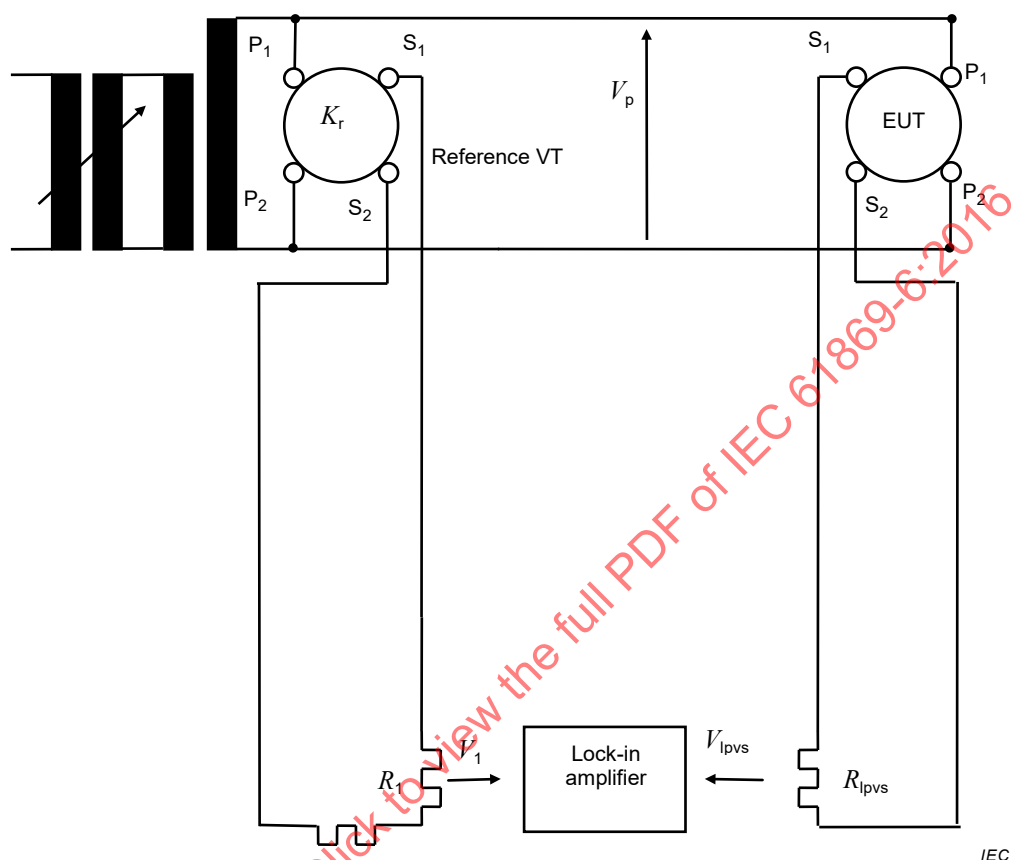
Key

- K_r Rated transformation ratio of reference CT
- V_1 Voltage at the input of the reference A/D converter
- V_{lpcs} Secondary voltage for low-power current transformer with analogue output
- R_1 Burden used to adjust the voltage at the input of the reference A/D converter
- $R_1 + R_c$ Rated secondary burden of reference CT
- R_{lpcs} Rated secondary burden of low-power current transformer
- R_1 is required to be a high accuracy burden

Figure 6D.3 – Test circuit for digital accuracy measurements in steady state

6D.2 Test circuits for accuracy measurements in steady state for low-power voltage transformers

Figure 6D.4, Figure 6D.5 and Figure 6D.6 show some basic circuits for the direct measurement of an error for the voltage transformer.

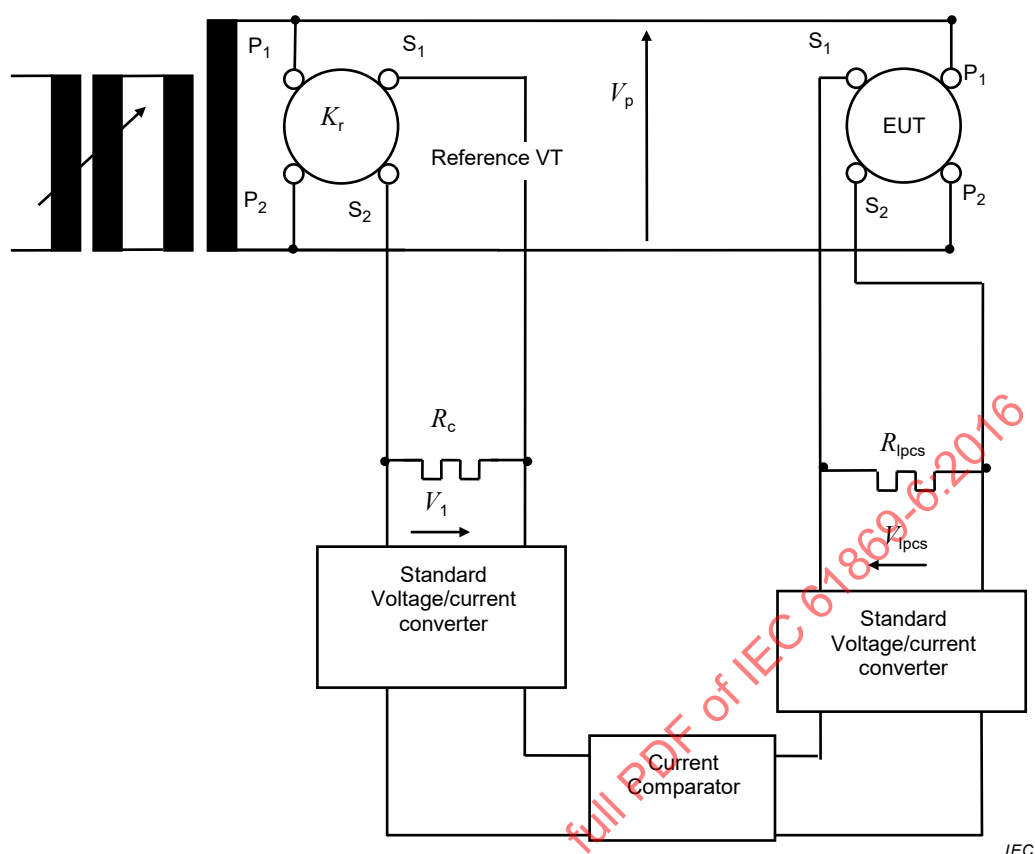


Key

K_r	Rated transformation ratio of reference VT
V_1	Voltage at the input of the lock-in amplifier
R_1	Burden used to adjust the voltage at the input of the lock-in amplifier
$R_1 + R_c$	Rated secondary burden of reference VT
V_{lpvs}	Secondary voltage for low-power voltage transformer
R_{lpvs}	Rated secondary burden of low-power voltage transformer
R_1 and R_{lpvs}	are required to be high accuracy burden

The voltage at the input of the lock-in amplifier shall be adjusted in rated conditions. This voltage shall be equal to the rated secondary voltage.

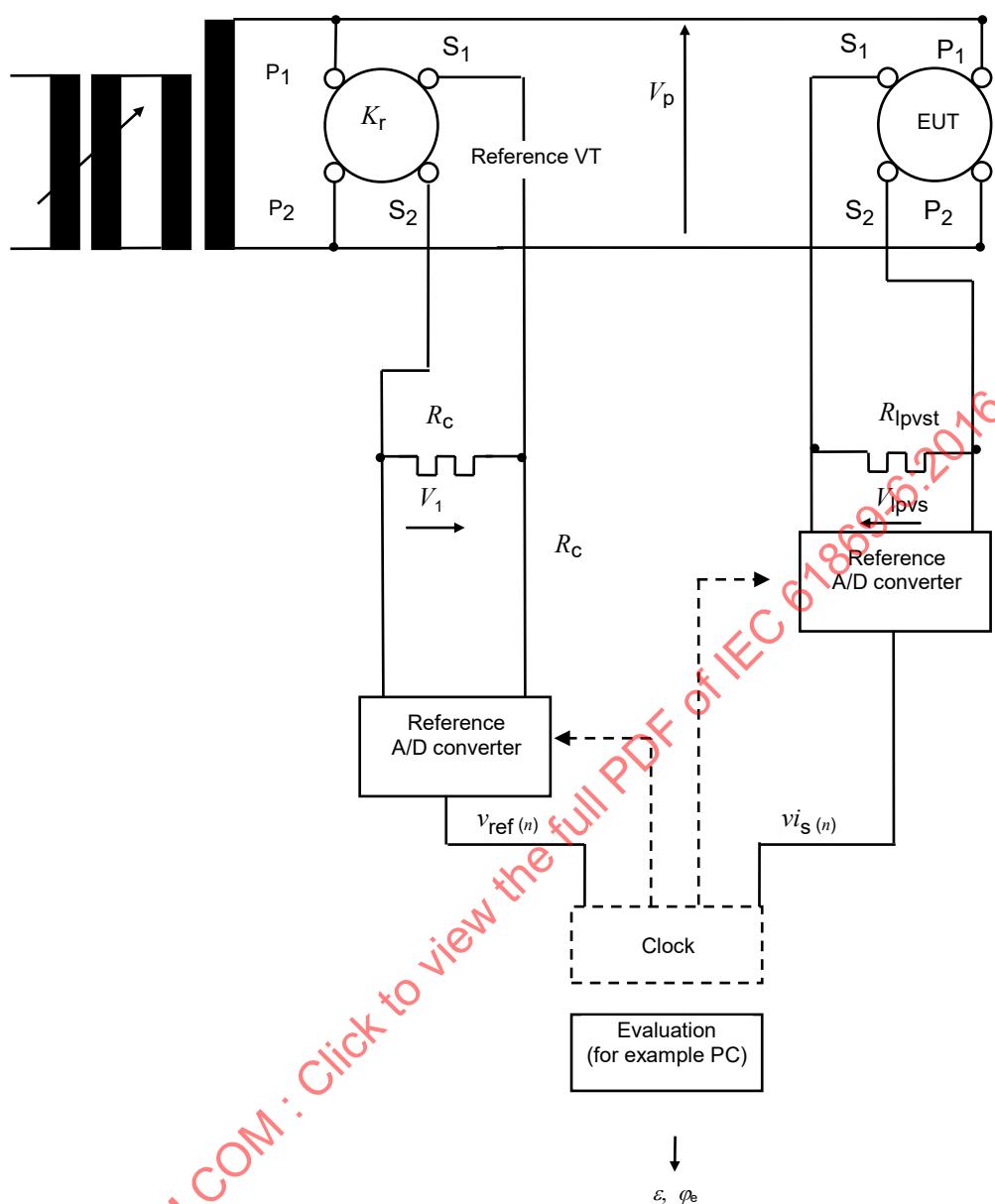
Figure 6D.4 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state



Key

- K_r Rated transformation ratio of reference VT
- V_s Secondary voltage for reference VT
- V'_s Secondary voltage for low-power voltage transformer
- V_{lpcs} Secondary voltage for low-power voltage transformer with analogue output
- R_c Rated secondary burden of reference VT
- R_{lpcs} Rated secondary burden of low-power voltage transformer

Figure 6D.5 – Test circuit for analogue accuracy measurements in steady state (alternative solution)

**Key**

- K_r Rated transformation ratio of reference VT
- V_1 Voltage at the input of the reference A/D converter
- V_{lpvs} Secondary voltage for low-power voltage transformer with analogue output
- R_1 Burden used to adjust the voltage at the input of the reference A/D converter
- $R_1 + R_c$ Rated secondary burden of reference VT
- R_{lpvs} Rated secondary burden of low-power voltage transformer
- R_1 is required to be a high accuracy burden

Figure 6D.6 – Test circuit for digital accuracy measurements in steady state

Annex 6E (informative)

Graph explaining the accuracy requirements for multi-purpose low-power current transformer

The graph in Figure 6E.1 shows the accuracy limits of a multipurpose low-power current transformer (i.e. an LPIT which obeys measuring and protective requirements), which is also specified for transient response.

The marks show at which primary current the accuracy is actually tested during type tests. The lines show in which primary current range the accuracy is supposed to be maintained.

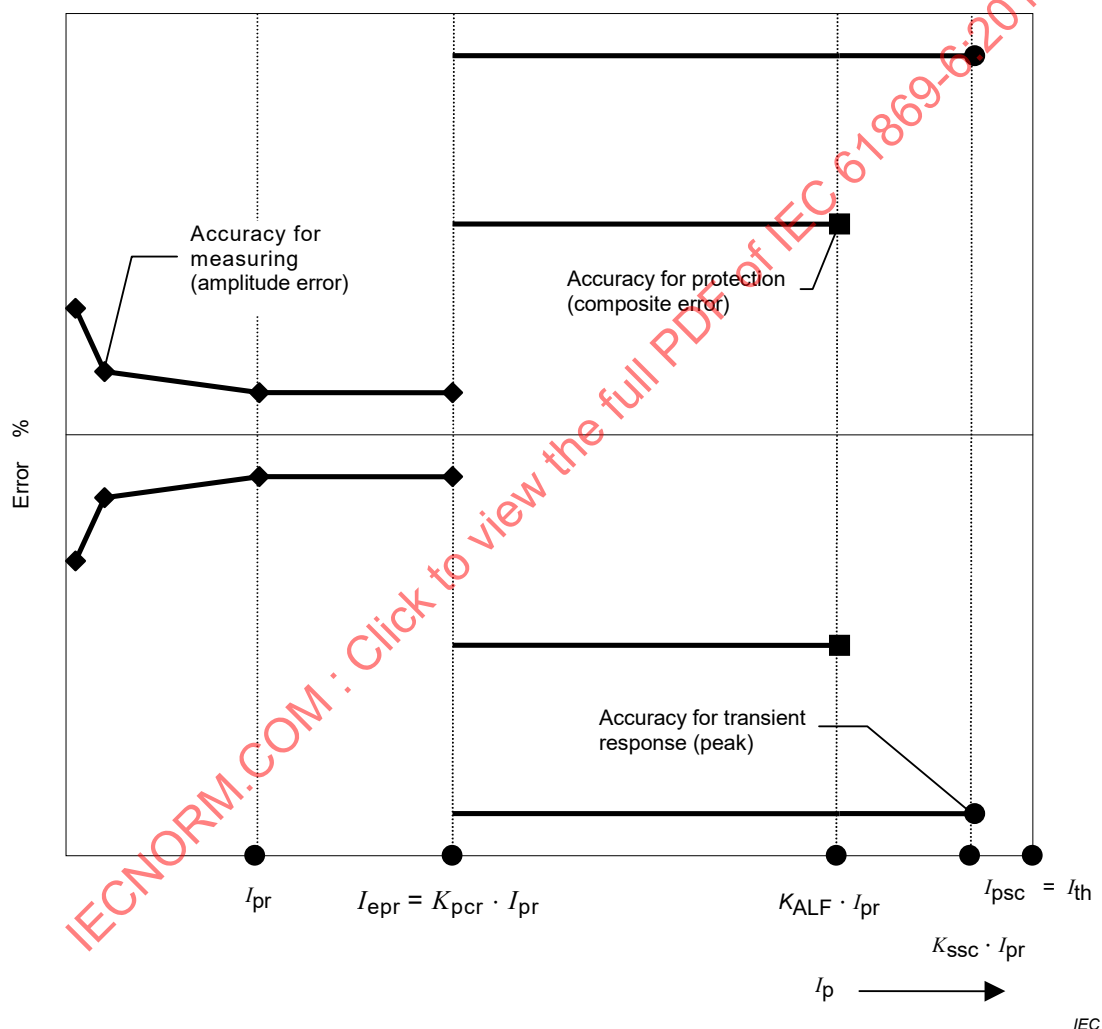


Figure 6E.1 – Accuracy limits of a multi-purpose low-power current transformer

If an application requires a small deviation between the phase and/or amplitude error between the low-power current transformers on different phases, the user shall select a set of low-power current transformers with similar calibration data, as is also done with conventional transformers. The calibration data is available from routine testing. A special test is not needed.

Bibliography

IEC 60044-7:1999, *Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transformers*

IEC 60044-8:2002, *Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers*

IEC 60050-321:1986, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 321: Instrument transformers*

IEC 60050-421:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421: Power transformers and reactors*

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61850 (all parts), *Communication networks for power utility automation*

IEC 61869 (all parts), *Instrument transformers*

IEC 61869-5, *Instrument transformers – Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers*

IEC 61869-7 *Instrument transformers – Part 7: Additional requirements for electronic voltage transformers* ⁴

IEC 61869-8 *Instrument transformers – Part 8: Additional requirements for electronic current transformers* ⁴

IEC 61869-9, *Instrument transformers – Part 9: Digital interface for instrument transformers*

IEC 61869-10, *Instrument transformers – Part 10: Specific requirements for low power passive current transformers* ⁴

IEC 61869-11, *Instrument transformers – Part 11: Specific requirements for low power passive voltage transformers* ⁴

IEEE C37.92-2005, *Standard for analog inputs to protective relays from electronic voltage and current transducers*

⁴ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	91
1 Domaine d'application	95
2 Références normatives	96
3 Termes et définitions	98
3.1 Termes et définitions généraux	98
3.2 Termes et définitions liés aux caractéristiques assignées diélectriques et aux tensions	102
3.3 Termes et définitions liées aux caractéristiques assignées de courant	103
3.4 Termes et définitions liés à la précision	107
3.5 Termes et définitions liés aux autres caractéristiques assignées	111
3.7 Index des abréviations et des symboles	112
4 Conditions de service normales et spéciales	113
4.2 Conditions de service normales	113
4.2.3 Vibrations ou tremblements de terre	113
4.2.601 Transformateur de mesure de faible puissance partiellement extérieur	113
5 Caractéristiques assignées	114
5.3 Niveaux d'isolement assignés et tensions	114
5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires	114
5.3.601 Tension d'alimentation auxiliaire assignée (U_{ar})	114
5.4 Fréquence assignée	115
5.5 Puissance de sortie assignée	115
5.5.601 Charge assignée (ou de précision) (R_{br})	115
5.5.602 Valeurs normalisées pour le temps de retard assigné (t_{dr})	115
5.6 Classe de précision assignée	115
6 Conception et construction	115
6.7 Exigences mécaniques	115
6.11 Compatibilité électromagnétique (CEM)	116
6.11.3 Exigences relatives à l'immunité	116
6.11.4 Exigences relatives aux surtensions transmises	119
6.11.601 Exigences relatives aux émissions	119
6.13 Marquages	119
6.601 Exigences relatives au système de transmission optique et aux liaisons de sortie optique	119
6.601.1 Généralités	119
6.601.2 Connecteurs optiques	120
6.601.3 Coffret d'extrémité à fibre optique	120
6.601.4 Longueur totale de câble	120
6.602 Exigences relatives au système de transmission électrique et aux câbles électriques de liaison de sortie	120
6.602.1 Connecteurs	120
6.602.2 Mise à la terre du câble de sortie	121
6.603 Rapport signal sur bruit	121
6.604 Détection des défaillances et notification de maintenance	121
6.605 Aptitude au fonctionnement	122
6.606 Fiabilité et sûreté de fonctionnement	122
6.607 Vibrations	122
7 Essais	123

7.1	Généralités	123
7.1.2	Liste des essais	123
7.2	Essais de type	124
7.2.1	Généralités	124
7.2.2	Essai d'échauffement	124
7.2.3	Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires	124
7.2.5	Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	124
7.2.6	Essai concernant la précision	129
7.2.601	Essai de tenue en tension du composant basse tension	131
7.3	Essais individuels de série	133
7.3.1	Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes primaires	133
7.3.4	Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes secondaires	133
7.3.5	Essai concernant la précision	133
7.3.601	Essai de tenue en tension à la fréquence industrielle des composants basse tension	133
7.4	Essais spéciaux	133
7.4.601	Essais de vibrations	133
601	Informations à fournir avec les demandes d'information, les soumissions et les commandes	134
601.1	Désignation	134
601.2	Sûreté de fonctionnement	134
Annexe 6A (normative)	Réponse en fréquence du LPIT et exigences de précision concernant les harmoniques	135
6A.1	Généralités	135
6A.2	Exigences en matière de bruit et de distorsion	135
6A.3	Exigences relatives au filtre antirepliement pour le transformateur de mesure de faible puissance utilisant le traitement de données numériques	135
6A.4	Exigences de précision du transformateur de mesure de faible puissance concernant les harmoniques et les basses fréquences	137
6A.4.1	Généralités	137
6A.4.2	Classes de précision de mesure	137
6A.4.3	Extension de classe de précision concernant la mesure de la qualité de l'onde et les applications en courant continu à faible largeur de bande	138
6A.4.4	Classes de précision de protection	139
6A.4.5	Classe de précision de protection à large bande particulière	139
6A.4.6	Classes de précision particulières pour les transformateurs de tension de faible puissance couplés en courant continu	140
6A.5	Essais de précision par rapport aux harmoniques et aux basses fréquences	140
6A.6	Disposition d'essai et circuit d'essai	141
6A.6.1	Essai de précision des harmoniques et basses fréquences	141
6A.6.2	Essai de type pour l'antirepliement correct	142
Annexe 6B (informative)	Réponses en régime transitoire des transformateurs de courant de faible puissance	143
6B.1	Généralités	143
6B.2	Courants de court-circuit dans les réseaux	143
6B.3	Circuit équivalent du transformateur de courant conventionnel	146
6B.4	Types de transformateurs de courant	148
6B.4.1	Types de transformateurs de courant conventionnels	148
6B.4.2	Types de transformateurs de courant de faible puissance	149

6B.5 Réponse en régime transitoire des transformateurs de courant.....	150
6B.5.1 Réponse en régime transitoire des transformateurs de courant conventionnels	150
6B.5.2 Réponse en régime transitoire des transformateurs de courant de faible puissance	152
6B.6 Récapitulatif.....	153
Annexe 6C (informative) Réponses en régime transitoire des transformateurs de tension de faible puissance.....	155
6C.1 Présentation	155
6C.2 Généralités	155
6C.2.1 Définitions de la tension primaire et de la tension secondaire	155
6C.2.2 Conditions de service normales du réseau.....	155
6C.2.3 Conditions de service anormales du réseau.....	156
6C.2.4 Tensions secondaires assignées	156
6C.2.5 Régime établi	156
6C.3 Régimes transitoires	156
6C.3.1 Considérations théoriques	156
6C.3.2 Définition de l'erreur transitoire.....	163
6C.3.3 Essais de performance en régime transitoire	163
Annexe 6D (informative) Circuits d'essai.....	169
6D.1 Circuits d'essai pour les mesurages de précision en régime établi des transformateurs de courant de faible puissance	169
6D.2 Circuits d'essai pour les mesurages de précision en régime établi des transformateurs de tension de faible puissance	172
Annexe 6E (informative) Graphique expliquant les exigences de précision du transformateur de courant de faible puissance polyvalent	175
Bibliographie.....	176
Figure 601 – Diagramme général d'un transformateur de mesure de faible puissance (LPIT) monophasé	95
Figure 602 – Constante de temps du primaire T_p	105
Figure 603 – Cycles de fonctionnement, excitation simple	106
Figure 604 – Cycles de fonctionnement, excitation double	107
Figure 605 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications AIS HT	125
Figure 606 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications MT	126
Figure 607 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications GIS HT.....	127
Figure 608 – Essai de précision du cycle de température.....	130
Figure 6A.1 – Exemple de système d'acquisition de données numériques	136
Figure 6A.2 – Gabarit de réponse en fréquence pour la classe de précision de comptage 1 ($f_r = 60$ Hz, $f_s = 4\,800$ Hz)	137
Figure 6B.1 – Représentation d'un défaut dans un réseau	144
Figure 6B.2 – Composantes alternatives et continues du courant de court-circuit	144
Figure 6B.3 – Courant de défaut symétrique	145
Figure 6B.4 – Courant de défaut asymétrique	145
Figure 6B.5 – Circuit électrique équivalent d'un transformateur de courant conventionnel	146

Figure 6B.6 – Caractéristique flux-courant d'un transformateur de courant conventionnel sans représentation de rémanence	147
Figure 6B.7 – Représentation de l'hystérésis et du flux rémanent pour un transformateur de courant conventionnel	148
Figure 6B.8 – Comparaison des caractéristiques flux-courant des transformateurs de courant avec et sans entrefer.....	151
Figure 6B.9 – Courant secondaire déformé du fait de la saturation du transformateur de courant	152
Figure 6B.10 – Composante alternative du transformateur de courant non saturé et saturé	152
Figure 6C.1 – Schéma expliquant les phénomènes de charges piégées.....	159
Figure 6C.2 – Tensions lors de phénomènes de charges piégées	160
Figure 6C.3 – Exemple de modélisation d'un transformateur de tension de faible puissance simplifié	162
Figure 6C.4 – Disposition d'essai pour la constante de temps faible	166
Figure 6C.5 – Disposition d'essai pour la constante de temps importante.....	167
Figure 6C.6 – Forme d'onde classique de $e(t)$ pendant l'essai	168
Figure 6D.1 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision analogiques en régime établi	169
Figure 6D.2 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision analogiques en régime établi (autre solution).....	170
Figure 6D.3 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision numériques en régime établi	171
Figure 6D.4 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision analogiques en régime établi	172
Figure 6D.5 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision analogiques en régime établi (autre solution).....	173
Figure 6D.6 – Circuit d'essai pour les mesurages de précision numériques en régime établi	174
Figure 6E.1 – Limites de précision d'un transformateur de courant de faible puissance polyvalent.....	175
Tableau 601 – Tenue de la borne secondaire et du composant basse tension	114
Tableau 602 – Exigences d'immunité et essais	117
Tableau 603 – Connecteurs	120
Tableau 10 – Liste des essais.....	123
Tableau 6A.1 – Filtre antirepliement	136
Tableau 6A.2 – Classes de précision de mesure.....	138
Tableau 6A.3 – Extension des classes de précision concernant la mesure de la qualité de l'onde et les applications en courant continu à faible largeur de bande	138
Tableau 6A.4 – Extension des classes de précision concernant les applications en courant continu à large bande.....	139
Tableau 6A.5 – Classes de précision de protection	139
Tableau 6A.6 – Classes de précision concernant la protection à large bande particulière.....	140
Tableau 6A.7 – Classes de précision pour les transformateurs particuliers de tension de faible puissance couplés en courant continu	140
Tableau 6A.8 – Classes de précision pour les harmoniques.....	142

Tableau 6B.1 – Transformateurs de courant de protection	149
Tableau 6C.1 – Court-circuit primaire.....	161
Tableau 6C.2 – Charges piégées.....	161
Tableau 6C.3 – Limites de l'erreur instantanée de tension pour les transformateurs de tension électroniques de protection en cas de refermeture sur charges piégées	161

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

**Partie 6: Exigences générales supplémentaires
concernant les transformateurs de mesure de faible puissance**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61869-6 a été établie par le comité d'études 38 de l'IEC: Transformateurs de mesure.

Cette première édition de l'IEC 61869-6 annule et remplace les parties correspondantes de l'IEC 60044-7, parue en 1999, et de l'IEC 60044-8, parue en 2002¹.

¹ L'IEC 60044-7 et l'IEC 60044-8 seront remplacées par la série IEC 61869, mais tant que toutes les parties correspondantes n'ont pas été publiées, ces deux normes sont toujours en vigueur.

La présente version bilingue (2017-07) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2016-04.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 38/501/FDIS et 38/507/RVD.

Le rapport de vote 38/507/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61869, publiées sous le titre général *Transformateurs de mesure*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

La présente Partie 6 doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61869-1:2007 (sur laquelle elle s'appuie), *Exigences générales* – le lecteur étant toutefois invité à utiliser l'édition la plus récente.

La présente Partie 6 respecte la structure de l'IEC 61869-1:2007 et complète ou modifie ses articles correspondants.

Lorsqu'un article/paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans la présente Partie 6, cet article/ce paragraphe s'applique. Lorsque la présente norme mentionne "addition", "modification" ou "remplacement", le texte correspondant de la Partie 1 doit être adapté en conséquence.

Pour les articles, paragraphes, figures, tableaux, annexes ou notes supplémentaires, le système de numérotation suivant est utilisé.

- les articles, paragraphes, tableaux, figures et notes qui sont numérotés à partir de 601 sont complémentaires à ceux de la Partie 1;
- les annexes supplémentaires sont indiquées par 6A, 6B, etc.

Un aperçu de l'ensemble planifié de normes à la date de publication du présent document est indiqué ci-dessous. La liste de normes à jour publiée par le TC 38 de l'IEC est disponible sur le site web: www.iec.ch.

NORMES DE FAMILLES DE PRODUITS	NORME DE PRODUIT IEC	PRODUITS	ANCIENNE NORME IEC
IEC 61869-1 EXIGENCES GÉNÉRALES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE	61869-2	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT	60044-1 60044-6
	61869-3	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS INDUCTIFS DE TENSION	60044-2
	61869-4	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS COMBINÉS	60044-3
	61869-5	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION	60044-5
	IEC 61869-6 EXIGENCES GÉNÉRALES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE DE FAIBLE PUISSANCE	61869-7	60044-7
		61869-8	60044-8
		61869-9	
		61869-10	
		61869-11	60044-7
		61869-12	
		61869-13	
		61869-14	
		61869-15	

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

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 6: Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance

1 Domaine d'application

La présente Partie de l'IEC 61869 est une norme de familles de produits et couvre uniquement les exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance (LPIT) utilisés pour les applications en courant alternatif présentant des fréquences assignées comprises entre 15 Hz et 100 Hz couvrant les applications moyenne tension (MT), haute tension (HT) et très haute tension (THT) ou utilisés pour les applications en courant continu. La présente norme de produit s'appuie sur l'IEC 61869-1:2007, en plus de la norme correspondante spécifique au produit.

La présente partie de l'IEC 61869 ne couvre pas la spécification du format de sortie numérique des transformateurs de mesure.

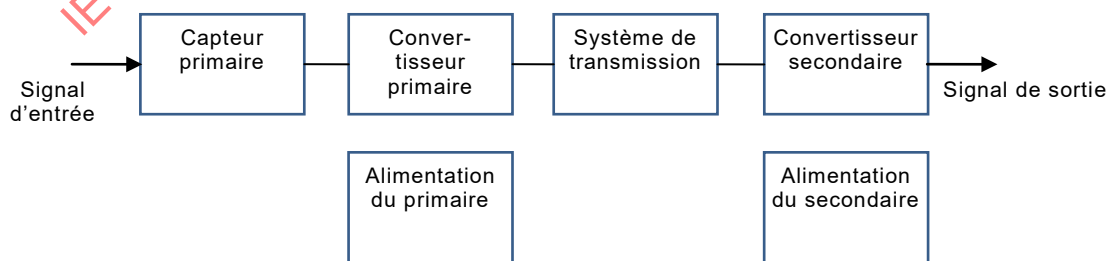
La présente partie de l'IEC 61869 définit les erreurs pour les sorties analogiques et numériques. Les autres caractéristiques de l'interface numérique des transformateurs de mesure sont normalisées dans l'IEC 61869-9 en tant qu'application des normes de la série IEC 61850, qui décrit en détail une architecture de communication en couches applicable aux postes électriques.

La présente partie de l'IEC 61869 tient compte des exigences supplémentaires relatives à la largeur de bande. Les exigences de précision relatives aux harmoniques et les exigences de filtre antirepliement sont données à l'Annexe normative 6A.4.

Le diagramme général des transformateurs de mesure de faible puissance (LPIT) monophasés est donné à la Figure 601.

En fonction de la technologie, il n'est pas absolument nécessaire d'inclure toutes les parties décrites à la Figure 601 dans le transformateur de mesure.

Par exemple, pour les transformateurs passifs de faible puissance (LPIT sans composants électroniques actifs), les blocs sont uniquement composés de composants passifs, sans alimentation électrique.



IEC

**Figure 601 – Diagramme général d'un transformateur
de mesure de faible puissance (LPIT) monophasé**

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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).

L'Article 2 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants:

IEC 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60255-27:2013, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité*

IEC 60603-7-1:2011, *Connecteurs pour équipements électroniques – Partie 7-1: Spécification particulière pour les fiches et les embases écrantées à 8 voies*

IEC 60794-2:2002, *Câbles à fibres optiques – Partie 2: Câbles intérieurs – Spécification intermédiaire*

IEC 60794-3:2014, *Câbles à fibres optiques – Partie 3: Câbles extérieurs – Spécification intermédiaire*

IEC 60812:2006, *Techniques d'analyse de la fiabilité du système – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

IEC 61000-4-1:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-1: Techniques d'essai et de mesure – Vue d'ensemble de la série CEI 61000-4*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

IEC 61000-4-3:2006/AMD2:2010

IEC 61000-4-4:2012, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6:2013, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-7:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008

IEC 61000-4-8:2009, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-9:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 9: Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel*
IEC 61000-4-9:1993/AMD1:2000

IEC 61000-4-10:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 10: Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti. Publication fondamentale en CEM*
IEC 61000-4-10:1993/AMD1:2000

IEC 61000-4-11:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

IEC 61000-4-13:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et interharmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif*
IEC 61000-4-13:2002/AMD1:2009

IEC 61000-4-16:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*
IEC 61000-4-16:1998/AMD1:2001
IEC 61000-4-16:1998/AMD2:2009

IEC 61000-4-18:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie*
IEC 61000-4-18:2006/AMD1:2010

IEC 61000-4-29:2000, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension sur les accès d'alimentation en courant continu*

IEC 61025:2006, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

IEC 61076-2-101:2012, *Connecteurs pour équipements électroniques – Exigences de produit – Partie 2-101: Connecteurs circulaires – Spécification particulière pour les connecteurs M12 à vis*

IEC TS 61850-2:2003, *Communication networks and systems in substations – Part 2: Glossary* (disponible en anglais seulement)

IEC 61850-7-4:2010, *Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-4: Basic communication structure – Compatible logical node classes and data object classes* (disponible en anglais seulement)

IEC 61869-1:2007, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61869-2:2012, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant*

IEC 61869-3:2011, *Transformateurs de mesure – Partie 3: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs inductifs de tension*

IEC TR 61869-103:2012, *Instrument Transformers – The use of instrument transformers for power quality measurement* (disponible en anglais seulement)

IEC 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

IEC 62271-100:2008/AMD1:2012

CISPR 11:2015, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010, *Information technology – Smart transducer interface for sensors and actuators – Part 4: Mixed-mode communication protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) formats* (disponible en anglais seulement)

EN 50160:2010, *Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61869-1:2007 s'appliquent avec les modifications et ajouts suivants.

3.1 Termes et définitions généraux

3.1.601

transformateur de mesure de faible puissance

LPIT

dispositif composé d'au moins un transformateur de courant ou de tension qui peut être raccordé à des systèmes de transmission et à des convertisseurs secondaires, destinés à transmettre un signal de sortie analogique ou numérique de faible puissance aux appareils de mesure, aux compteurs, aux dispositifs de protection ou de commande ou à des appareils similaires

EXEMPLE Un dispositif composé de trois capteurs de courant, de trois capteurs de tension connectés à un concentrateur (MU) délivrant une sortie numérique est considéré comme un transformateur de mesure de faible puissance.

Note 1 à l'article: Les transformateurs de mesure de faible puissance sont souvent appelés transformateurs de mesure non conventionnels (NCIT – non-conventional instrument transformers).

Note 2 à l'article: La puissance de sortie générée par ces dispositifs est généralement inférieure ou égale à 1 VA.

Note 3 à l'article: L'abréviation "LPIT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "low-power instrument transformer".

3.1.602

transformateur de courant de faible puissance

LPCT

transformateur de mesure de faible puissance permettant de mesurer le courant

Note 1 à l'article: L'abréviation "LPCT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "low-power current transformer".

3.1.603

transformateur de tension de faible puissance

LPVT

transformateur de mesure de faible puissance permettant de mesurer la tension

Note 1 à l'article: L'abréviation "LPVT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "low-power voltage transformer".

3.1.604

LPIT de mesure

LPIT destiné à transmettre un signal de sortie aux appareils de mesure et aux compteurs

3.1.605**LPIT de protection**

LPIT destiné à transmettre un signal de sortie aux dispositifs de protection et de commande

3.1.606**LPIT polyvalent**

LPIT destiné tant aux applications de mesure que de protection

3.1.607**LPIT électronique**

LPIT contenant des composants actifs

3.1.608**LPIT passif**

LPIT contenant uniquement des composants passifs

3.1.609**signal d'entrée**

signal correspondant au courant ou à la tension appliqué(e) entre les bornes primaires du LPIT

3.1.610**capteur primaire**

dispositif électrique, optique ou autre destiné à donner des informations relatives au signal d'entrée afin de le transmettre au convertisseur secondaire, directement ou à l'aide d'un convertisseur primaire

3.1.611**convertisseur primaire**

dispositif électrique, optique ou autre qui convertit le signal provenant d'au moins un capteur primaire en un signal adapté au système de transmission

3.1.612**alimentation du primaire**

alimentation auxiliaire du convertisseur primaire et/ou du capteur primaire

Note 1 à l'article: Peut se combiner avec l'alimentation électrique du secondaire (voir 3.1.620).

3.1.613**système de transmission**

dispositif de couplage entre les parties primaire et secondaire destiné à transmettre le signal sur une longueur plus ou moins importante

Note 1 à l'article: Selon la technologie employée, le système de transmission peut également servir à transporter de l'énergie.

3.1.614**convertisseur secondaire**

dispositif qui convertit le signal transmis par le système de transmission en un signal proportionnel au signal d'entrée, afin d'alimenter des appareils de mesure, des compteurs ou des dispositifs de protection ou de commande

Note 1 à l'article: Pour la sortie analogique, le convertisseur secondaire alimente directement les appareils de mesure, les compteurs ou les dispositifs de commande. Pour la sortie numérique, le convertisseur secondaire est connecté à un concentrateur (MU) avant d'alimenter l'équipement secondaire.

3.1.615

concentrateur (MU) du dispositif logique (LD)

dispositif logique (au sens de l'IEC 61850-7-4) assurant la combinaison synchrone du transformateur de courant de nœuds logiques (TCTR) et/ou du transformateur de tension de nœuds logiques (TVTR) pour la génération d'une sortie numérique normalisée

3.1.616

concentrateur MU

dispositif physique (IED selon l'IEC 61850-2) dans lequel un concentrateur (MU) du dispositif logique (LD) est mis en œuvre

Note 1 à l'article: Le concentrateur (MU) peut faire partie intégrante des transformateurs de mesure sur site ou peut être une unité distincte (dans la salle de commande, par exemple).

Note 2 à l'article: Les entrées du concentrateur (MU) peuvent être propriétaires ou normalisées.

Note 3 à l'article: L'abréviation "MU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "merging unit".

3.1.617

concentrateur indépendant SAMU

concentrateur (MU) avec entrées normalisées (analogiques ou numériques)

EXEMPLE 1 Le SAMU peut être utilisé avec des transformateurs de mesure pour les besoins de la rénovation.

EXEMPLE 2 L'entrée numérique du concentrateur indépendant (SAMU) peut être spécifiée selon l'ancienne sortie numérique IEC 60044-8 ou selon l'IEC 61869-9. Cette possibilité assure la compatibilité ascendante entre l'IEC 60044-8 et la nouvelle série IEC 61869.

Note 1 à l'article: L'abréviation "SAMU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "stand-alone merging unit".

3.1.618

entrée d'horloge du concentrateur (MU)

entrée électrique ou optique du concentrateur qui peut être utilisée pour synchroniser plusieurs concentrateurs (MU), si cela est exigé

3.1.619

alimentation du concentrateur (MU)

alimentation auxiliaire du concentrateur (MU)

Note 1 à l'article: Une alimentation du concentrateur (MU) peut être combinée à l'alimentation du secondaire (voir 3.1.620).

3.1.620

alimentation du secondaire

alimentation auxiliaire du convertisseur secondaire

Note 1 à l'article: Une alimentation du secondaire peut être combinée à l'alimentation du primaire (voir 3.1.612) ou à l'alimentation d'autres transformateurs de mesure.

3.1.621

signal de sortie

signal analogique ou numérique au niveau des bornes secondaires

Note 1 à l'article: En régime électrique établi, le signal de sortie est défini par l'équation suivante:

a) Pour une sortie analogique:

$$y_s(t) = Y_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_s) + Y_{\text{sdC}} + y_{\text{s res}}(t)$$

où

Y_s est la valeur efficace de la sortie du convertisseur secondaire, lorsque $Y_{\text{sdC}} + y_{\text{s res}}(t) = 0$;

- f est la fréquence fondamentale;
 φ_s est la phase secondaire;
 Y_{sdc} est le signal direct secondaire;
 $y_{s\ res}(t)$ est le signal résiduel secondaire incluant les composantes harmoniques et sous-harmoniques;
 t est la valeur de temps instantanée;
 f, Y_s, φ_s sont constants en régime établi.

b) Pour une sortie numérique:

$$y_s(n) = Y_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t_n + \varphi_s) + Y_{sdc} + y_{s\ res}(n)$$

où

- y_s est une valeur numérique à la sortie du concentrateur (MU) représentant la valeur instantanée réelle du signal primaire;
 Y_s est la valeur efficace d'une sortie donnée du concentrateur (MU), lorsque $Y_{sdc} + y_{s\ res}(n) = 0$;
 f est la fréquence fondamentale;
 φ_s est la phase secondaire;
 Y_{sdc} est la sortie directe secondaire;
 $y_{s\ res}(n)$ est la sortie résiduelle secondaire incluant les composantes harmoniques, sous-harmoniques et interharmoniques;
 n est le nombre d'échantillons;
 t_n est le temps de l'échantillonnage du $n^{\text{ième}}$ échantillon du signal primaire (courant ou tension);
 f, Y_s, φ_s sont constants en régime établi.

Note 2 à l'article: Le transformateur de mesure de faible puissance peut présenter des caractéristiques spécifiques, comme un décalage de tension, un temps de retard, etc. Ainsi, même si elles ne figurent pas dans l'IEC 61869-1:2007, l'IEC 61869-2, l'IEC 61869-3 et l'IEC 61869-5, les équations ci-dessus sont exigées pour assurer une présentation exacte des exigences relatives au transformateur de mesure de faible puissance. Les définitions des erreurs, quoique compatibles avec celles de l'IEC 61869-2, de l'IEC 61869-3 et de l'IEC 61869-5, sont également améliorées.

3.1.622

signal d'entrée en régime établi

signal électrique aux bornes primaires en régime établi

Note 1 à l'article: En régime établi, le signal d'entrée est défini par l'équation suivante:

$$x_p(t) = X_p \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_p) + x_{p\ res}(t)$$

où

- X_p est la valeur efficace de l'entrée primaire à la fréquence fondamentale, lorsque $x_{p\ res}(t)=0$;
 f est la fréquence fondamentale;
 φ_p est la phase primaire;
 $x_{p\ res}(t)$ est l'entrée résiduelle primaire incluant les composantes harmoniques, sous-harmoniques et interharmoniques et le courant continu primaire;
 t est la valeur de temps instantanée;
 f, X_p, φ_p sont constants en régime établi.

3.1.623

signal de sortie secondaire assigné

U_{sr}

Y_{sr}

valeur efficace de la composante à la fréquence assignée f_r de la sortie secondaire à laquelle les caractéristiques de fonctionnement du transformateur de mesure de faible puissance sont rapportées

3.1.624

tension continue secondaire de décalage

U_{sdco}

composante directe de la tension de sortie secondaire d'un transformateur de mesure de faible puissance lorsque $x_p(t) = 0$

3.1.625

point de raccordement

point fourni pour raccorder les câbles électriques lors de l'installation sur site et de l'installation d'essai

Note 1 à l'article: Les points de raccordement sont spécifiés par le constructeur.

3.1.626

composants basse tension

tous les composants électriques d'un LPIT séparés du circuit primaire au niveau complet de tension assignée de tenue

Note 1 à l'article: Il s'agit par exemple du convertisseur secondaire, du concentrateur (MU) et du convertisseur primaire s'il est à la terre.

3.1.627

temps de réactivation

temps de retard dont ont besoin certains types de transformateurs de mesure de faible puissance pour être activés après l'application du courant primaire, dû au fait qu'ils sont alimentés par le courant de ligne

Note 1 à l'article: Pendant ce délai, la puissance de sortie du transformateur de mesure de faible puissance est nulle.

3.1.628

courant de réactivation

valeur minimale du courant primaire nécessaire pour réactiver le transformateur de mesure de faible puissance (voir 3.1.627)

3.2 Termes et définitions liés aux caractéristiques assignées diélectriques et aux tensions

3.2.601

tension primaire assignée

U_{pr}

valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation du LPVT et à laquelle ses caractéristiques de fonctionnement sont rapportées

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-01-12, modifiée – Le complément au terme "d'un transformateur de tension" a été supprimé et, dans la définition, "transformateur de tension" a été remplacé par "LPVT".]

3.2.602

réponse transitoire d'un LPVT

réponse de la sortie secondaire à une variation transitoire de la tension primaire

Note 1 à l'article: Par exemple, lors d'un court-circuit ou de la refermeture sur charges piégées.

3.2.603

tensions en régime transitoire

signal d'entrée et signal de sortie d'un LPVT en présence de transitoires dans le réseau

Note 1 à l'article: En régime transitoire, les tensions primaire et secondaire sont définies comme suit:

$$u_p(t) = U_p \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_p) + U_{p\text{ dc}}(t) + u_{p\text{ res}}(t)$$

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \sin(2\pi f t + \varphi_s) + U_{s\text{ dc}}(t) + u_{s\text{ res}}(t)$$

où U_p est la tension primaire réelle.

Note 2 à l'article: Les régimes transitoires sont induits par une modification brusque d'un ou de plusieurs paramètres de l'équation du signal d'entrée primaire donnée en 3.1.622.

3.3 Termes et définitions liées aux caractéristiques assignées de courant

3.3.601

courant primaire assigné

I_{pr}

valeur du courant primaire qui figure dans la désignation du LPCT et à laquelle ses caractéristiques de fonctionnement sont rapportées

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-01-11, modifiée – Le complément au terme "d'un transformateur de courant" a été supprimé et, dans la définition, "transformateur de courant" a été remplacé par "LPCT".]

3.3.602

courant primaire étendu assigné

I_{epr}

courant primaire le plus élevé pour lequel la même précision que celle obtenue au courant primaire assigné est garantie, et qui n'est pas supérieur au courant thermique assigné permanent I_{cth}

3.3.603

facteur de courant primaire étendu assigné

K_{pcr}

rapport entre le courant primaire étendu assigné et le courant primaire assigné

3.3.604

courant limite de précision assigné

valeur la plus élevée du courant primaire pour laquelle le LPCT doit satisfaire aux exigences relatives à l'erreur composée

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-29, modifiée – Le complément au terme "d'un transformateur de courant pour protection" a été supprimé et, dans la définition, "transformateur de courant" a été remplacé par "LPCT".]

3.3.605

courant thermique assigné de courte durée

I_{th}

valeur maximale du courant primaire que le LPCT peut supporter pendant une courte durée spécifiée, sans qu'il subisse de dommage

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-22, modifiée – Un symbole a été ajouté et, dans la définition, "transformateur" a été remplacé par "LPCT" et "son enroulement secondaire étant mis en court-circuit" a été supprimé.]

3.3.606

courant dynamique assigné

I_{dyn}

valeur de crête maximale du courant primaire que le LPCT peut supporter, sans subir de dommages électriques ou mécaniques du fait des efforts électromagnétiques qui en résultent

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-24, modifiée – Un symbole a été ajouté et, dans la définition, "transformateur" a été remplacé par "LPCT" et "son enroulement secondaire étant mis en court-circuit" a été supprimé.]

3.3.607

courant permanent thermique assigné courant d'échauffement

I_{cth}

valeur du courant qui peut traverser en permanence les bornes primaires d'un LCPT, la sortie secondaire analogique étant connectée à la charge de précision, sans que l'échauffement dépasse les limites spécifiées

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-25, modifiée – Un symbole a été ajouté et, dans la définition, "enroulement primaire" a été remplacé par "bornes primaires d'un LCPT" et "enroulement secondaire" par "la sortie secondaire analogique".]

3.3.608

courant primaire de court-circuit assigné

I_{psc}

valeur efficace de la composante alternative d'un courant primaire de court-circuit transitoire à laquelle les performances de précision d'un LPCT sont rapportées

Note 1 à l'article: Bien que I_{th} soit lié à la limite thermique, I_{psc} est relatif à la limite de précision. Généralement, I_{psc} est inférieur à I_{th} .

3.3.609

facteur de courant de court-circuit symétrique assigné

K_{ssc}

rapport entre le courant primaire de court-circuit assigné et le courant primaire assigné I_{psc} et I_{pr}

$$K_{ssc} = I_{psc} / I_{pr}$$

3.3.610

constante de temps du primaire spécifiée

T_p

valeur spécifiée de la constante de temps de la composante continue du courant primaire de court-circuit à laquelle la réponse en régime transitoire du LPCT est rapportée

Note 1 à l'article: La Figure 602 donne un exemple de constante de temps du primaire spécifiée.

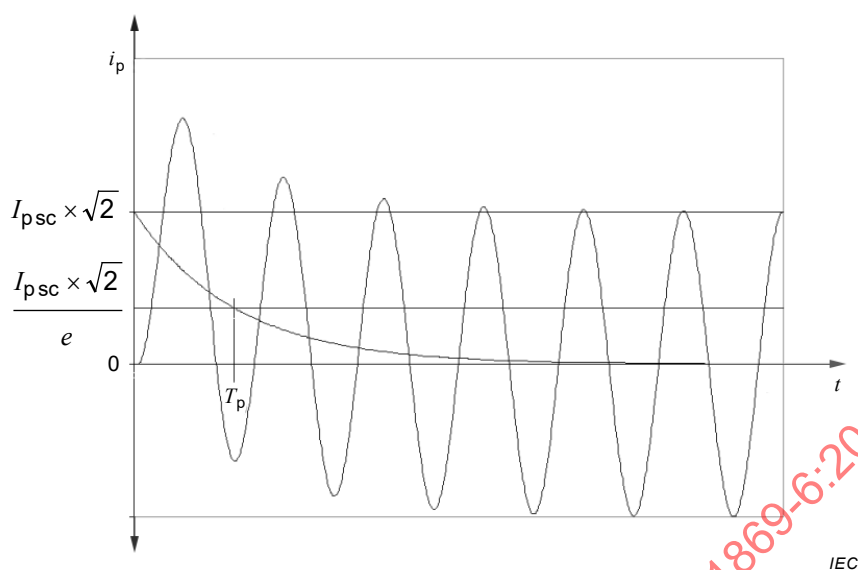


Figure 602 – Constante de temps du primaire T_p

3.3.611

temps de répétition de défaut

t_{fr}

intervalle de temps écoulé, au cours d'un cycle de réenclenchement automatique de disjoncteur, entre la coupure du courant primaire de court-circuit et sa seconde application en cas d'échec de l'élimination du défaut

3.3.612

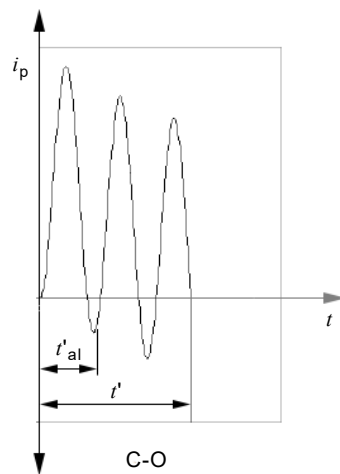
cycle de fonctionnement spécifié

3.3.612.1

C-O

cycle de fonctionnement pendant lequel, pour l'excitation spécifiée, le courant de court-circuit primaire est censé résulter de l'angle d'apparition le plus défavorable

Note 1 à l'article: Voir Figure 603.



IEC

Excitation simple: C – t' – O

où

t' est la durée du premier défaut;

t'_{al} est le temps spécifié jusqu'à la limite de précision pour le premier défaut.

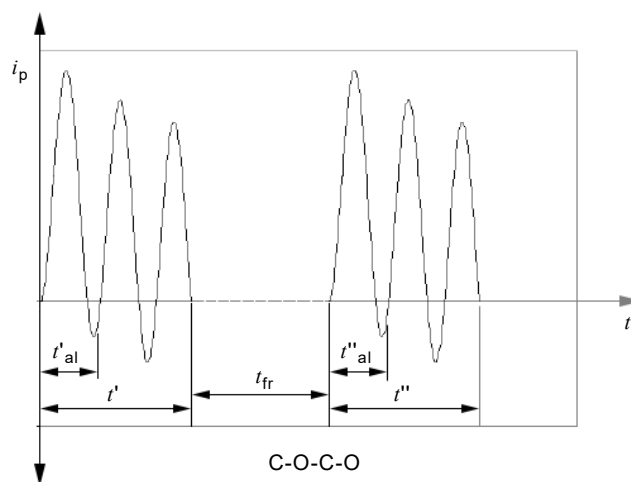
Figure 603 – Cycles de fonctionnement, excitation simple

3.3.612.2

C-O-C-O

cycle de fonctionnement pendant lequel, pour chaque excitation spécifiée, le courant de court-circuit primaire est censé résulter de l'angle d'apparition le plus défavorable

Note 1 à l'article: Voir Figure 604.



IEC

Excitation double: C – t' – O – t_{fr} – C – t'' – O

(les deux excitations ayant lieu dans la même polarité de flux magnétique, le cas échéant)

où

t' est la durée du premier défaut;

t'' est la durée du deuxième défaut;

t_{fr} est le temps de répétition de défaut;

t'_{al} est le temps spécifié jusqu'à la limite de précision pour le premier défaut;

t''_{al} est le temps spécifié jusqu'à la limite de précision pour le deuxième défaut.

Figure 604 – Cycles de fonctionnement, excitation double

3.3.613

courant primaire en régime transitoire

$i_p(t)$

signal d'entrée d'un transformateur de courant de faible puissance en cas de transitoires dans le réseau

Note 1 à l'article: En régime transitoire, le courant primaire est défini comme suit:

$$i_p(t) = I_{psc} \sqrt{2} \left[\sin(2\pi f t + \varphi_p) - \sin(\varphi_p) e^{-\frac{t}{T_p}} \right] + i_{p, res}(t)$$

où

I_{psc} est la valeur efficace de la composante symétrique du courant primaire;

f est la fréquence;

T_p est la constante de temps du primaire;

φ_p est la phase primaire;

$i_{p, res}(t)$ est le courant résiduel primaire incluant les composantes harmoniques et sous-harmoniques, ainsi que le courant continu primaire;

t est la valeur de temps instantanée.

3.4 Termes et définitions liés à la précision

3.4.3

erreur de rapport

ε

La définition 3.4.3 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Note 601 à l'article: L'erreur de rapport du courant (ε_i) ou de la tension (ε_u) de la sortie analogique et de la sortie numérique est définie par la formule suivante:

Pour la sortie analogique, l'erreur de rapport exprimée en pourcentage est donnée par la formule suivante:

$$\varepsilon = \frac{K_r Y_s - X_p}{X_p} \times 100$$

où

K_r est le rapport de transformation assigné;

X_p est la valeur efficace du signal d'entrée réel, lorsque $x_{p \text{ res}}(t) = 0$;

Y_s est la valeur efficace du signal de sortie lorsque $y_{sdc} + y_{s \text{ res}}(t) = 0$.

Cette définition concerne uniquement les composantes à charge assignée et à fréquence assignée du signal primaire et du signal secondaire et ne tient pas compte des composantes du signal direct. Cette définition est compatible avec l'IEC 61869-2, l'IEC 61869-3 et l'IEC 61869-5.

Pour la sortie numérique, l'erreur de rapport exprimée en pourcentage est donnée par la formule suivante:

$$\varepsilon = \frac{K_r Y_s - X_p}{X_p} \times 100$$

où

K_r est le rapport de transformation assigné;

X_p est la valeur efficace du signal primaire réel, lorsque $x_{p \text{ res}}(t) = 0$;

Y_s est la valeur efficace de la sortie numérique lorsque $y_{sdc}(n) + y_{s \text{ res}}(t_n) = 0$.

Cette définition concerne uniquement les composantes à charge assignée et à fréquence assignée du signal primaire et du signal secondaire et ne tient pas compte des composantes du signal direct. Cette définition est compatible avec l'IEC 61869-2, l'IEC 61869-3 et l'IEC 61869-5.

3.4.4 déphasage

$\Delta\phi$

La définition 3.4.4 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants:

Note 601 à l'article: S'agissant du transformateur de mesure de faible puissance, le déphasage ne coïncide pas toujours avec l'erreur de phase, puisqu'il peut contenir dans certains cas des composantes variables (erreurs) et des composantes fixes (décalage de phase et temps de retard) qui ne doivent pas être considérées comme des erreurs.

Les transformateurs de mesure conventionnels, couverts par l'IEC 61869-2, l'IEC 61869-3 et l'IEC 61869-5, doivent être considérés comme des cas particuliers, dans lesquels le déphasage équivaut à une erreur de phase puisqu'il n'y a pas de décalage de phase et de temps de retard.

Note 602 à l'article: Cette définition est exclusivement valide pour la sortie analogique.

Pour la sortie numérique, la présence d'un horodatage dans la trame de données permet de compenser le temps de retard, de manière à pouvoir ignorer sa contribution au déphasage.

3.4.6 charge

La définition 3.4.6 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacée par la suivante:

impédance du circuit analogique secondaire, exprimée par une combinaison parallèle d'une résistance et d'un condensateur donnée en ohms et en farads

3.4.8 puissance de sortie assignée

S_r

non applicable

3.4.601**temps de retard** t_d

temps réel entre un événement ayant lieu sur le primaire et son/ses résultat(s) à la sortie

Note 1 à l'article: Dans les transformateurs de mesure de faible puissance, le temps de retard peut résulter, par exemple, des filtres limiteurs de bande et du traitement numérique.

Note 2 à l'article: Pour les transformateurs de mesure à sortie analogique, il convient que le temps de retard soit constant, tout écart étant susceptible de donner lieu à une erreur de phase.

Note 3 à l'article: Pour les transformateurs de mesure à sortie numérique, voir l'IEC 61869-9.

3.4.602**temps de retard assigné** t_{dr}

valeur assignée du temps de retard d'un transformateur de mesure de faible puissance à sortie analogique

3.4.603**décalage de phase** φ_o

déphasage d'un transformateur de mesure de faible puissance dû à la technologie utilisée et sur lequel la fréquence n'a aucun impact

Note 1 à l'article: La bobine de Rogowski est un exemple de ce type de technologie.

3.4.604**décalage de phase assigné** φ_{or}

valeur assignée du décalage de phase d'un transformateur de mesure de faible puissance

3.4.605**erreur de phase** φ_e

différence entre le déphasage réel et la somme du décalage de phase assigné et du déplacement de phase due au temps de retard assigné

Note 601 à l'article: L'erreur de phase est calculée par la formule suivante:

$$\varphi_e = \Delta\varphi - (\varphi_{or} + \varphi_{tdr}) = \varphi_s - \varphi_p - (\varphi_{or} + \varphi_{tdr})$$

et

$$\varphi_{tdr} = -2\pi f t_{dr}$$

où

φ_p est la phase primaire

φ_s est la phase secondaire

3.4.606**facteur limite de précision** K_{ALF}

rapport entre le courant limite de précision assigné et le courant primaire assigné

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-30, modifiée – Le complément au terme "d'un transformateur de courant pour protection" a été supprimé et un symbole a été ajouté.]

3.4.607**erreur composée** ε_c

en régime permanent, valeur efficace de la différence entre

- a) les valeurs instantanées du courant primaire, et
- b) le produit du rapport de transformation assigné par les valeurs instantanées de la sortie secondaire réelle,

les sens positifs du courant primaire et de la sortie secondaire correspondant aux conventions admises pour le marquage des bornes

Note 1 à l'article: Pour la sortie analogique, l'erreur composée ε_c est en général exprimée en pourcentage des valeurs efficaces du courant primaire selon la formule:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [K_r u_s(t) - i_p(t - t_{dr})]^2 dt}$$

où

- K_r est le rapport de transformation assigné;
- I_p est la valeur efficace du courant primaire;
- i_p est le courant primaire;
- u_s est la tension secondaire;
- T est la durée d'un cycle;
- t est la valeur de temps instantanée;
- t_{dr} est le temps de retard assigné.

Pour les bobines de Rogowski indépendantes, voir l'IEC 61869-10.

Note 2 à l'article: Pour la sortie numérique, l'erreur composée ε_c est en général exprimée en pourcentage des valeurs efficaces du courant primaire selon la formule:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{T} \sum_{n=1}^{TT_s} [K_r i_s(n) - i_p(t_n)]^2}$$

où

- K_r est le rapport de transformation assigné;
- I_p est la valeur efficace du courant primaire;
- i_p est le courant primaire;
- i_s est la sortie numérique secondaire;
- T est la durée d'un cycle d'alimentation;
- n est le nombre d'échantillon;
- t_n est le temps de l'échantillonnage du $n^{\text{ième}}$ échantillon des courants primaires;
- T_s est la distance en temps entre deux échantillons du courant primaire;

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-02-26, modifiée – "courant secondaire" a été remplacé par "sortie secondaire" dans la définition et la Note a été remplacée par deux nouvelles notes à l'article.]

3.4.608

réponse transitoire d'un LPIT

réponse de la sortie secondaire à une variation transitoire du signal primaire

3.4.609

courant d'erreur instantané

$i_e(t)$

$i_e(n)$

différence entre les valeurs instantanées de la sortie secondaire multipliée par le rapport de transformation assigné et du courant primaire

Note 1 à l'article: Pour une sortie analogique, le courant d'erreur instantané est défini par la formule suivante:

$$i_e(t) = K_{ra} \cdot u_s(t) - i_p(t - t_{dr})$$

Pour les bobines de Rogowski indépendantes, voir l'IEC 61869-10.

Note 2 à l'article: Pour une sortie numérique, le courant d'erreur instantané est défini par la formule suivante:

$$i_e(n) = K_{rd} i_s(n) - i_p(t_n)$$

3.4.610

valeur de crête de l'erreur instantanée

$\hat{\varepsilon}$

valeur maximale ($\hat{i}_e$) du courant d'erreur instantané pour le cycle de fonctionnement spécifié, exprimée en pourcentage de la valeur de crête du courant primaire de court-circuit assigné

Note 1 à l'article: La valeur de crête de l'erreur instantanée est exprimée par la formule suivante:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_e}{\sqrt{2} \times I_{psc}} \times 100 \%$$

3.4.611

erreur instantanée de tension en régime transitoire

$\varepsilon_u(t)$

$\varepsilon_u(n)$

rapport de la différence entre les valeurs instantanées de la sortie secondaire multipliée par le rapport de transformation assigné et la tension primaire et la valeur maximale de la tension primaire exprimée en pourcentage (%)

Note 1 à l'article: Pour une sortie analogique, l'erreur instantanée de tension est exprimée par la formule suivante:

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_r u_s(t) - u_p(t - t_{dr})}{U_p \sqrt{2}} \times 100$$

où $u_p(t)$ et $u_s(t)$ sont décrits pour une plage de temps limitée, par les équations données en 3.2.603 et U_p est la valeur efficace de la tension primaire.

L'origine du temps choisie est l'instant auquel les paramètres décrits en 3.1.622 changent brusquement.

Note 2 à l'article: Pour une sortie numérique, l'erreur instantanée de tension est exprimée par la formule suivante:

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_u(n) \% = \frac{K_r u_s(n) - u_p(t_n)}{U_p \sqrt{2}} \times 100$$

où $u_p(t_n)$ et $u_s(n)$ sont décrits pour une plage de temps limitée, par les équations données en 3.2.603 et U_p est la valeur efficace de la tension primaire.

L'origine du temps choisie est l'instant auquel les paramètres décrits en 3.1.622 changent brusquement.

Note 3 à l'article: Le capteur capacitif avec décalage de phase est décrit dans l'IEC 61869-11².

3.5 Termes et définitions liés aux autres caractéristiques assignées

3.5.1

fréquence assignée

f_r

La définition 3.5.1 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacée par la suivante:

² À l'étude.

fréquence à laquelle le transformateur de mesure de faible puissance est destiné à fonctionner

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-04-03, modifiée – "transformateur ou bobine d'inductance" a été remplacé par "transformateur de mesure de faible puissance".]

3.5.601

plage assignée de fréquences

plage de fréquences pour laquelle la classe de précision assignée est applicable

3.5.602

tension d'alimentation auxiliaire assignée

U_{ar}

valeur de la tension d'alimentation auxiliaire à laquelle sont rapportées les exigences d'une spécification

3.5.603

courant d'alimentation assigné

I_{ar}

courant exigé par l'alimentation auxiliaire, y compris l'alimentation du concentrateur (MU), si cela est exigé, dans les conditions assignées

3.5.604

courant d'alimentation maximal

I_{amax}

courant maximal exigé par l'alimentation auxiliaire, y compris l'alimentation du concentrateur (MU), si cela est exigé, dans les conditions les plus défavorables

3.7 Index des abréviations et des symboles

Le Tableau de 3.7 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le tableau suivant:

AIS	air-insulated switchgear (appareillage à isolation par air)
C–O C–O–C–O	cycle de fonctionnement spécifié
CT	Current Transformer (transformateur de courant)
CVT	Capacitive Voltage Transformer (transformateur de tension capacitif)
f_r	fréquence assignée
F	charge mécanique
F_{rel}	taux de fuite relatif
GIS	Gas-Insulated Switchgear (appareillage à isolation gazeuse)
I_{amax}	courant d'alimentation maximal
I_{ar}	courant d'alimentation assigné
I_{cth}	courant permanent thermique assigné
I_{dyn}	courant dynamique assigné
I_{epr}	courant primaire étendu assigné
$i_{p(t)}$	courant primaire en régime transitoire
I_{pr}	courant primaire assigné
I_{psc}	courant primaire de court-circuit assigné pour la réponse en régime transitoire
I_{th}	courant thermique assigné de courte durée
$i_e(t), i_e(n)$	courant d'erreur instantané
IT	Instrument Transformer (transformateur de mesure)
K	rapport de transformation réel
K_{ALF}	facteur limite de précision
K_r	rapport de transformation assigné
K_{pct}	facteur de courant primaire étendu assigné

K_{ssc}	facteur de court-circuit symétrique assigné pour la réponse en régime transitoire
LPCT	low-power current transformer (transformateur de courant de faible puissance)
LPIT	low-power instrument transformer (transformateur de mesure de faible puissance)
LPVT	low-power voltage transformer (transformateur de tension de faible puissance)
MU	merging unit (concentrateur)
R_{br}	charge assignée (ou charge de précision)
SAMU	stand-alone merging unit (concentrateur indépendant)
t_d	temps de retard
t_{dr}	temps de retard assigné
t_{fr}	temps de répétition de défaut
U_{sys}	tension la plus élevée du système
U_m	tension la plus élevée du matériel
U_{pr}	tension primaire assignée
U_{sdco}	tension continue secondaire de décalage
U_{ar}	tension d'alimentation auxiliaire assignée
T_p	constante de temps du primaire spécifiée pour la réponse en régime transitoire
VT	Voltage Transformer (transformateur de tension)
$\Delta\varphi$	déphasage
ε	erreur de rapport
ε_c	erreur composée
$\hat{\varepsilon}$	valeur de crête maximale de l'erreur instantanée
$\varepsilon_u(t), \varepsilon_u(n)$	erreur instantanée de tension en régime transitoire
φ_o	décalage de phase
φ_{or}	décalage de phase assigné
φ_e	erreur de phase

4 Conditions de service normales et spéciales

4.2 Conditions de service normales

4.2.3 Vibrations ou tremblements de terre

L'Article 4.2.3 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le suivant:

Des vibrations peuvent se produire à cause du fonctionnement de l'appareillage ou des forces de court-circuit. Il convient de reconnaître que les vibrations dues à des causes extérieures au transformateur de mesure de faible puissance (opérations de manœuvre des disjoncteurs, par exemple) doivent être considérées comme des conditions de service normales. Il convient de réaliser des essais visant à démontrer le bon fonctionnement du transformateur de mesure de faible puissance lorsqu'il est confronté à ce type d'événements. Les vibrations dues aux tremblements de terre sont considérées comme des conditions de service spéciales.

4.2.601 Transformateur de mesure de faible puissance partiellement extérieur

Dans le cas d'un transformateur de mesure de faible puissance de type partiellement intérieur ou partiellement extérieur, le constructeur doit indiquer la partie du matériel qui est à l'intérieur et celle qui est à l'extérieur.

5 Caractéristiques assignées

5.3 Niveaux d'isolement assignés et tensions

5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires

L'Article 5.3.5 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Les exigences d'isolement pour les bornes secondaires et le composant basse tension sont données au Tableau 601.

Si la longueur totale du câble électrique du système de transmission jusqu'aux équipements secondaires ne dépasse pas 10 m et que l'impédance de terre associée est suffisamment basse, la tension en mode commun n'est pas censée dépasser une valeur de sécurité. Dans ces cas, l'exigence d'isolement de la borne secondaire et du composant basse tension peut être réduite à un niveau satisfaisant aux exigences du Tableau C.3 de l'IEC 60255-27:2013.

Le niveau d'isolement doit satisfaire aux exigences du système de protection par liaison équipotentielle pour la tension de fonctionnement de 150 V.

Si la longueur totale du câble électrique du système de transmission jusqu'aux équipements secondaires dépasse 10 m, l'exigence de l'IEC 61869-1 s'applique.

Tableau 601 – Tenue de la borne secondaire et du composant basse tension

Système de transmission du transformateur de mesure de faible puissance	Tenue en tension à la fréquence industrielle	Tenue à la tension de choc
Longueur du câble électrique < 10 m.	820 V	1,5 kV 1,2/50 µs
Longueur du câble électrique ≥ 10 m.	3 kV	5 kV 1,2/50 µs
Connecteurs optiques	NA	NA

5.3.601 Tension d'alimentation auxiliaire assignée (U_{ar})

5.3.601.1 Généralités

La tension d'alimentation auxiliaire assignée est la tension mesurée aux entrées d'alimentation de l'appareillage lui-même pendant son fonctionnement, y compris, le cas échéant, les résistances auxiliaires ou les accessoires fournis ou exigés par le constructeur et à installer en série, mais hors conducteurs pour la connexion à l'alimentation en électricité.

5.3.601.2 Tension alternative

Les valeurs assignées préférentielles des tensions alternatives sont données ci-dessous:

110 V – 230 V

5.3.601.3 Tension continue

Les valeurs assignées préférentielles des tensions continues sont données ci-dessous:

24 V – 48 V – 110 V – 220 V

5.3.601.4 Exigences d'isolement pour les bornes d'alimentation

Elles doivent être en mesure de satisfaire aux exigences du Tableau C.7 de l'IEC 60255-27:2013.

5.4 Fréquence assignée

Le paragraphe 5.4 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec les ajouts suivants:

Pour les classes de précision de mesure, la plage assignée de fréquences est comprise entre 99 % et 101 % de la fréquence assignée (f_r).

Pour les classes de précision de protection, la plage assignée de fréquences est comprise entre 96 % et 102 % de la fréquence assignée (f_r).

La précision hors de la plage assignée de fréquences, si elle est spécifiée, est définie à l'Annexe 6B.

5.5 Puissance de sortie assignée

5.5.601 Charge assignée (ou de précision) (R_{br})

La valeur normalisée de la charge assignée est définie par une résistance en parallèle avec une capacité, conformément au tableau suivant:

Résistance	Capacité
2 M Ω	50 pF

L'utilisation sur des dispositifs à compatibilité ascendante avec l'IEC 60044-8, 2 k Ω /5 000 pF et 20 k Ω /500 pF est acceptable.

L'impact de la plage d'impédance de charge totale sur la précision est abordé dans les articles relatifs à la précision.

Il convient de porter une attention particulière à la capacité parallèle des appareils de mesure électriques ou des dispositifs de protection électriques. Si le câble de transmission ne fait pas partie intégrante du capteur, la capacité du câble doit être considérée comme faisant partie de la charge. La capacité classique du câble se situe dans la plage comprise entre 15 pF/m et 100 pF/m.

5.5.602 Valeurs normalisées pour le temps de retard assigné (t_{dr})

Les valeurs normalisées pour le temps de retard assigné sont les suivantes:

50 μ s, 100 μ s, 500 μ s

5.6 Classe de précision assignée

Le paragraphe 5.6 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec la modification suivante:

Voir la norme de produit spécifique et les exigences relatives aux harmoniques à l'Annexe 6A.

6 Conception et construction

6.7 Exigences mécaniques

Le paragraphe 6.7 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec la modification suivante:

Ces exigences s'appliquent seulement aux transformateurs de mesure de faible puissance indépendants dont la valeur $U_m \geq 72,5$ kV.

6.11 Compatibilité électromagnétique (CEM)

6.11.3 Exigences relatives à l'immunité

6.11.3.601 Généralités

Le Tableau 602 énumère les essais de type pour un transformateur de mesure de faible puissance électronique avec les niveaux d'essai et les critères d'évaluation associés.

Si le transformateur de mesure de faible puissance ne comporte pas de composant électronique actif, il est par définition considéré comme un LPIT passif et, par conséquent, n'est pas soumis aux essais du présent paragraphe.

NOTE Les essais d'immunité CEM des LPIT passifs à haute précision sont à l'étude. Les performances de ces dispositifs peuvent être affectées par leur capacité de blindage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016

Tableau 602 – Exigences d'immunité et essais

Essai	Norme de référence	Niveau d'essai	Critères d'évaluation
Essai d'harmonique et d'interharmonique ^a	IEC 61000-4-13	2	A
Essai de variation lente de la tension ^a	IEC 61000-4-11	De +10 % à -20 %	A
Essai de variation lente de la tension ^b	IEC 61000-4-29	De +20 % à -20 %	A
Essai d'immunité aux creux de tension et coupures brèves ^a	IEC 61000-4-11	Creux de 30 % × 0,1 s ^c coupure × 0,02 s ^c	A
Essai d'immunité aux creux de tension et coupures brèves ^b	IEC 61000-4-29	Creux de 50 % × 0,1 s ^c coupure × 0,05 s ^c	A
Essai d'immunité aux ondes de choc	IEC 61000-4-5	4	B
Essai d'immunité aux perturbations conduites (150 kHz à 80 MHz)	IEC 61000-4-6	3	A
Essai d'immunité aux perturbations conduites (0 kHz à 150 kHz)	IEC 61000-4-16	4	A
Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves	IEC 61000-4-4	4	B
Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie	IEC 61000-4-18	3	B
Essai d'immunité aux décharges électrostatiques	IEC 61000-4-2	3	B
Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau	IEC 61000-4-8	5	A
Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel	IEC 61000-4-9	5	B
Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti	IEC 61000-4-10	5	B
Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques	IEC 61000-4-3	3	A
a Applicable uniquement au LPIT alimenté en courant alternatif. b Applicable uniquement au LPIT alimenté en courant continu. c Les valeurs sont adaptées aux dispositifs de protection communs. A Performances normales dans les limites de la spécification de précision (régime établi au courant primaire assigné ou à la tension primaire ou inférieure). B Une dégradation temporaire des performances relatives aux mesurages qui ne concernent pas la protection ou les autocontrôles et qui sont automatiquement corrigés, est permise. Une réinitialisation ou un redémarrage n'est pas admis. Aucune surtension supérieure à 500 V n'est permise en sortie. Aucune dégradation des performances provoquant des déclenchements intempestifs des dispositifs de protection n'est permise dans le cas de transformateurs électroniques de protection.			

6.11.3.602 Perturbations d'harmonique et d'interharmonique

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux composantes harmoniques et interharmoniques de son alimentation basse tension. Cet essai ne concerne que les transformateurs de mesure de faible puissance utilisant une alimentation en courant alternatif.

6.11.3.603 Variation lente de la tension

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux variations lentes de la tension de son alimentation basse tension. L'exigence concerne une alimentation en courant alternatif ou en courant continu.

6.11.3.604 Creux de tension et coupures brèves

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux creux de tension ou coupures brèves de son alimentation basse tension. L'exigence concerne une alimentation en courant alternatif ou en courant continu.

6.11.3.605 Immunité aux ondes de choc

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux transitoires unidirectionnels provoqués par des surtensions dues aux manœuvres sur le réseau et aux coups de foudre (directs ou indirects). Cet essai est très important pour les installations à haute tension et moyenne tension du fait de leur exposition à la foudre.

6.11.3.606 Essai d'immunité aux perturbations conduites (150 kHz à 80 MHz)

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux perturbations conduites qui peuvent être transférées par couplage inductif ou capacitif aux câbles d'alimentation, aux câbles de signal et aux mises à la terre.

6.11.3.607 Essai d'immunité aux perturbations conduites (0 kHz à 150 kHz)

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux perturbations à fréquence industrielle qui peuvent être transférées par couplage inductif ou capacitif aux câbles d'alimentation, aux câbles de signal et aux mises à la terre.

6.11.3.608 Immunité aux transitoires électriques rapides en salves

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux salves de transitoires rapides engendrés par des manœuvres sur des charges inductives faibles, des rebonds sur les contacts des relais (interférences conduites) ou des manœuvres d'appareillage haute tension, particulièrement les appareils isolés au SF6 ou au vide (interférences rayonnées).

6.11.3.609 Immunité à l'onde oscillatoire

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux ondes oscillatoires amorties, répétitives se produisant dans les circuits basse tension des postes haute tension et moyenne tension, par suite de manœuvres (sectionneurs dans les postes haute tension/moyenne tension en ouvert, particulièrement les manœuvres sur des jeux de barres haute tension) ou de défauts dans les réseaux haute tension ou moyenne tension.

6.11.3.610 Immunité aux décharges électrostatiques

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux décharges électrostatiques (DES) engendrées par un opérateur touchant (de façon directe ou avec un outil) l'équipement ou son entourage. En règle générale, ce n'est pas un problème important, les parties électroniques du transformateur de mesure de faible puissance étant situées à l'intérieur ou à l'extérieur, et étant en général placées sur un sol de béton nu, sans moquette synthétique ni meuble à proximité. De plus, ces parties électroniques sont en général montées dans une enceinte métallique, reliée correctement à un réseau de terre bien contrôlé, pour des raisons de sécurité. Cela rend les probabilités de décharges électrostatiques extrêmement faibles.

6.11.3.611 Immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance lorsqu'il est soumis à des champs magnétiques à fréquence industrielle liés à la proximité des conducteurs électriques, des transformateurs, etc., lors du fonctionnement normal ou en défaut. Cet essai est important du fait de la faible distance séparant les parties électroniques du transformateur de mesure de faible puissance et les circuits principaux.

6.11.3.612 Immunité au champ magnétique impulsif

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux impulsions de champ magnétique engendrées par des coups de foudre sur les bâtiments, les structures métalliques et les réseaux de terre. Cet essai concerne les installations haute tension et moyenne tension compte tenu de leur exposition accrue à la foudre.

6.11.3.613 Immunité au champ magnétique oscillatoire amorti

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux champs magnétiques oscillatoires amortis engendrés par les manœuvres de sectionneurs sur les jeux de barres haute tension. Cet essai concerne principalement les équipements électriques installés dans les postes haute tension.

6.11.3.614 Immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques

Il s'agit de vérifier l'immunité du transformateur de mesure de faible puissance aux champs électromagnétiques générés par des émetteurs radio ou d'autres dispositifs émettant de l'énergie par rayonnement électromagnétique. La principale préoccupation dans les installations haute tension et moyenne tension vient de l'usage possible de talkies-walkies et de téléphones portables, puisque la probabilité de trouver des radioamateurs ou des stations de radio aux abords immédiats de ces installations est, en général, très faible.

6.11.4 Exigences relatives aux surtensions transmises

Le paragraphe 6.11.4 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

La principale cause de surtension est la manœuvre des appareils à haute tension. Cette exigence n'est pas applicable si un système de transmission non conducteur (à fibre optique, par exemple) est utilisé (voir la Figure 601).

6.11.601 Exigences relatives aux émissions

Outre les exigences relatives aux émissions couvertes par un essai d'interférence radioélectrique (essai RIV) et un essai de transmission des surtensions, le transformateur de mesure de faible puissance doit également satisfaire aux limites indiquées dans la CISPR 11:2015 pour les appareils du Groupe 1 – classe A, et doit être soumis à l'essai en conséquence.

Les transformateurs de mesure passifs de faible puissance ne sont pas concernés par ces exigences.

6.13 Marquages

Le paragraphe 6.13 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

- o) Niveau d'isolement des bornes secondaires

Des marquages supplémentaires doivent être définis dans les normes spécifiques.

6.601 Exigences relatives au système de transmission optique et aux liaisons de sortie optique

6.601.1 Généralités

Si des câbles à fibre optique sont utilisés pour le système de transmission et/ou la liaison de sortie, ils doivent être conformes à l'IEC 60794-2 pour les applications intérieures et à l'IEC 60794-3 pour les applications extérieures. Il convient de protéger les câbles du système de transmission et de la liaison de sortie contre les rongeurs.

Si les câbles à fibre optique sont protégés par un matériau conducteur, il convient d'accorder une attention particulière à la mise à la terre et au potentiel exporté.

6.601.2 Connecteurs optiques

Aucun connecteur à fibre optique n'est admis en extérieur sans protection environnementale appropriée.

6.601.3 Coffret d'extrémité à fibre optique

Si un coffret d'extrémité à fibre optique est utilisé, il doit être directement accessible au niveau du sol pour procéder à l'inspection.

6.601.4 Longueur totale de câble

Le transformateur de mesure de faible puissance doit être en mesure de fonctionner avec la longueur maximale de câble de système de transmission et de liaison de sortie spécifiée par le constructeur.

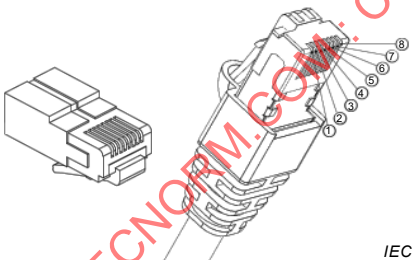
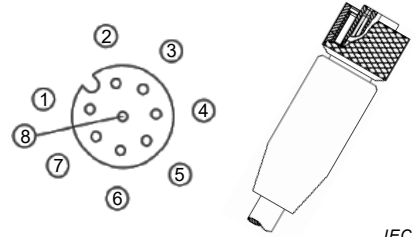
Le constructeur doit tenir compte du fait que la longueur totale de câble peut atteindre 1 km pour les postes très haute tension à isolation par air.

6.602 Exigences relatives au système de transmission électrique et aux câbles électriques de liaison de sortie

6.602.1 Connecteurs

Les connecteurs sont décrits dans le Tableau 603.

Tableau 603 – Connecteurs

Fiche écrantée à 8 voies (RJ45) IEC 60603-7-1  IEC	L'affectation de broche est définie dans la norme de produit spécifique																												
Fiche écrantée M12 à 8 voies, contacts femelles avec écrou de verrouillage IEC 61076-2-101  IEC	<table border="1"> <tr> <th>Connecteur M12:</th><th>Broche:</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th></tr> <tr> <td>LPIT</td><td></td><td>S1</td><td>S2</td><td>a</td><td>n</td><td>T1-</td><td>T2+</td><td>+V</td><td>gnd</td></tr> </table> S1, S2: bornes secondaires de transformateur de courant telles que définies en 6.13.201.3 de l'IEC 61869-2:2012 a, n: bornes secondaires de transformateur de tension telles que définies en 6.13.301.3 de l'IEC 61869-3:2011 T1-, T2+: utilisés pour les connexions TEDS (Transducer Electronic Data Sheet - fiches de données électroniques du transducteur, ISO/IEC/IEEE 21451-4:2010). Le niveau de tension ne doit pas dépasser 5 V en courant continu +V, gnd: alimentation									Connecteur M12:	Broche:	1	2	3	4	5	6	7	8	LPIT		S1	S2	a	n	T1-	T2+	+V	gnd
Connecteur M12:	Broche:	1	2	3	4	5	6	7	8																				
LPIT		S1	S2	a	n	T1-	T2+	+V	gnd																				

Des bornes à serrage sous tête de vis peuvent également être utilisées à la place des connecteurs.

6.602.2 Mise à la terre du câble de sortie

Si un câble à double blindage (circuit séparé d'un point de vue électrique) est utilisé, différentes solutions peuvent être mises en œuvre dans les postes pour satisfaire aux exigences CEM:

- a) blindage interne mis à la terre d'un côté et blindage externe mis à la terre de l'autre côté;
- b) blindage externe mis à la terre des deux côtés, blindage interne mis à la terre d'un côté;
- c) blindage externe mis à la terre d'un côté et autre côté mis à la terre à travers une capacité, blindage interne mis à la terre d'un côté.

6.603 Rapport signal sur bruit

Les exigences relatives au bruit (et à la largeur de bande) dépendent de l'application. Par conséquent, aucun ensemble commun d'exigences n'est applicable à tous les transformateurs de mesure. Le fournisseur du transformateur de mesure de faible puissance doit fournir les informations spectrales de bruit. Les spécifications de bruit peuvent se présenter sous différentes formes. Les formes recommandées de spécifications sont les équations ou graphiques de densité spectrale de bruit (répartition du bruit en fonction de la fréquence).

S'il s'agit de bruit blanc (distribution gaussienne) et aléatoire (comme cela est souvent le cas), il est moyenné à zéro dans le temps. Par conséquent, l'impact du bruit sur le mesurage dépend du temps d'intégration (largeur de bande de mesure efficace) et de la nature de l'application. Le choix du niveau de bruit approprié dépend de l'application. Il convient que le fournisseur du transformateur de mesure fournisse la densité spectrale du bruit blanc sous la forme d'un nombre avec unité de courant primaire équivalent par racine carrée de la fréquence (c'est-à-dire, $A/\sqrt{\text{Hz}}$).

EXEMPLE Pour un transformateur de courant optique dont le principal contributeur au bruit du dispositif est le "bruit de grenaille optique", le bruit est blanc et peut être indiqué en ampères (primaire équivalent) par racine carrée de hertz. En variante, en normalisant aux valeurs assignées, il peut être indiqué en PU (par unités) par racine carrée de hertz. Si un transformateur de courant optique a un courant primaire assigné de 400 A, une tension de sortie secondaire assignée de 4 V et un bruit de 10 mV à sa sortie (bruit équivalent à 1 A sur le primaire) sur sa largeur de bande de 10 kHz, alors le bruit peut être indiqué sous la forme $0,01 A/\sqrt{\text{Hz}}$ ou $0,000\,025 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$ ou $-92 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$. En variante, le rapport signal sur bruit au courant assigné avec largeur de bande de 10 kHz est de +52 dB ou 400 ($52 \text{ dB} = 20 \times \log_{10}(400/1)$).

D'une manière générale, des niveaux de bruit inférieurs à $-50 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$ à $-70 \text{ dB}/\sqrt{\text{Hz}}$ par rapport au courant assigné (ou $0,003 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$ à $0,0003 \text{ PU}/\sqrt{\text{Hz}}$) sont en général suffisants pour la plupart des applications.

NOTE Pour de plus amples informations, voir l'IEC/TR 61869-103.

6.604 Détection des défaillances et notification de maintenance

Une défaillance du transformateur de mesure de faible puissance, si elle est automatiquement détectée, doit donner lieu à une sortie analogique nulle ou à l'activation d'une sortie numérique indiquant une donnée non valide. La défaillance du système de transmission doit au moins être automatiquement détectée ou le système de transmission doit permettre la surveillance par le relais. Dans le cas particulier d'une absence de sortie du fait de la coupure de l'alimentation, la sortie doit être nulle pour la sortie de tension et inactive pour la sortie numérique. Après rétablissement de l'alimentation du transformateur de mesure de faible puissance, la sortie analogique doit rester nulle et la sortie numérique doit être marquée comme étant non valide tant que le transformateur de mesure de faible puissance n'est pas stable. Dès que le transformateur de mesure de faible puissance est stable, son fonctionnement doit être automatiquement rétabli. Si les exigences de maintenance du transformateur de mesure de faible puissance sont détectées, elles doivent être notifiées. S'agissant de la sortie numérique, cela doit donner lieu à l'activation des bits de qualité correspondants transmis dans le flux de données numériques.

6.605 Aptitude au fonctionnement

Afin de faciliter le fonctionnement et la maintenance du transformateur de mesure de faible puissance, la position des parties auxquelles l'accès est exigé doit être accessible. Ces parties peuvent inclure des interrupteurs, des prises, des fusibles, des entrées et des sorties, etc.

6.606 Fiabilité et sûreté de fonctionnement

Le constructeur doit donner des informations relatives aux normes pertinentes (l'IEC 60812 et l'IEC 61025, par exemple) sur la sûreté de fonctionnement et la fiabilité du transformateur de mesure de faible puissance. Cela comprend l'évaluation de la durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTTF), la durée moyenne de bon fonctionnement (MTBF) et l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) liées aux parties principales faisant l'objet de la maintenance. Un diagramme doit être fourni, décrivant les relations entre les sous-parties et la manière de gérer la redondance, le cas échéant. Les parties faisant l'objet de la maintenance et les procédures de maintenance correspondantes doivent être identifiées.

NOTE Une solution visant à améliorer la fiabilité et la sûreté de fonctionnement peut consister à mettre en œuvre une redondance adaptée.

Le constructeur doit s'efforcer de fournir tous les contrôles nécessaires afin d'éviter un fonctionnement intempestif par suite de la perte ou de l'insuffisance d'alimentation, de la perte d'un composant interne ou du dysfonctionnement d'un composant.

La fiabilité et la sûreté de fonctionnement du transformateur de mesure de faible puissance sont comparables à celles des composants électriques du poste. Ainsi, la fiabilité et la sûreté de fonctionnement du transformateur de mesure de faible puissance doivent être traitées de la même manière.

Les composants (c'est-à-dire les sous-parties) qui peuvent être remplacés sur site sans étalonnage doivent être spécifiquement identifiés par un marquage approprié. Cette possibilité doit être démontrée par des essais ou par une documentation appropriée.

Aucun autre composant ne peut être remplacé sans réétalonnage de l'ensemble du transformateur de mesure de faible puissance.

6.607 Vibrations

La sortie du transformateur de mesure de faible puissance doit fonctionner correctement lorsque les niveaux de vibrations auxquels elle est soumise sont appropriés à son application. Les différentes parties du transformateur de mesure de faible puissance peuvent être soumises à différents niveaux de vibrations conformément à l'IEC 60068-2-6.

- Endurance par balayage: plage de fréquences comprises entre 10 Hz et 150 Hz, 20 cycles de balayage dans chaque axe.
- Essai d'endurance aux fréquences fixes pendant 30 min.

Le niveau de vibration d'essai doit être:

- matériel intérieur: amplitude de 10 m/s²,
- matériel extérieur et matériel monté sur appareillage à isolation gazeuse: amplitude de 20 m/s².

7 Essais

7.1 Généralités

7.1.2 Liste des essais

Le paragraphe 7.1.2 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec le Tableau 10 modifié suivant.

Tableau 10 – Liste des essais

Essais	Paragraphe
Essais de type	7.2
Essai d'échauffement	7.2.2
Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires	7.2.3
Essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur	7.2.4
Essais de compatibilité électromagnétique	7.2.5
Essai concernant la précision	7.2.6
Vérification du degré de protection par les enveloppes	7.2.7
Essai d'étanchéité de l'enveloppe à la température ambiante	7.2.8
Essai de pression de l'enveloppe	7.2.9
Essai de tenue en tension du composant basse tension	7.2.601
Essais individuels de série	7.3
Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes primaires	7.3.1
Mesurage des décharges partielles	7.3.2
Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle entre sections	7.3.3
Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes secondaires	7.3.4
Essai concernant la précision	7.3.5
Vérification des marquages	7.3.6
Essai d'étanchéité de l'enveloppe à la température ambiante	7.3.7
Essai de pression de l'enveloppe	7.3.8
Essai de tenue en tension à la fréquence industrielle des composants basse tension	7.3.601
Essais spéciaux	7.4
Essai de tenue à l'onde coupée de tension de choc sur les bornes primaires	7.4.1
Essai aux chocs coupés multiples sur les bornes primaires	7.4.2
Mesurage de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique	7.4.3
Essai de surtensions transmises	7.4.4
Essais mécaniques	7.4.5
Essai de défaut d'arc interne	7.4.6
Essai d'étanchéité de l'enveloppe à basse et haute températures	7.4.7
Essai de la mesure du point de rosée	7.4.8
Essai de corrosion	7.4.9
Essais relatifs au danger du feu	7.4.10
Essai de vibrations	7.4.601
Essais de précision par rapport aux harmoniques et aux basses fréquences	6A.5
Essais sur prélèvements	7.5

7.2 Essais de type

7.2.1 Généralités

7.2.1.1 Informations pour l'identification des éprouvettes

Le paragraphe 7.2.1.1 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

La version logicielle doit, le cas échéant, être incluse dans les enregistrements d'identification de la conception.

7.2.2 Essai d'échauffement

Le paragraphe 7.2.2 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Dans le cas d'un transformateur de mesure de faible puissance équipé de plusieurs convertisseurs secondaires, l'essai doit être réalisé sur chacun d'eux.

Le transformateur de mesure de faible puissance est censé avoir réussi cet essai si

- a) l'échauffement satisfait aux exigences données en 6.4 de l'IEC 61869-1:2007.
- b) après refroidissement jusqu'à la température ambiante, il satisfait aux exigences suivantes:
 - 1) il ne présente aucun dommage visible,
 - 2) ses erreurs doivent être dans les limites de la classe de précision correspondante.

7.2.3 Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires

7.2.3.1 Généralités

Le paragraphe 7.2.3.1 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec l'ajout suivant:

Des essais diélectriques doivent être réalisés sur le transformateur de mesure de faible puissance intégralement assemblé, comme s'il était en service. Les surfaces externes des parties isolantes doivent être soigneusement nettoyées.

7.2.5 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

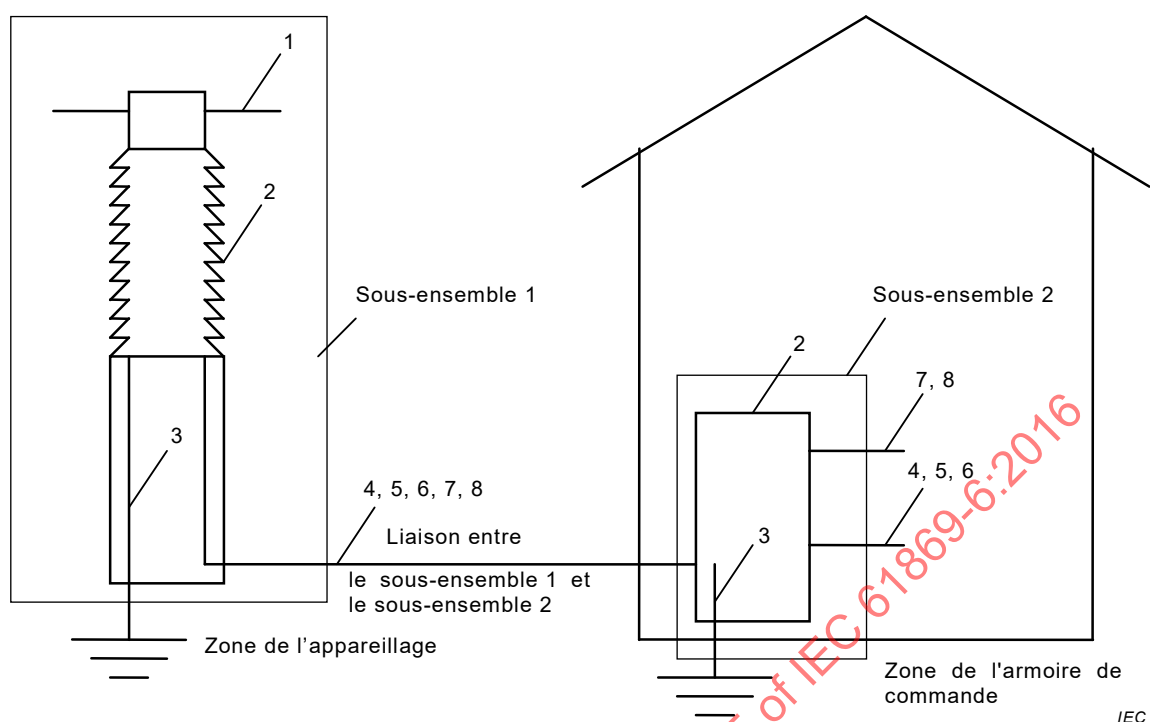
7.2.5.2 Essai d'immunité

7.2.5.2.601 Généralités

Les essais doivent être réalisés pour démontrer la conformité à 6.11.3.

L'essai doit être réalisé sur toutes les connexions. Des préconisations relatives à l'identification des différentes connexions sont données à la Figure 605, à la Figure 606 et à la Figure 607 ci-dessous.

Dans la plupart des cas, un transformateur de mesure de faible puissance peut être divisé en un certain nombre de sous-ensembles principaux, comme par exemple, les circuits situés dans des armoires de commande et les circuits situés dans la zone de l'appareillage. Les essais CEM appropriés à la technologie utilisée par le transformateur de mesure de faible puissance doivent être réalisés sur chaque sous-ensemble principal, l'ensemble du transformateur de mesure de faible puissance étant en fonctionnement normal ou ses sous-ensembles manquants étant simulés. Des exemples de séparation en sous-ensembles principaux sont donnés à la Figure 605, à la Figure 606 et à la Figure 607 ci-dessous.



Légende

- 1 Ligne HT
- 2 Accès de l'enveloppe
- 3 Connexion du signal de terre
- 4 Connexion du signal
- 5 Connexion de commande
- 6 Connexion de communication
- 7 Connexion d'alimentation en courant alternatif
- 8 Connexion d'alimentation en courant continu

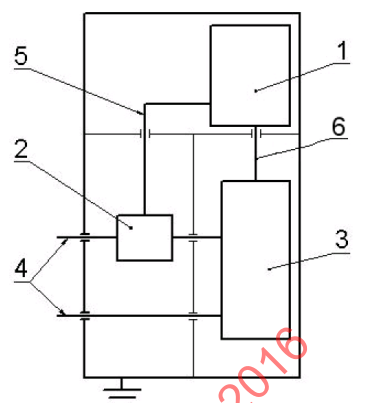
Sous-ensemble 1: "partie extérieure" dans la zone de l'appareillage

Sous-ensemble 2: "partie intérieure" dans la zone de l'armoire de commande

Figure 605 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications AIS HT

Légende

- 1 Dispositif de commande
- 2 Alimentation du LPIT pour le dispositif de commande
- 3 Dispositif de connexion
- 4 Ligne MT
- 5 Liaison de communication et/ou puissance
- 6 Liaison de communication



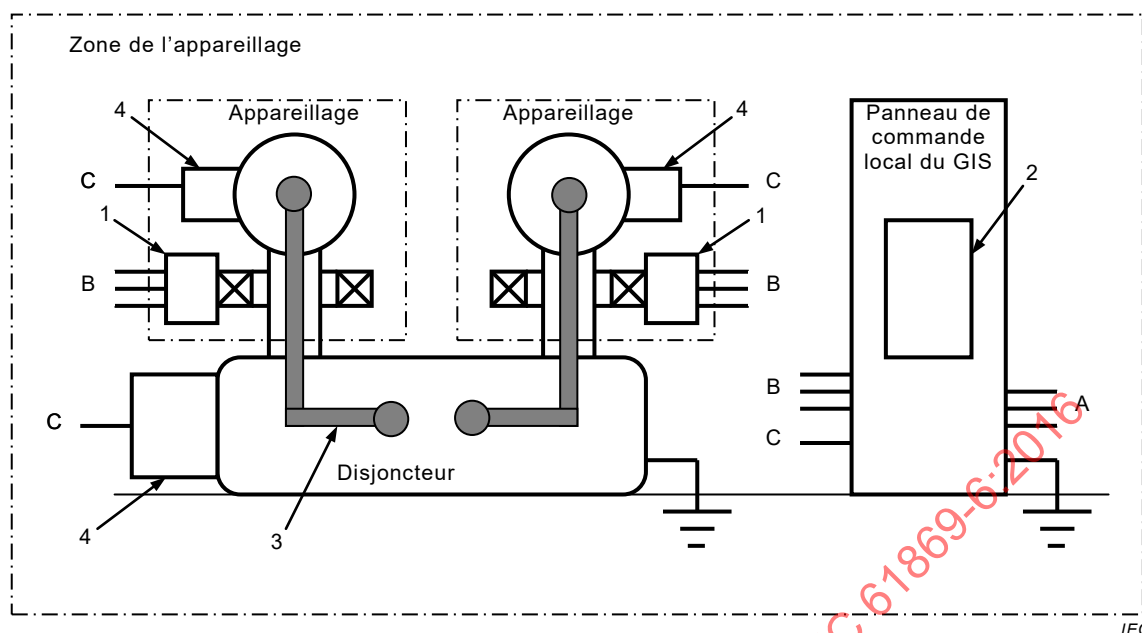
IEC

Armoire de l'appareillage

NOTE Les appareillages MT ne comportent pas d'isolation galvanique entre la zone de l'appareillage et l'armoire de commande (comme dans l'exemple AIS HT). En règle générale, tous les éléments se trouvent à l'intérieur d'un boîtier métallique mis à la terre, ainsi que les parois des différents compartiments internes.

Figure 606 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications MT

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016



Légende

- 1 Transformateurs de mesure de faible puissance avec appareil électronique intelligent (IED – intelligent electronic device)
- 2 Unité de commande (avec concentrateur (MU)) installée dans le panneau local de commande
- 3 Ligne HT intégrée dans la cuve métallique mise à la terre
- 4 Mécanismes de fonctionnement du disjoncteur ou de l'appareillage
- A Liaison de communication et/ou alimentation depuis les systèmes supérieurs. Relais de protection et/ou unités de commande
- B Liaison de communication et/ou alimentation pour les IED des transformateurs de mesure de faible puissance
- C Liaison de communication et/ou alimentation pour les mécanismes de commande

NOTE L'appareillage à isolation gazeuse HT ne comporte pas d'isolation galvanique entre l'appareillage et le panneau local de commande et/ou la zone de l'armoire de commande (voir l'exemple AIS).

Figure 607 – Exemples de sous-ensembles soumis aux essais CEM – Structure habituelle utilisée dans les applications GIS HT

7.2.5.2.602 Conditions générales lors des essais d'immunité

Les conditions générales des essais CEM sont décrites dans l'IEC 61000-4-1 et la CISPR 11. Pendant les essais CEM, il convient que la longueur du câble entre le transformateur de mesure de faible puissance et l'équipement d'essai, et entre le convertisseur primaire et le convertisseur secondaire, soit égale à la longueur maximale spécifiée par le constructeur. La disposition du câble doit, dans toute la mesure du possible, représenter les conditions de service.

7.2.5.2.603 Essai de perturbations d'harmonique et d'interharmonique

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-13. Le niveau d'essai est la classe 2 (taux de distorsion harmonique global de 10 %). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.602 et au Tableau 602.

7.2.5.2.604 Essai de variation lente de la tension

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-11 pour l'alimentation en courant alternatif et selon l'IEC 61000-4-29 pour l'alimentation en courant continu. Les variations de tension utilisées sont comprises entre +10 % et –20 % de la tension nominale de l'alimentation en courant alternatif, et entre +20 % et –20 % de la tension nominale de l'alimentation en courant continu. Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.603 et au Tableau 602.

7.2.5.2.605 Essai d'immunité aux creux de tension et coupures brèves

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-11 pour l'alimentation en courant alternatif et selon l'IEC 61000-4-29 pour l'alimentation en courant continu.

La valeur du creux de tension pour l'essai est égale à 30 % de la tension nominale de l'alimentation en courant alternatif pendant 0,1 s. L'essai de coupure de tension dure 0,02 s pour l'alimentation en courant alternatif.

La valeur du creux de tension pour l'essai est égale à 50 % de la tension nominale de l'alimentation en courant continu pendant 0,1 s.

L'essai de coupure de tension dure 0,05 s (faible impédance) pour l'alimentation en courant continu.

Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.604 et au Tableau 602.

7.2.5.2.606 Essai d'immunité aux ondes de choc

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-5:2014. Le générateur d'essai à utiliser est le générateur d'ondes combiné (hybride) (IEC 61000-4-5:2014, 6.1) avec la forme d'onde en tension normalisée de 1,2/50 μ s (circuit ouvert) et la forme d'onde de courant de 8/20 μ s (court-circuit). Le niveau d'essai est conforme au niveau d'essai 4 (4 kV phase-terre (L-E), 2 kV entre phases (L-L)). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.605 et au Tableau 602.

7.2.5.2.607 Essais d'immunité aux perturbations conduites (150 kHz à 80 MHz)

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-6. Le niveau d'essai et les critères d'évaluation sont donnés en 6.11.3.606 et au Tableau 602.

7.2.5.2.608 Essais d'immunité aux perturbations conduites (0 kHz à 150 kHz)

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-16. Le niveau d'essai et les critères d'évaluation sont donnés en 6.11.3.607 et au Tableau 602.

7.2.5.2.609 Essai d'immunité aux transitoires électroniques rapides en salves

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-4:2012. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 4 (tension d'essai de 4 kV sur l'entrée d'alimentation et de 2 kV sur l'accès d'entrée/sortie, de signal, de commande et de données (mode commun), fréquence de répétition de 5 kHz). L'essai est réalisé en utilisant le réseau de couplage/découplage sur l'entrée d'alimentation, et la pince de couplage capacitive sur les accès d'entrée/sortie, de signal, de commande de données et de communication. Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.608 et au Tableau 602.

7.2.5.2.610 Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-18:2006. Le générateur d'essai à utiliser est le générateur d'ondes oscillatoires amorties (IEC 61000-4-18:2006, 6.1.2). La tension d'essai est de 2,5 kV en mode commun et de 1 kV en mode différentiel pour l'alimentation et les lignes de commande/signal. La fréquence d'essai est de 100 kHz ou de 1 MHz à 400 répétitions par seconde. Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.609 et au Tableau 602.

7.2.5.2.611 Essai d'immunité aux décharges électrostatiques

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-2:2008. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 3. L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-

4-2 appliquée uniquement sur la limite physique de l'équipement en essai (enveloppe). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.610 et au Tableau 602.

7.2.5.2.612 Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-8:2009. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 5 (100 A/m pendant 1 min et 1 000 A/m pendant 1 s). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.611 et au Tableau 602.

7.2.5.2.613 Essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-9:1993. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 5 (1 000 A/m crête). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.612 et au Tableau 602.

7.2.5.2.614 Essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-10:1993. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 5 (champ d'essai de 100 A/m). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.613 et au Tableau 602.

7.2.5.2.615 Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques

L'essai doit être réalisé selon la procédure d'essai de l'IEC 61000-4-3:2006. Le niveau d'essai est le niveau de sévérité 3 (intensité du champ de 10 V/m). Le critère d'évaluation est donné en 6.11.3.614 et au Tableau 602.

7.2.5.601 Essais d'émission CEM

Un essai d'émission est réalisé conformément à la procédure d'essai de la CISPR 11. Les limites de l'essai sont celles du groupe 1, classe A. De préférence, l'essai doit être réalisé sur l'ensemble complet. Toutefois, pour faciliter l'essai, si l'un des sous-ensembles possibles ne contient pas de partie électrique, cet essai peut être réalisé sur les sous-ensembles restants.

7.2.6 Essai concernant la précision

7.2.6.601 Généralités

Les essais de précision suivants s'appliquent au transformateur de mesure de faible puissance de mesure et au transformateur de mesure de faible puissance de protection. Les circuits d'essai sont donnés à l'Annexe 6D.

7.2.6.602 Essais de base concernant la précision

7.2.6.602.1 Essais de base concernant la précision du transformateur de mesure de faible puissance de mesure

Pour démontrer la conformité à la classe de précision spécifiée, les essais doivent être réalisés à chaque valeur du signal d'entrée donnée dans les normes spécifiques, à la fréquence assignée, à charge assignée (le cas échéant) et à température ambiante, sauf spécification contraire.

NOTE L'essai peut être réalisé à l'aide d'un dispositif introduisant un retard pur inséré entre le transformateur de référence et le système de mesure de précision.

7.2.6.602.2 Essai de base concernant la précision du transformateur de mesure de faible puissance de protection

Pour démontrer la conformité à la classe de précision spécifiée, l'essai doit être réalisé au signal d'entrée assigné, à la fréquence assignée, à charge assignée (le cas échéant) et à température ambiante.

NOTE L'essai peut être réalisé à l'aide d'un dispositif introduisant un retard pur inséré entre le transformateur de référence et le système de mesure de précision.

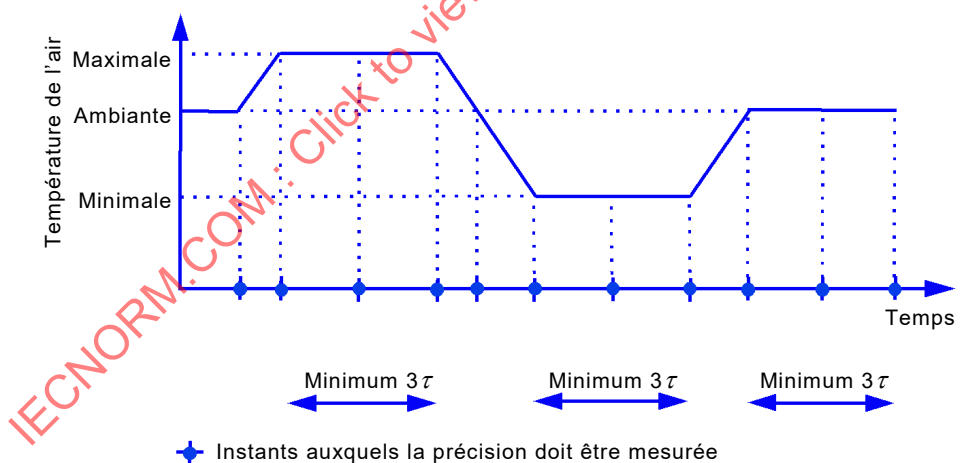
7.2.6.602.3 Essai de base concernant la précision du transformateur de mesure de faible puissance polyvalent

L'essai de base concernant la précision des transformateurs de mesure de faible puissance polyvalents doit inclure les essais de base concernant la précision décrits en 7.2.6.602.1 et en 7.2.6.602.2.

7.2.6.603 Essai de précision du cycle de température

Outre les essais de base concernant la précision réalisés selon 7.2.6.602, l'essai de précision du cycle de température doit être réalisé dans les conditions suivantes:

- à la fréquence assignée;
- au signal primaire assigné, appliqué en continu, en cas de température maximale ou ambiante (sans signal primaire continu en cas de température minimale);
- à charge assignée (le cas échéant);
- avec les composants intérieurs et extérieurs exposés à leur température de l'air ambiant maximale et minimale spécifique. Un essai de cycle conforme à la Figure 608 doit être réalisé.



IEC

Figure 608 – Essai de précision du cycle de température

Le taux de variation de la température minimale est de 5 K/h. Il peut être plus élevé uniquement si le constructeur l'autorise.

La constante de temps thermique τ doit être déclarée par le constructeur.

NOTE La durée nécessaire à la stabilisation de la température du transformateur de mesure de faible puissance dépend principalement de la taille et de la construction du transformateur.

Pour le transformateur de mesure de faible puissance de type partiellement extérieur et partiellement intérieur, les essais doivent être réalisés pour les parties intérieures et

extérieures, chacun aux valeurs extrêmes de la plage de températures pertinente, en respectant les règles suivantes:

- température de l'air ambiant pour les deux parties;
- température maximale pour la partie intérieure avec la température maximale pour la partie extérieure;
- température minimale pour la partie intérieure avec la température minimale pour la partie extérieure;

Dans les conditions de service normales, il convient que l'erreur mesurée de chaque point de mesure soit dans les limites de la classe de précision correspondante.

7.2.6.604 Essai de précision en fonction de la fréquence

Outre les essais de base concernant la précision réalisés selon 7.2.6.602, des essais de précision doivent être réalisés aux deux extrêmes de la plage assignée de fréquences indiquée en 5.4 au signal d'entrée assigné, à la charge assignée (le cas échéant) et à température ambiante constante.

L'erreur doit être dans les limites de la classe de précision correspondante.

NOTE Pour les essais, l'utilisation d'un système de mesure de précision étalonné à la fréquence assignée peut être acceptable.

7.2.6.605 Essai de précision après échange de composants

Pour démontrer la conformité à 6.606, l'essai suivant doit être réalisé. L'aptitude du transformateur de mesure de faible puissance à satisfaire à sa classe de précision lorsque certains de ses composants sont remplacés doit être démontrée par un essai de précision à température ambiante, à fréquence assignée, au signal d'entrée assigné et à charge assignée (le cas échéant).

7.2.6.606 Essais supplémentaires concernant la précision du transformateur de mesure de faible puissance de protection

Les essais supplémentaires concernant la précision (transitoire, par exemple) sont définis dans les normes de produit correspondantes.

7.2.601 Essai de tenue en tension du composant basse tension

7.2.601.1 Conditions d'essai

Les conditions atmosphériques pendant l'essai doivent être les suivantes:

- température de l'air ambiant: 10 °C à 30 °C;
- humidité relative: 45 % à 75 %;
- pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

7.2.601.2 Application de la tension d'essai

La tension d'essai doit être appliquée aux points de raccordement du transformateur de mesure de faible puissance, non alimenté, dans un nouvel état sec sans autoéchauffement.

Chaque circuit indépendant doit être soumis à l'essai à la tension d'essai spécifiée en fonction de tous les autres circuits raccordés entre eux et à la terre.

- a) S'agissant de l'essai entre un circuit donné et tous les autres, tous les points de raccordement du circuit en question doivent être connectés entre eux;

b) Pour tous les essais, les circuits qui doivent être connectés à la terre doivent donc l'être.

Les circuits indépendants sont décrits par le constructeur, sauf si cela paraît évident. Par exemple, le convertisseur secondaire et le concentrateur (MU) peuvent être des circuits indépendants.

Pour les dispositifs équipés d'une enveloppe isolante, les parties conductrices accessibles nécessaires à l'essai doivent être représentées par une feuille métallique recouvrant l'ensemble de l'enveloppe, sauf les bornes autour desquelles une certaine distance doit être maintenue de manière à éviter un amorçage.

7.2.601.3 Essai de tenue en tension à la fréquence industrielle

Les essais de tenue en tension à la fréquence industrielle doivent être réalisés en appliquant les exigences d'isolement correspondant aux composants basse tension spécifiés en 5.3.5.

La source de tension d'essai doit être telle que la chute de tension observée soit inférieure à 10 % lorsque la moitié de la tension spécifiée est appliquée au dispositif en essai.

La tension source doit être vérifiée avec une précision supérieure à 5 %.

La tension d'essai doit être en grande partie sinusoïdale avec une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La tension en circuit ouvert de la source de tension est à l'origine réglée à 50 % au maximum de la tension d'essai spécifiée. Elle est ensuite appliquée au dispositif en essai. À partir de cette valeur initiale, la tension doit être élevée et maintenue pendant 1 min à la valeur spécifiée de telle sorte qu'aucun transitoire appréciable ne se produise. Elle doit ensuite être progressivement réduite à zéro aussi rapidement que possible.

Critères d'acceptation: aucune rupture et aucun amorçage ne doivent se produire.

7.2.601.4 Essai de tenue à la tension de choc

Les essais de tenue à la tension de choc doivent être réalisés en appliquant la tension indiquée en 5.3.5.

Un choc de foudre normalisé conforme à l'IEC 60060-1 doit être utilisé. Les paramètres sont les suivants:

- impédance de sortie: $500 \Omega \pm 10 \%$
- énergie de sortie: $0,5 \text{ J} \pm 10 \%$

La longueur de chaque fil de connexion pour l'essai ne doit pas dépasser 2 m.

La tension de choc doit être appliquée aux points appropriés accessibles de l'extérieur du dispositif, les autres circuits et les parties conductrices accessibles étant raccordés à la terre.

Pendant l'essai, aucune grandeur d'alimentation d'entrée ou auxiliaire ne doit être appliquée au dispositif.

Trois chocs positifs et trois chocs négatifs doivent être appliqués toutes les 5 s au moins.

Critères d'acceptation: aucun amorçage n'est toléré. Après l'essai, l'électronique doit toujours satisfaire aux essais de base concernant la précision.

7.3 Essais individuels de série

7.3.1 Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes primaires

Les exigences de 7.3.1 de l'IEC 61869-1:2007 s'appliquent, avec l'ajout suivant:

Des essais diélectriques doivent être réalisés sur le transformateur de mesure de faible puissance intégralement assemblé, comme s'il était en service. Les surfaces externes des parties isolantes doivent être soigneusement nettoyées.

7.3.4 Essais de tenue en tension à la fréquence industrielle sur les bornes secondaires

Le paragraphe 7.3.4 de l'IEC 61869-1:2007 s'applique, avec les modifications suivantes:

La tension d'essai est définie en 5.3.5.

7.3.5 Essai concernant la précision

En principe, l'essai individuel de série est identique à l'essai de type de 7.2.6.602. Toutefois, les essais individuels de série réalisés en quelques points d'essai sont admis si les essais de type réalisés sur un transformateur de mesure de faible puissance similaire ont démontré qu'il est suffisant de procéder à un nombre d'essais limité pour démontrer la conformité à une classe de précision spécifiée.

7.3.601 Essai de tenue en tension à la fréquence industrielle des composants basse tension

Pour les essais individuels de série, le même montage d'essai que celui de l'essai de type est utilisé (voir 7.2.601). L'essai peut durer 1 min comme indiqué en 7.2.601 ou 1 s à 1,1 fois le niveau de tension d'essai spécifié défini en 5.3.5.

7.4 Essais spéciaux

7.4.601 Essais de vibrations

7.4.601.1 Essai de vibrations des parties secondaires

Le convertisseur secondaire, le concentrateur (MU) et l'alimentation secondaire sont en général comparables aux équipements électriques secondaires présents dans le poste et doivent être soumis à l'essai selon l'IEC 60068-2-6 conformément à 6.607.

7.4.601.2 Essai de vibrations des parties primaires

La disposition d'essai doit, dans toute la mesure du possible, représenter la condition de service la plus défavorable en matière de vibrations. Les niveaux de vibrations varient en fonction des dispositifs de raccordement, du type d'isolement et, pour les disjoncteurs, du principe d'actionnement (les mécanismes à ressorts sont censés générer des niveaux de vibrations plus élevés).

7.4.601.2.1 Essai de vibrations pour les parties primaires pendant le courant de courte durée

Cet essai vise à déterminer que le transformateur de mesure de faible puissance fonctionne correctement en présence de vibrations provenant des jeux de barres et provoquées par des forces électromagnétiques de courant de courte durée.

Cet essai peut être réalisé conjointement avec un essai de tenue aux courants de courte durée ou un essai d'erreur composée. 5 ms après la dernière ouverture du disjoncteur, la valeur efficace du signal de sortie secondaire du transformateur de mesure de faible

puissance à la fréquence assignée calculée sur une période, qu'il convient en théorie d'établir à "0", ne doit pas dépasser 3 % de la valeur du signal de sortie secondaire assignée. Pour représenter la condition la plus défavorable en matière de vibrations, il convient de raccorder le transformateur de mesure de faible puissance au disjoncteur à l'aide d'un raccordement rigide.

7.4.601.2.2 Essais de vibrations des parties primaires couplées mécaniquement à un appareillage

7.4.601.2.2.1 Généralités

Ces essais doivent s'appliquer à des transformateurs de mesure de faible puissance montés sur un disjoncteur à isolation dans l'air, un appareillage à isolation gazeuse, un appareillage moyenne tension et un disjoncteur à cuve mise à la terre.

7.4.601.2.2.2 Vibrations pendant le fonctionnement

Cet essai vise à déterminer que le transformateur de mesure de faible puissance fonctionne correctement en présence de vibrations provenant du disjoncteur et du sectionneur.

Le disjoncteur doit fonctionner pendant un cycle de fonctionnement (ouvert-fermé-ouvert) sans courant. 5 ms après la dernière ouverture du disjoncteur, la valeur efficace du signal de sortie secondaire du transformateur de mesure de faible puissance à la fréquence assignée calculée sur une période, qu'il convient en théorie d'établir à "0", ne doit pas dépasser 3 % de la valeur du signal de sortie secondaire assignée. Pour représenter la condition la plus défavorable en matière de vibrations, il convient de raccorder le disjoncteur avec un conducteur souple.

7.4.601.2.2.3 Essai d'endurance aux vibrations

Le disjoncteur doit fonctionner 2 000 fois (classe M1) ou 10 000 fois (classe M2) sans courant primaire, comme indiqué dans l'IEC 62271-100. La précision du transformateur de mesure de faible puissance au courant assigné et à la tension assignée doit être mesurée avant et après l'essai. L'erreur du transformateur de mesure de faible puissance après l'essai ne doit pas différer de celle enregistrée avant l'essai de plus de la moitié de la limite d'erreur appropriée à sa classe de précision.

NOTE Les niveaux de vibrations générés par les disjoncteurs ont été déterminés comme étant principalement fonction du principe d'actionnement. Un disjoncteur équipé d'un mécanisme à ressort produit en général des niveaux plus élevés de vibrations. Par conséquent, un essai de transformateur de mesure de faible puissance réalisé sur ce type de disjoncteur peut être considéré comme étant valide pour d'autres disjoncteurs, ce qui fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

601 Informations à fournir avec les demandes d'information, les soumissions et les commandes

601.1 Désignation

Lors de la spécification d'un transformateur de mesure de faible puissance pour une demande d'information ou une commande, les détails pertinents permettant de déterminer ses performances sont donnés dans les normes de produit correspondantes.

601.2 Sûreté de fonctionnement

Le constructeur doit fournir un dossier de fiabilité, de sûreté de fonctionnement et de crédibilité (voir 6.606).

Annexe 6A (normative)

Réponse en fréquence du LPIT et exigences de précision concernant les harmoniques

6A.1 Généralités

Les exigences de 6A.2 sont pertinentes pour tous les transformateurs de mesure de faible puissance. Les exigences de 6A.3 sont pertinentes pour les transformateurs de mesure de faible puissance impliquant le traitement ou la transmission de données numériques, même s'ils sont équipés d'une sortie analogique.

Les essais de précision en fonction de la fréquence réalisés sur le transformateur de mesure de faible puissance sont présentés en 6A.5.

6A.2 Exigences en matière de bruit et de distorsion

Les exigences en matière de bruit sont spécifiées en 6.603.

La sortie du transformateur de mesure de faible puissance peut contenir certaines perturbations qui s'ajoutent au bruit blanc commun à tous les systèmes électriques. Ces perturbations peuvent être générées par le transformateur de mesure de faible puissance sur une large bande de fréquences et en l'absence d'un signal primaire.

NOTE La source de ces perturbations peut être les signaux d'horloge des convertisseurs, le bruit de commutation du multiplexeur, le convertisseur courant continu/courant continu, les fréquences de commutation.

La procédure suivante est recommandée:

- sans signal primaire, mesurer la sortie du transformateur de mesure à l'aide d'un analyseur de spectre. Cela donne une image du bruit induit par le transformateur de mesure lui-même.

D'autres perturbations peuvent provenir d'une distorsion de la fondamentale (créant ses propres harmoniques) ou de la modulation des harmoniques de la fondamentale (créant des interharmoniques à la sortie du convertisseur secondaire). Le constructeur doit donner des indications à l'utilisateur relatives à cette source de perturbations. Un simple mesurage qui pourrait donner une indication utile peut être:

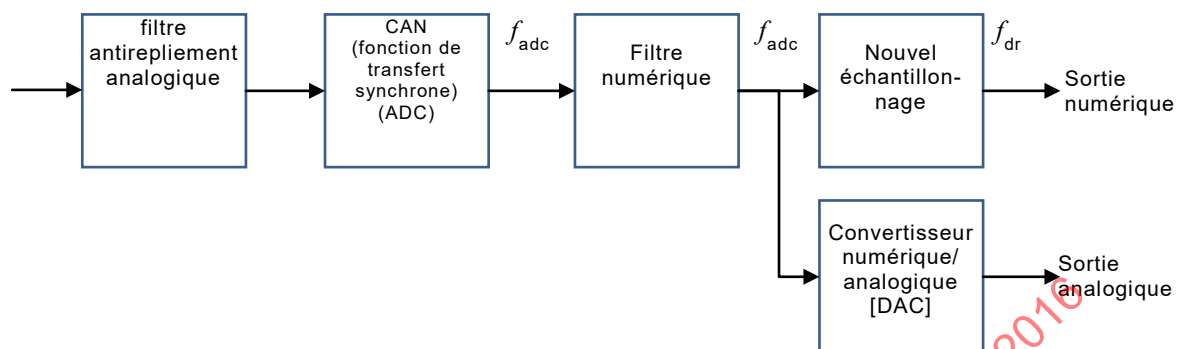
- avec un signal primaire sinusoïdal "pur" à la fréquence et l'amplitude assignées, mesurer la sortie du transformateur de mesure à l'aide d'un analyseur de spectre, par exemple. Cela donnerait une image de la distorsion harmonique induite par le transformateur de mesure lui-même.

6A.3 Exigences relatives au filtre antirepliement pour le transformateur de mesure de faible puissance utilisant le traitement de données numériques

Le traitement numérique et discret de l'échantillonnage temporel limite la largeur de bande à la moitié de la fréquence d'échantillonnage numérique f_s . Si différentes fréquences d'échantillonnage sont utilisées au cours du processus de traitement du signal, la fréquence la plus basse est le facteur limitant. Pour les transformateurs de mesure à sortie numérique, la fréquence la plus basse est en général la fréquence d'échantillonnage de la sortie. Les fréquences supérieures à $f_s / 2$ sont reflétées dans les fréquences inférieures à $f_s / 2$. Du point de vue de la précision, les fréquences les plus critiques sont celles mises en correspondance avec la fréquence du réseau f_r . La première fréquence mise en correspondance avec f_r est:

$$f_s - f_r$$

La Figure 6A.1 donne un exemple de système d'acquisition de données numériques.



IEC

Légende

f_{adc} Fréquence d'échantillonnage du CAN (ADC)

f_{dr} Fréquence d'échantillonnage de la sortie

Figure 6A.1 – Exemple de système d'acquisition de données numériques

Si f_{adc} est supérieure à f_{dr} , la largeur de bande du signal est égale à $f_{dr} / 2$. Sinon, elle est égale à $f_{adc} / 2$.

Un filtre antirepliement doit donc être utilisé. Les exigences d'atténuation minimale du filtre antirepliement sont spécifiées en fonction de la classe de précision du transformateur de mesure du Tableau 6A.1.

Tableau 6A.1 – Filtre antirepliement

Classe de précision	Atténuation du filtre antirepliement ($f \geq f_s - f_r$)
0,1	≥ 34 dB
0,2	≥ 28 dB
0,5	≥ 20 dB
1	≥ 20 dB
Toutes les classes de protection	≥ 20 dB

L'atténuation, exprimée en décibels (dB), est calculée par la formule suivante:

$$\text{Atténuation} = 20 \log_{10} \frac{I_p \times I_{sr}}{I_s \times I_{pr}} \text{ (dB)}$$

où

I_p est la valeur efficace du courant primaire à la fréquence f , avec $f \geq f_s - f_r$;

I_s est la valeur efficace de la sortie secondaire à la fréquence miroir, c'est-à-dire à $f_s - f_r$;

I_{pr} est le courant primaire assigné;

I_{sr} est la sortie secondaire assignée.

Pour le transformateur de tension de faible puissance, remplacer le courant I par la tension U .

6A.4 Exigences de précision du transformateur de mesure de faible puissance concernant les harmoniques et les basses fréquences

6A.4.1 Généralités

Des dispositifs spécifiques étant utilisés (charges non linéaires, FACTS, chemin de fer), des harmoniques peuvent être générées sur le réseau. La quantité d'harmoniques dépend du réseau et du niveau de tension. Les harmoniques présentent un intérêt pour les domaines du comptage, de la qualité de l'onde et de la protection. La Figure 6A.2 représente les exigences relatives à l'amplitude de la réponse en fréquence d'harmonique et d'antirepliement pour la classe de précision de comptage 1, où $f_r = 60$ Hz et $f_s = 4\,800$ Hz. Les exigences de précision spécifiques concernant chaque classe sont données dans les paragraphes ci-dessous.

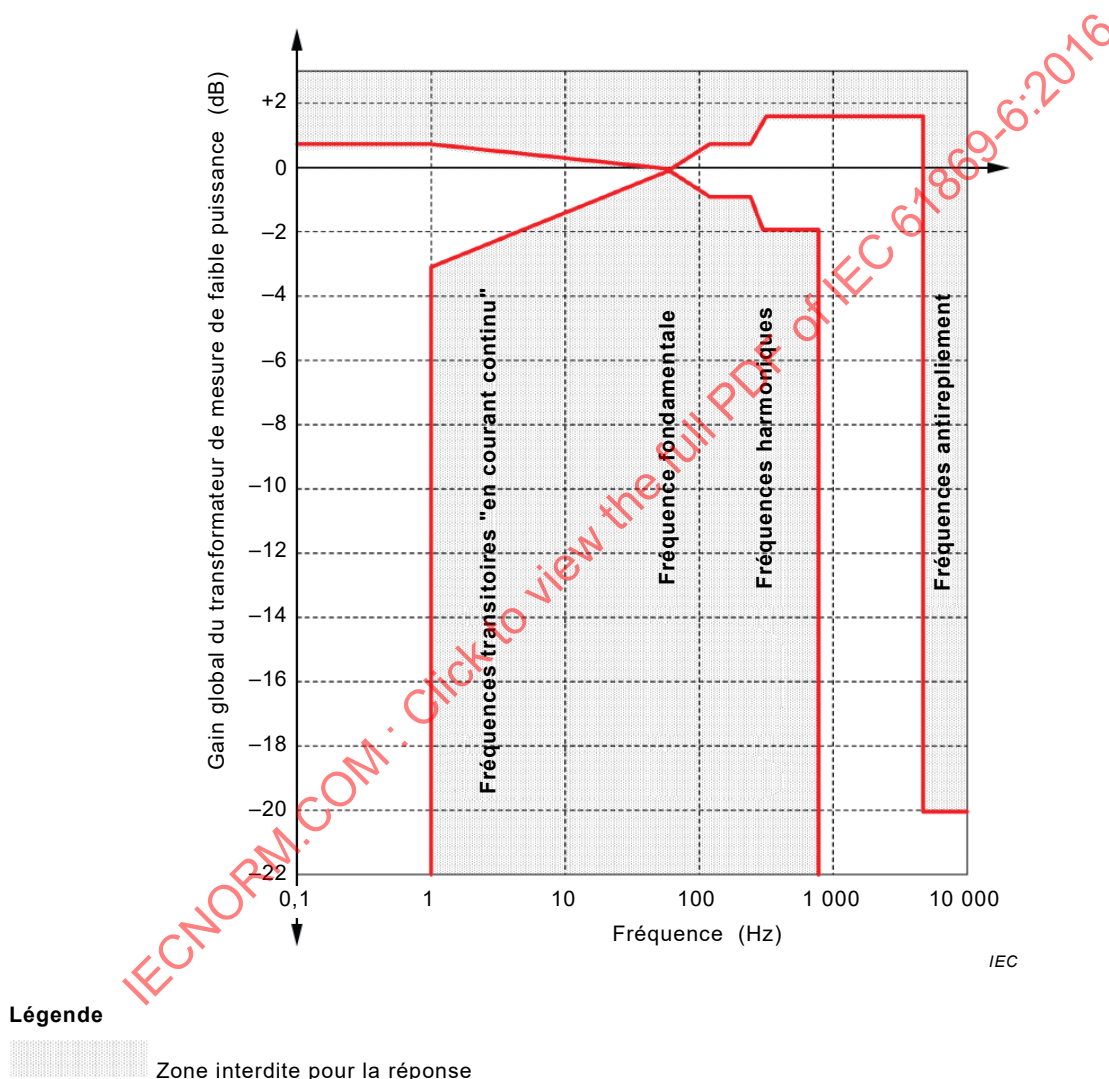


Figure 6A.2 – Gabarit de réponse en fréquence pour la classe de précision de comptage 1 ($f_r = 60$ Hz, $f_s = 4\,800$ Hz)

6A.4.2 Classes de précision de mesure

Le Tableau 6A.2 donne la limite des erreurs pour les classes de mesure.

Tableau 6A.2 – Classes de précision de mesure

Classe de précision (à f_r)	Erreur de rapport à basse fréquence		Erreur de rapport (+/-) aux harmoniques					Déphasage (+/-) à basse fréquence	Erreur de phase (+/-) aux harmoniques			
								Degrés	Degrés			
	0 Hz	1 Hz	2 ^{ème} à 4 ^{ème}	5 ^{ème} et 6 ^{ème}	7 ^{ème} à 9 ^{ème}	10 ^{ème} à 13 ^{ème}	Au-dessus de la 13 ^{ème}	1 Hz	2 ^{ème} à 4 ^{ème}	5 ^{ème} et 6 ^{ème}	7 ^{ème} à 9 ^{ème}	10 ^{ème} à 13 ^{ème}
0,1	+1 % -100 %	+1 % -30 %	1 %	2 %	4 %	8 %	+8 % -100 %	45	1	2	4	8
0,2 0,2S	+2 % -100 %	+2 % -30 %	2 %	4 %	8 %	16 %	+16 % -100 %	45	2	4	8	16
0,5 0,5S	+5 % -100 %	+5 % -30 %	5 %	10 %	20 %	20 %	+20 % -100 %	45	5	10	20	20
1	+10 % -100 %	+10 % -30 %	10 %	20 %	20 %	20 %	+20 % -100 %	45	10	20	20	20
3 5	–	–	–	–	–	–		–	–	–	–	–

NOTE 0 Hz dans la première colonne signifie que le couplage en courant continu est admis, mais pas exigé.

La transition entre les points définis dans le tableau ci-dessus doit être une ligne droite présentée sur une échelle log/log.

Les limites ci-dessus s'appliquent également aux transformateurs de tension et de courant de faible puissance.

6A.4.3 Extension de classe de précision concernant la mesure de la qualité de l'onde et les applications en courant continu à faible largeur de bande

Selon l'EN 50160 et l'IEC 61000-4-7, à cette fin, les harmoniques jusqu'au 40^{ème} ordre (voire, dans certains cas, jusqu'au 50^{ème} ordre) sont mesurées. L'IEC 61000-4-7 spécifie que l'erreur relative (par rapport à la valeur mesurée) ne doit pas dépasser 5 %.

Ces extensions peuvent être appliquées à toutes les classes de précision pour indiquer de meilleures performances aux fréquences élevées.

Les limites de précision de mesure de la qualité de l'onde et des transformateurs de mesure pour l'application en courant continu sont données au Tableau 6A.3.

Tableau 6A.3 – Extension des classes de précision concernant la mesure de la qualité de l'onde et les applications en courant continu à faible largeur de bande

Classe de précision	Erreur de rapport (+/-) aux fréquences présentées ci-dessous			Erreur de phase (+/-) aux fréquences présentées ci-dessous		
				Degrés		
	(0,1 ≤ f < 1) kHz %	(1 ≤ f < 1,5) kHz %	(1,5 ≤ f < 3) kHz %	(0,1 ≤ f < 1) kHz	(1 ≤ f < 1,5) kHz	(1,5 ≤ f < 3) kHz
0,1	1	2	5	1	2	5
0,2 0,2S	2	4	5	2	4	5
0,5 0,5S	5	10	10	5	10	20
1	10	20	20	10	20	20

Les erreurs de phase ne concernent pas les applications en courant continu.

Les classes de précision 0,2S et 0,5S s'appliquent uniquement aux transformateurs de courant de faible puissance.

Les limites ci-dessus du Tableau 6A.3 s'appliquent également aux transformateurs de tension de faible puissance et aux transformateurs de courant de faible puissance.

Les limites de précision des transformateurs de mesure à large bande pour l'application en courant continu avec l'application à large bande sont données au Tableau 6A.4.

Tableau 6A.4 – Extension des classes de précision concernant les applications en courant continu à large bande

Classe de précision	Erreur de rapport (+/–) aux fréquences présentées ci-dessous			Erreur de phase (+/–) aux fréquences présentées ci-dessous		
				Degrés		
	$(0,1 \leq f < 5) \text{ kHz}$ %	$(5 \leq f < 10) \text{ kHz}$ %	$(10 \leq f < 20) \text{ kHz}$ %	$(0,1 \leq f < 5) \text{ kHz}$	$(5 \leq f < 10) \text{ kHz}$	$(10 \leq f < 20) \text{ kHz}$
0,1	1	2	5	1	2	5
0,2 0,2S	2	4	5	2	4	5
0,5 0,5S	5	10	10	5	10	20
1	10	20	20	10	20	20
Les erreurs de phase ne concernent pas les applications en courant continu.						

La classe 0,2S et la classe 0,5S s'appliquent uniquement aux transformateurs de courant de faible puissance.

Les limites ci-dessus s'appliquent également aux transformateurs de tension de faible puissance et aux transformateurs de courant de faible puissance.

6A.4.4 Classes de précision de protection

Le Tableau 6A.5 s'applique à toutes les classes de précision de protection. La fréquence 16,7 Hz ou 20 Hz est pertinente pour couvrir les influences possibles provenant des fréquences industrielles ferroviaires (pour le réseau électrique à fréquence assignée de 50 Hz ou de 60 Hz).

Tableau 6A.5 – Classes de précision de protection

Classe de précision	Erreur de rapport (+/–) aux fréquences et harmoniques présentées ci-dessous		Erreur de phase (+/–) aux fréquences et harmoniques présentées ci-dessous	
			Degrés	
	Composante 1/3 (16,7 Hz ou 20 Hz) %	2 ^{ème} à 5 ^{ème} harmonique %	Composante 1/3 (16,7 Hz ou 20 Hz)	2 ^{ème} à 5 ^{ème} harmonique
Toutes les classes de protection	10	10	10	10

Les limites ci-dessus s'appliquent également aux transformateurs de tension de faible puissance et aux transformateurs de courant de faible puissance.

6A.4.5 Classe de précision de protection à large bande particulière

Pour certaines applications (les relais à ondes de propagation, par exemple), il est nécessaire d'utiliser des fréquences d'au moins 500 kHz. L'utilisation des relais basée sur l'analyse des ondes de propagation semble être une solution prometteuse pour localiser un défaut de manière très précise. Par exemple, de nouveaux dispositifs s'appuyant sur ces principes se

révèlent beaucoup plus précis que les localisateurs de défaut conventionnels basés sur les réactances. Ce domaine est toujours en cours de développement, mais il convient que la plage de fréquences du transformateur de courant et du transformateur de tension adaptés à ces relais soit très large, donc la plage "étendue", jusqu'à 500 kHz. Les exigences générales pour ce type d'application ne font l'objet d'aucun consensus à la date de publication. Le Tableau 6A.6 et la largeur de bande sont uniquement donnés à titre informatif.

Tableau 6A.6 – Classes de précision concernant la protection à large bande particulière

Classe de précision	Valeur de crête maximale de l'erreur instantanée (+/-) aux fréquences présentées ci-dessous	
Protection à large bande particulière	Entre f_r et 50 kHz	A 500 kHz
	10 %	30 % (3 dB)

NOTE 1 Les relais à ondes de propagation sont particulièrement conçus à cet effet et sont très spéciaux (très large bande, etc.). Même si les transformateurs de courant conventionnels présentent souvent une largeur de bande suffisante, il est d'usage pour le constructeur de fournir le relais/localisateur de défaut avec les transformateurs de courant/tension et leurs composants électroniques associés. En effet, la plupart des dispositifs agissent comme des enregistreurs de perturbation qui stockent les données pendant le défaut et procèdent à un post-traitement après avoir localisé le défaut.

NOTE 2 Compte tenu de la large bande, cette classe n'est pas adaptée aux sorties numériques normalisées.

6A.4.6 Classes de précision particulières pour les transformateurs de tension de faible puissance couplés en courant continu

Les transformateurs de tension de faible puissance appartenant à cette classe doivent être en mesure de donner des indications quant à la valeur de la tension continue sur la ligne en courant alternatif. Dans ce cas, l'utilisateur n'a pas besoin d'une image très précise de la tension. L'information importante est la polarité de la tension résiduelle sur la ligne.

Dans ce cas particulier, toutes les exigences relatives aux harmoniques présentées en détail en 6A.4.4 doivent également s'appliquer.

Des exigences supplémentaires sont données au Tableau 6A.7.

Tableau 6A.7 – Classes de précision pour les transformateurs particuliers de tension de faible puissance couplés en courant continu

Classe de précision	Valeur de crête maximale de l'erreur instantanée (+/-) aux fréquences présentées ci-dessous
Protection particulière en courant continu (pour le transformateur de tension de faible puissance)	entre 0 Hz (courant continu) et f_r
	10 %

Il convient de veiller à ce que les transformateurs d'entrée des relais connectés ne satureront pas une sortie analogique, étant donné que le transformateur de tension de faible puissance peut ne pas décharger la ligne (sortie en courant continu constante du transformateur de tension de faible puissance). Bien entendu, avec la sortie numérique, ce type de problème n'existe pas.

6A.5 Essais de précision par rapport aux harmoniques et aux basses fréquences

Les essais sont réalisés pour démontrer qu'un transformateur de mesure de faible puissance satisfait aux exigences de précision sur les harmoniques et les basses fréquences données en 6A.4.2. Dans l'idéal, il convient de réaliser les essais sur les harmoniques avec le signal

d'entrée assigné à la fréquence assignée, plus un pourcentage du signal d'entrée primaire assigné à chaque fréquence harmonique prise en compte. Il convient qu'un signal d'entrée primaire donne une image réaliste des exigences dynamiques sur le transformateur, ainsi qu'une bonne image d'un phénomène non linéaire qui peut se produire dans le transformateur (intermodulation, par exemple).

Toutefois, il peut s'avérer difficile de disposer d'un circuit d'essai qui génère ce type de signal d'entrée primaire. Pour des raisons pratiques, il est admis de réaliser les essais de précision avec une seule fréquence harmonique appliquée du côté primaire pour chaque mesurage.

6A.6 Disposition d'essai et circuit d'essai

6A.6.1 Essai de précision des harmoniques et basses fréquences

Les exigences de réponse en fréquence définies au Tableau 6A.2 ci-dessus sont très importantes pour assurer l'interopérabilité du dispositif. Toutefois, la vérification de ces exigences peut s'avérer assez difficile et exige une bonne connaissance des propriétés physiques et des limitations de la technologie du dispositif soumis à l'essai. Les essais de réponse en fréquence doivent satisfaire aux exigences en matière d'harmonique décrites au Tableau 6A.2.

L'utilisation d'un montage d'essai adapté est exigée (voir l'IEC TR 61869-103 pour plus de détails).

Les dispositifs à circuit ferromagnétique (transformateurs de courant conventionnels, transformateurs de tension, transformateurs capacitifs de tension et transformateurs d'entrée auxiliaire SAMU) sont susceptibles de faire l'objet d'une saturation du noyau ferromagnétique, et ne peuvent en général pas être soumis à l'essai à basses fréquences en utilisant des niveaux de tension/courant complets. Pour ces dispositifs, il convient de procéder aux mesurages à des fréquences inférieures à la fréquence nominale du réseau avec une amplitude de signal d'essai réduite de manière inversement proportionnelle à la fréquence:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_{\text{test}}}{f_r}$$

Les dispositifs à bobine de Rogowski/bobine à air donnent une sortie dont l'amplitude augmente avec la fréquence. Pour éviter l'écrêtage du circuit de mesure, il convient de procéder aux essais au-dessus de la fréquence nominale du réseau avec une amplitude de signal d'essai réduite proportionnellement à la fréquence:

$$I_{\text{test}} = I_{\text{pr}} \times \frac{f_r}{f_{\text{test}}}$$

Les dispositifs optoélectroniques sont en principe insensibles à la fréquence du signal d'essai. Le niveau du signal d'essai à différentes fréquences est déterminé en premier lieu par les capacités du laboratoire d'essai.

Les courants et tensions d'essai des transformateurs particuliers de tension de faible puissance couplés en courant continu (6A.4.6) sont présentés dans le Tableau 6A.8.

Tableau 6A.8 – Classes de précision pour les harmoniques

Classe de précision	Amplitude des courants (ou des tensions) pour les essais de précision (% de I_{pr}) ou (% de U_{pr})	
	courant continu jusqu'à f_r pas tous les 10 Hz	f_r jusqu'à la 5 ^{ème} harmonique pas toutes les harmoniques
Courant continu particulier (pour les transformateurs de tension de faible puissance)	20 %	20 %

6A.6.2 Essai de type pour l'antirepliement correct

L'atténuation est calculée et la limite donnée en 6A.3 est vérifiée. Si l'utilisateur et le constructeur se sont mis d'accord, l'injection peut avoir lieu dans le convertisseur secondaire.

L'amplitude du signal primaire doit être égale à au moins 1 % du signal primaire assigné.

NOTE Compte tenu de l'occurrence d'un antirepliement, le signal d'entrée et le signal de sortie ne présentent pas la même fréquence. Par conséquent, les dispositions d'essai utilisant des configurations en pont ne peuvent pas être utilisées. Le moyen le plus facile de procéder à cet essai consiste à calculer ou mesurer les valeurs efficaces de l'entrée ou de la sortie séparément à l'aide d'un système numérique ou d'un simple multimètre pour les systèmes analogiques.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-6:2016