

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Instrument transformers –

Part 14: Additional requirements for current transformers for DC applications

Transformateurs de mesure –

Partie 14: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant pour application en courant continu

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a 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 - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 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

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

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

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

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 - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 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

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Instrument transformers –

Part 14: Additional requirements for current transformers for DC applications

Transformateurs de mesure –

Partie 14: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant pour application en courant continu

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-8322-5803-3

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
5 Ratings.....	16
6 Design and construction	20
7 Tests	25
Annex 14A (informative) Equivalent thermal current in CTs for DC application	37
14A.1 General.....	37
14A.2 Current harmonic content.....	37
14A.3 Losses in primary conductor due to harmonic content	38
14A.4 Thermal test with AC current.....	40
Annex 14B (informative) Proposed rated insulation level applicable to current transformers for DC application.....	41
Bibliography.....	42
Figure 1401 – Example of LCC scheme	7
Figure 1402 – Typical scheme for VSC – symmetrical monopole.....	8
Figure 1403 – Typical scheme for VSC – asymmetrical monopole or bipole	9
Figure 1404 – Typical step responses of a system	14
Figure 1405 – Accuracy limits of a DCCT.....	19
Figure 1406 – Polarity reversal test profile.....	30
Figure 1407 – Measurement of the step response time	32
Figure 14A.1 – Typical waveform of current flowing in the primary conductor for LCC applications	37
Figure 14A.2 – The two terms that make up the total losses in the primary conductor	39
Figure 14A.3 – Additional losses in conductors due to typical current harmonics	40
Figure 14A.4 – Power-frequency losses in conductors compared to DC losses	40
Table 1401 – Current and voltage in current transformers for LCC application	8
Table 1402 – Current and voltage in current transformers for VSC application.....	10
Table 3 – Partial discharge test voltages and permissible levels	17
Table 1403 – Limits of ratio error for DCCT (classes from 0,1 to 1).....	19
Table 7 – Static withstand test loads.....	21
Table 8 – Arc fault duration and performance criteria	22
Table 1404 – Markings of terminals	23
Table 1405 – Rating plate marking for common rating plate	24
Table 1406 – Rating plate marking for each secondary converter	24
Table 1407 – Rating plate marking for auxiliary power supply	25

Table 10 – List of tests.....	26
Table 14A.1 – Typical harmonic current values (800 kV LCC)	38
Table 14B.1 – Proposed rated primary terminal insulation levels for current transformers for DC application.....	41

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –**Part 14: Additional requirements for current transformers for DC applications****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 61869-14 has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

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

FDIS	Report on voting
38/560/FDIS	38/565/RVD

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

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

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

This Part 14 is to be used in conjunction with, and is based on, IEC 61869-1:2007, *General requirements*, and IEC 61869-6:2016, *Additional general requirements for low-power instrument transformers* – however the reader is encouraged to use the most recent editions.

This Part 14 follows the structure of IEC 61869-1:2007 and IEC 61869-6:2016 and supplements or modifies their corresponding clauses.

When a subclause of Part 1 or Part 6 is not mentioned in this Part 14, that subclause applies. When this standard states “addition”, “modification” or “replacement”, the relevant text in Part 1 or Part 6 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 1401 are additional to those in Part 1 and Part 6;
- additional annexes are lettered 14A, 14B, 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	PRODUCTS	OLD STANDARD
61869-1 GENERAL REQUIREMENTS	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 CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-5
	61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER INSTRUMENT TRANSFORMERS	61869-7	60044-7
		61869-8	60044-8
		61869-9	
		61869-10	
		61869-11	60044-7
		61869-12	
		61869-13	
		61869-14	
		61869-15	

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

INTRODUCTION

General

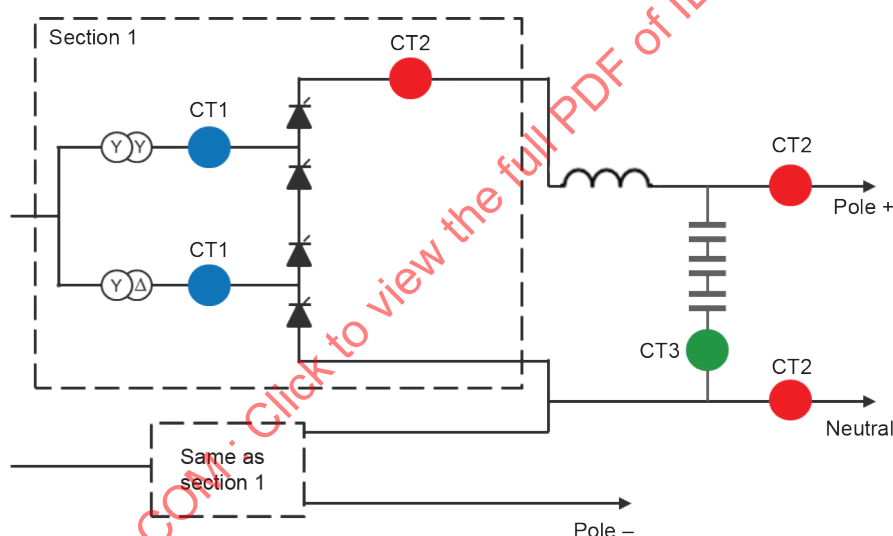
This document applies to current transformers intended to be used in DC applications with at least one of the following functions:

- measure DC current (with significant harmonics);
- withstand DC voltage.

Depending on the position of the current transformer on the DC system, different kinds of application exist, which are briefly described below, together with the approximate voltage or current wave shape.

Line-commutated converters (LCC)

Line-commutated converters (LCC) are based on thyristor converters (see Figure 1401). They are characterized by a single direction of current flow, and a voltage polarity reversal possibility. Significant voltage and current harmonics exist up to frequencies of about 3 kHz to 4 kHz.



IEC

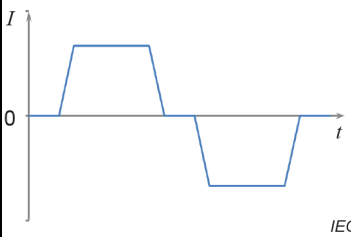
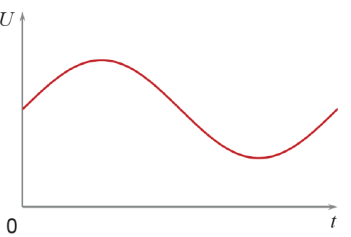
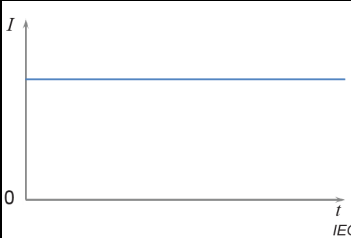
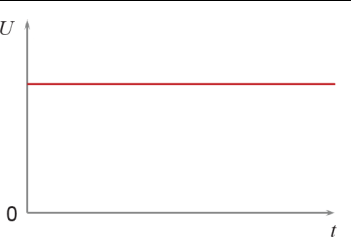
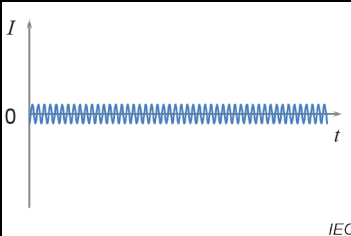
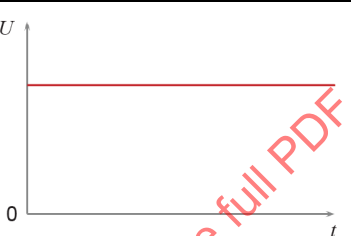
Figure 1401 – Example of LCC scheme

We distinguish three different current-measurement functions:

- CT1: measurement of the current at the AC side of the converter;
- CT2: measurement of the current at the DC side of the converter;
- CT3: measurement of the current in the DC filter.

Table 1401 gives an overview of the current and voltage waveshapes as well as the main characteristics of the different applications of the CT.

Table 1401 – Current and voltage in current transformers for LCC application

	Current	Voltage	Characteristics
CT1			AC current AC + DC voltage Large amount of current harmonics Mainly for protection purposes
CT2			Pure DC application High-accuracy measurement Harmonics measurement Metering, control and protection purposes
CT3			DC voltage stress with harmonics DC current = 0 Harmonics measurement Mainly for protection purposes

Voltage-source converters (VSC)

Voltage-source converters (VSC) are based on transistor converters. They are characterized by a bi-directional current flow and a single voltage polarity. Voltage and current harmonics exist up to frequencies of about 20 kHz.

Two variants of VSC schemes exist: symmetrical monopoles (using one single converter) and asymmetrical monopole or bipole (with one converter for each polarity).

Both schemes are shown in Figure 1402 and Figure 1403.

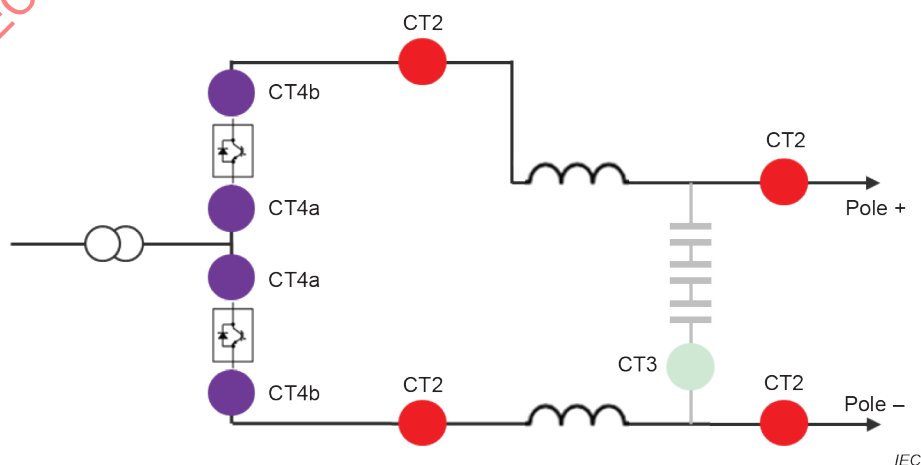
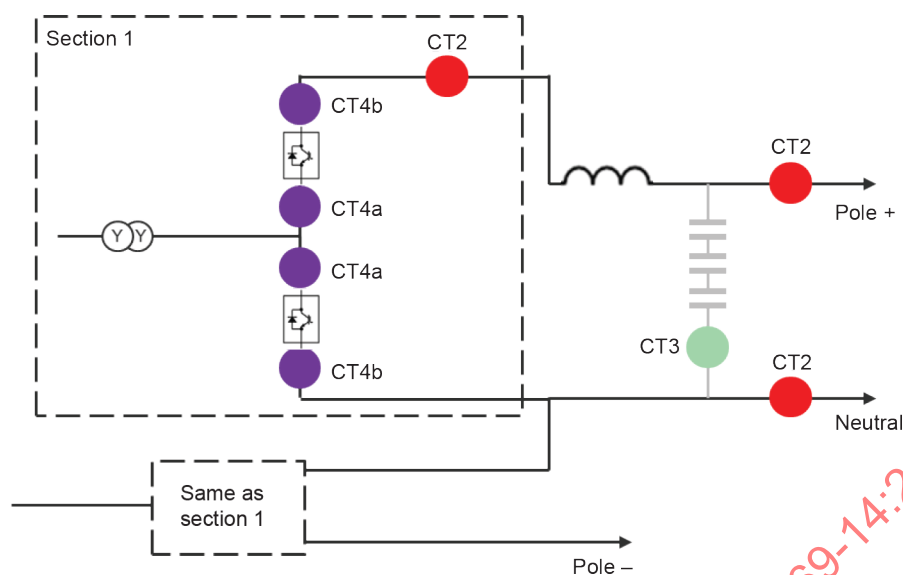


Figure 1402 – Typical scheme for VSC – symmetrical monopole



IEC

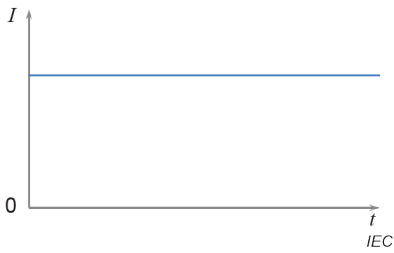
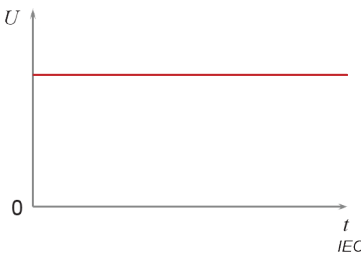
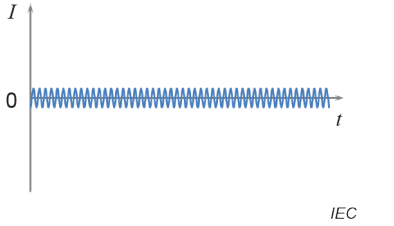
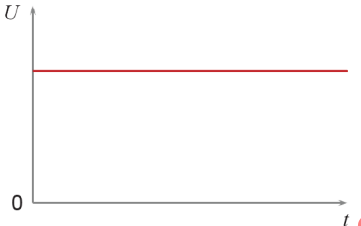
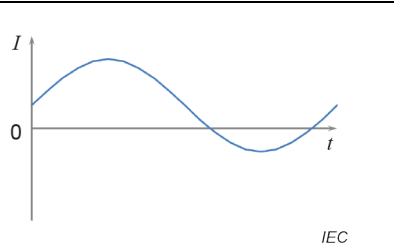
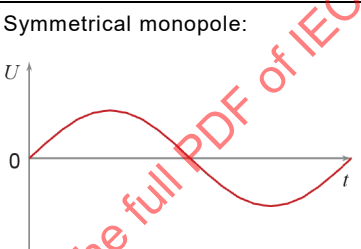
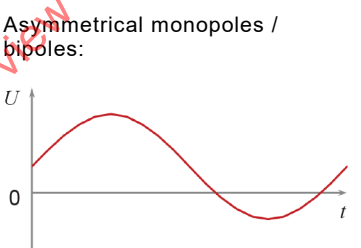
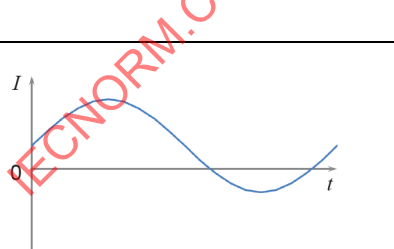
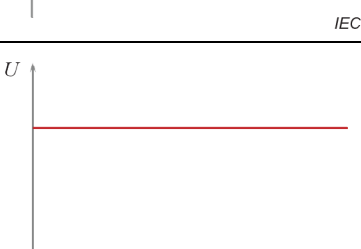
Figure 1403 – Typical scheme for VSC – asymmetrical monopole or bipole

We distinguish three different current-measurement functions:

- CT4: measurement of the current in the transistor branches of the converter.
The CT can be placed before (CT4a) or after the transistor branch (CT4b);
- CT2: measurement of the current at the DC side of the converter;
- CT3: measurement of the current in the DC filter (not always present in this scheme).

Table 1402 gives an overview of the current and voltage waveshapes as well as the main characteristics of the different applications of the CT.

Table 1402 – Current and voltage in current transformers for VSC application

	Current	Voltage	Characteristics
CT2			Pure DC application High accuracy measurement Harmonics measurement Metering, control and protection purposes Short step response time
CT3			DC voltage stress DC current = 0 Harmonics measurement Mainly for protection purposes
CT4a		Symmetrical monopole:  Asymmetrical monopoles / bipoles: 	Pure AC voltage or DC + AC voltage DC + AC current High-accuracy measurement Short step response time
CT4b			DC voltage stress DC + AC current High-accuracy measurement Short step response time

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 14: Additional requirements for current transformers for DC applications

1 Scope

This part of IEC 61869 provides all requirements specific to current transformers to be used in DC applications (DCCTs), whatever the technology used. The output signal can be analogue or digital.

It is applicable to newly manufactured current transformers used for measuring, protection and/or control applications in DC power systems with a rated voltage above 1,5 kV.

The general configuration of a single-pole low-power instrument transformer is described in Figure 601 of IEC 61869-6:2016.

The DCCTs intended for current measurement in the transistor branch of the VSC valve (referred to as CT4a and CT4b in Figure 1403 and Table 1402) are not covered by this document, and will be considered in a future revision.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

Clause 2 of IEC 61869-6:2016 is applicable, with the following additions and modifications:

IEC TS 60815-4:2016, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 4: Insulators for DC systems*

IEC TS 61245:2015, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on DC systems*

IEC 61869-6:2016, *Instrument transformers – Part 6: Additional general requirements for low-power instrument transformers*

IEC 61869-9:2016, *Instrument transformers – Part 9: Digital interface for instrument transformers*

3 Terms and definitions

Clause 3 of IEC 61869-1:2007, of IEC 61869-6:2016 and of IEC 61869-9:2016 are applicable with the following additions and modifications.

3.1 General definitions

3.1.1401

instrument transformer for DC application

instrument transformer intended to be used in DC applications with at least one of the following functions:

- measure DC current or DC voltage (with significant harmonics);
- withstand DC voltage.

3.1.1402

current transformer for DC application

DCCT

instrument transformer for DC application in which the secondary signal, under normal conditions of use, is substantially proportional to the primary current

Note 1 to entry: The different applications are described in the introduction.

3.2 Definitions related to dielectric ratings

3.2.2

highest voltage for equipment

U_m

Definition 3.2.2 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

highest value of DC voltage for which the equipment is designed to operate continuously, in respect of its insulation as well as other characteristics that relate to this voltage

3.3 Definitions related to current ratings

3.3.1401

DC overload current

overcurrent occurring in an electric circuit, which is not caused by a short-circuit or an earth fault

Note 1 to entry: The DC overload current is specified by the customer in terms of value and duration.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-15, modified – “DC” added in the term and Note 1 to entry added.]

3.3.1402

short-time overload current

I_{sov}

DC overload current occurring for a duration shorter than one minute

3.3.1403

long-time overload current

I_{lov}

DC overload current occurring for a duration of minutes or hours

Note 1 to entry: Different values of long-time overload can be specified for different durations.

3.3.1404

maximum peak fault current

I_{sc}

maximum peak value of current occurring during a fault condition of the DC power system

3.4 Definitions related to accuracy

3.4.1401

Absolute error

ε_A

error (expressed in A) that a current transformer introduces into the measurement and which arises from the fact that the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio

Note 1 to entry: The absolute error is defined by the following formula:

$$\varepsilon_A = K_r \cdot U_s - I_p$$

where

K_r is the rated transformation ratio;

I_p is the DC value of the actual primary current in steady state;

U_s is the DC value of the output voltage.

3.5 Definitions related to other ratings

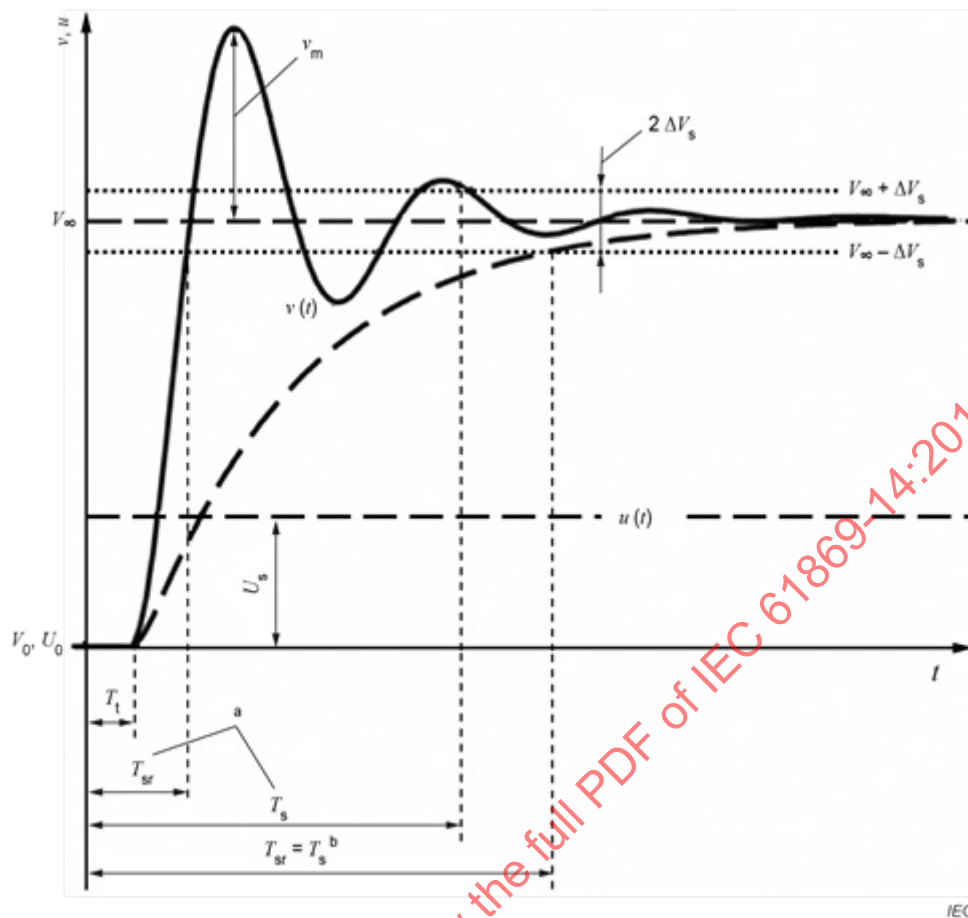
3.5.1401

step response

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

Note 1 to entry: See graphical explanation in Figure 1404.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018



^a For periodic behaviour

^b For aperiodic behaviour

u	Input variable
U_0	Initial value of the input variable
U_s	Step height of the input variable
v	Output variable
V_0, V_∞	Steady-state values before and after application of the step
v_m	Overshoot
$2 \Delta v_s$	Specified tolerance limit
T_{sr}	Step response time
T_s	Settling time
T_t	Dead time

Figure 1404 – Typical step responses of a system

Note 2 to entry: The dead time includes the delay time.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-04 and IEC 60050-351:2013, 351-45-27 modified – Note 1 to entry has been added; the notes of the sources have been deleted.]

3.5.1402**step response time** T_{sr}

for a step response, the duration of the time interval between the instant of the step change of an input variable and the instant when the output variable reaches for the first time a specified percentage of the difference between the final and the initial steady-state values

Note 1 to entry: The step response time includes the delay time of the current transformer.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-36, modified – Note 1 to entry has been modified and the figure has been deleted.]

3.5.1403**settling time** T_s

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

Note 1 to entry: The settling time includes the delay time of the current transformer.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-37, modified – Note 1 to entry has been modified and the figure has been deleted.]

3.5.1404**overshoot** v_m

for a step response of a transfer element, the maximum transient deviation from the final steady-state value of the output variable, usually expressed in percent of the difference between the final and the initial steady-state values and for reference-variable step response or disturbance-variable step response of a control system the maximum transient deviation from the desired value

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-38, modified – Note 1 to entry and the figure have been deleted.]

3.7 Index of abbreviations and symbols

The table in 3.7 of IEC 61869-6:2016 is replaced by the following one:

DCCT	current transformer for DC application
F	mechanical load
I_{amax}	maximum supply current
I_{ar}	rated supply current
I_{cth}	rated continuous thermal current
I_{pr}	rated primary current
I_{lov}	long-time overload current
I_{sov}	short-time overload current
I_{sc}	maximum peak fault current
IT	instrument transformer
K_{ALF}	accuracy limit factor
K_{pcr}	extended primary current factor
K_r	rated transformation ratio
R_{br}	rated burden
t_d	delay time
t_{dr}	rated delay time
T_s	settling time
T_{sr}	step response time
T_t	dead time
U_{ar}	auxiliary power supply voltage
U_m	highest voltage for equipment
U_{sr}	rated secondary voltage
v_m	overshoot
ε	ratio error
ε_A	absolute error

5 Ratings

5.1 General

Subclause 5.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

If applicable, the ratings of DC current transformers, including their auxiliary equipment, shall be selected from the following ones:

- highest voltage for equipment (U_m);
- rated primary current (I_{pr});
- rated delay time (t_{dr});
- rated continuous thermal current (I_{cth});
- long-time overload current (I_{lov});
- short time overload current (I_{sov});
- maximum peak fault current (I_{sc});
- rated secondary voltage (U_{sr});

- insulation level;
- rated burden (R_{br});
- rated accuracy class;
- accuracy limit factor (K_{ALF});
- rated extended primary current factor (K_{pcr});
- rated step response time (T_{sr}).

The rating applies at the standardized reference atmosphere (temperature 20 °C, pressure 101,3 kPa, and humidity 11 g/m³) as specified in IEC 60071-1.

NOTE The ratings are specified by the purchaser depending on the characteristics of the whole DC system application.

5.2 Highest voltage for equipment

Subclause 5.2 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

There are no standard values for highest voltage for equipment.

However, a tentative list of standard values is given in Annex 14B.

5.3 Rated insulation levels

5.3.1 General

Subclause 5.3.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The standard values of insulation level of IEC 60071-1 are not applicable to DC systems.

Methods of calculation for applied dielectric test voltages are given in the relevant clauses of this document.

Additionally, indications for impulse withstand voltage values are given in Annex 14B.

5.3.3 Other requirements for primary terminals insulation

5.3.3.1 Partial discharges

Subclause 5.3.3.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The partial discharge level measured during the power-frequency voltage withstand test, shall not exceed the limits specified in Table 3.

Table 3 – Partial discharge test voltages and permissible levels

PD test voltage (r.m.s.) kV	Maximum permissible PD level	
	pC	
	Type of insulation	
	immersed in liquid or gas	solid
1,5 $U_m/\sqrt{2}$	10	50
1,2 $U_m/\sqrt{2}$	5	20

5.4 Rated frequency

Subclause 5.4 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The rated frequency is equal to 0 (which means DC).

5.5 Rated output

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

Subclause 5.5.602 of IEC 61869-6:2016 is replaced by the following one:

The standard values for rated delay time are:

$$5 \mu\text{s} - 25 \mu\text{s} - 100 \mu\text{s}$$

5.5.1401 Standard values of rated secondary voltage

The standard values of rated secondary DC voltage are:

$$150 \text{ mV} - 1,66 \text{ V} - 3 \text{ V} - 5 \text{ V}$$

NOTE Generally, DC current transformers are multipurpose CTs.

5.6 Rated accuracy class

5.6.1401 Accuracy class designation

The accuracy class is designated by the highest permissible percentage of the ratio error at rated primary current and with the rated burden.

5.6.1402 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes are:

$$0,1 - 0,2 - 0,5 - 1$$

5.6.1403 Standard accuracy limit factors (K_{ALF})

The standard values for K_{ALF} are:

$$3 - 6 - 10 - 20$$

5.6.1404 Limits of ratio error

5.6.1404.1 Ratio error for DC current measurement

This is applicable for DCCT intended to measure DC current at the DC side of the converter.

NOTE They are referred as CT2 in the introduction.

The ratio error for the DC component, measured at the secondary terminals at rated or higher burden, shall not exceed the values given in Table 1403, expressed as a percentage of the measured current. A graphical representation of error limits is shown in Figure 1405.

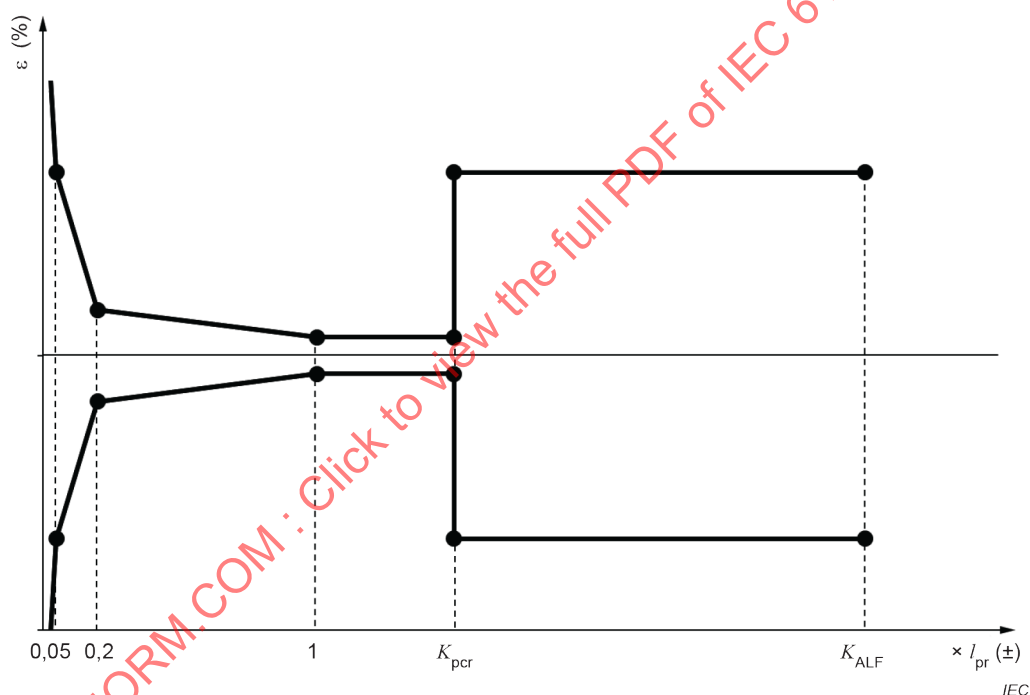
The accuracy shall be guaranteed for the whole range of temperature, both for the outdoor and the indoor part of the current transformer and for both polarities.

Table 1403 – Limits of ratio error for DCCT (classes from 0,1 to 1)

Accuracy class	Ratio error ± %				
	at % of rated current				
	5	20	100	K_{pcr}	K_{ALF}
0,1	1	0,25	0,1	0,1	1
0,2	2	0,5	0,2	0,2	2
0,5	3,5	1	0,5	0,5	5
1	5	2	1	1	10

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

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

**Figure 1405 – Accuracy limits of a DCCT**

5.6.1404.2 Accuracy requirements for AC current measurement

These CT's are exposed to DC voltage, but are intended to measure AC current

NOTE They are referred as CT3 in the introduction.

The error shall be specified in accordance with 5.6.201.3 or 5.6.202.2 of IEC 61869-2:2012, or both. The reference rated frequency shall be defined.

NOTE Typically, the rated frequency refers to the AC network frequency.

5.6.1405 Accuracy requirements for harmonic measurement

This subclause is applicable for the measurement of the ripple of the DC current.

Subclause 6A.4.3 of IEC 61869-6:2016 is applicable.

5.1401 Rated step response time

This subclause is not applicable to DCCT intended for AC current measurement.

The standard values for the rated step response time are:

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

6 Design and construction

6.6 Requirements for the external insulation

6.6.1 Pollution

Subclause 6.6.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following.

This subclause is applicable to current transformers having U_m equal to or above 20 kV.

The purchaser shall specify the minimum creepage distance or the minimum USCD (see IEC TS 60815-4:2016) or, alternatively, the DC site pollution severity.

The necessary creepage distance may be determined from the USCD by:

$$\text{USCD} \times U_m$$

where USCD is the minimum nominal unified specific creepage distance (mm/kV), see IEC 60050-471:2007, 471-01-16.

For indoor current transformers, the minimum USCD value shall be 14 mm/kV.

For outdoor current transformers, if artificial pollution tests are required, they shall be performed in accordance with 7.4.1401.

NOTE Values for USCD for outdoor current transformers are considered in IEC TS 60815-4:2016. These values are strongly dependent on the insulator material. Additional factors relating to the insulator profile and insulator material are also specified.

6.7 Mechanical requirements

Subclause 6.7 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

These requirements apply only to free-standing current transformers.

The required static load that current transformers shall be able to withstand is given in Table 7. The figures include loads due to wind and ice.

The specified test loads are intended to be applied in any direction at the level of the primary terminals.

Table 7 – Static withstand test loads

Highest voltage for equipment, U_m kV	Static withstand test load, F N
	Current transformers with terminals
Up to 100	2 500
> 100 up to 300	3 000
> 300 up to 500	4 000
> 500	5 000

NOTE 1 The sum of the loads acting in routine operating conditions should not exceed 50 % of the specified withstand test load.

NOTE 2 Current transformers should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short circuits) not exceeding 1,4 times the static withstand test load.

NOTE 3 For some applications, it may be necessary to establish the resistance to rotation of the primary terminals. The moment to be applied during test is agreed between the manufacturer and the purchaser.

6.8 Multiple chopped impulse on primary terminals

Subclause 6.8 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

If additionally specified, the primary terminals of oil-immersed current transformers having U_m equal to or above 100 kV shall withstand multiple chopped impulses in accordance with 7.4.2 of IEC 61869-1:2007.

NOTE Requirements and tests relate to the behaviour of the internal shields and connections carrying high-frequency transient currents. The test can also be applied to ratings below this level.

6.9 Internal arc fault protection requirements

Subclause 6.9 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

These requirements apply to oil-immersed and gas-insulated free-standing current transformers having U_m equal to or above 100 kV, for which an internal arc fault protection class is additionally specified.

If additionally specified, the instrument transformer shall be able to withstand an internal arc of the specified current and duration.

The applied current is a symmetrical sinusoidal current. The r.m.s. current value is

$$I_{SC}/\sqrt{2}$$

The arc fault duration shall be defined in accordance with Table 8.

It shall be considered that compliance with these requirements is achieved if the instrument transformer passes the test described in 7.4.6 of IEC 61869-1:2007.

Table 8 – Arc fault duration and performance criteria

Protection stage	Arc fault duration s	Internal arc fault protection class I	Internal arc fault protection class II
1	0,2	Fracture of the housing and fire permitted, but all projected parts to be confined within the containment area	No external effect other than the operation of suitable pressure relief device
2	0,5		No fragmentation (burn-through or fire acceptable)

6.11 Electromagnetic compatibility (EMC)

6.11.2 Requirement for radio interference voltage (RIV)

Subclause 6.11.2 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The RIV requirement applies to current transformers having U_m equal to or above 100 kV to be installed in air-insulated substations.

During test with power-frequency voltage, the radio interference voltage shall not exceed 2 500 μ V at $1,1 \times U_m / \sqrt{2}$.

NOTE This requirement is included to meet certain electromagnetic compatibility regulations.

6.13 Markings

6.13.1401 Terminal markings

The markings shall identify

- a) The primary and the secondary terminals;
- b) The relative polarity of terminals.

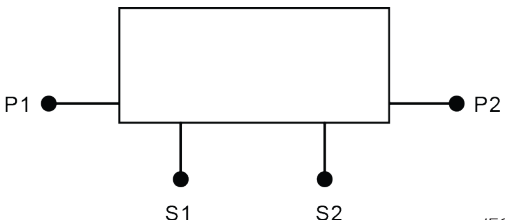
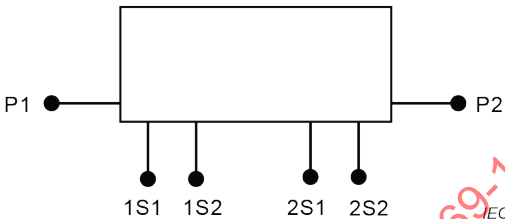
6.13.1402 Method of marking

The primary terminals shall be marked clearly and indelibly, either on their surface or in their immediate vicinity. If possible, the secondary terminals shall be identified clearly and indelibly, either on the surface of the DCCT or in the immediate vicinity of the terminals.

6.13.1403 Terminal markings

The markings of DCCT terminals shall be as indicated in Table 1404:

Table 1404 – Markings of terminals

Primary terminals	 IEC DCCT with one secondary output
Secondary terminals	
Primary terminals	 IEC DCCT with two secondary outputs
Secondary terminals	

6.13.1404 Rating plate markings

Subclause 6.13 of IEC 61869-1:2007 and IEC 61869-6:2016 is replaced by the following one:

All current transformers shall carry at least the following markings:

- manufacturer's name or other mark by which the manufacturer can be readily identified;
- year of manufacture and a serial number or a type designation, preferably both;
- highest voltage for equipment (U_m);
- insulation level;
- rated primary current (I_{pr});
- rated continuous thermal current (I_{cth});
- long-time overload current (I_{lov}) (if specified);
- short time overload current (I_{sov}) (if specified);
- accuracy limit factor (K_{ALF}) (if specified);
- extended primary current factor (K_{pcr});
- accuracy class.

When the instrument transformer is intended for both DC and AC measurements, the accuracy for both applications shall be marked separately.

- temperature category;
- mass in kg (when ≥ 25 kg);
- thermal class of insulation if different from Class A;

If several classes of insulating material are used, the one which limits the temperature rise shall be indicated.

In addition, the following information shall be marked (if applicable):

- maximum static mechanical load;
- type of insulating fluid;
- rated filling pressure;

- r) minimum functional pressure;
- s) insulating fluid volume (or mass) contained in the current transformer;
- t) on transformers with secondary converters, the use of each one and its corresponding terminals.

For analogue secondary output, the following information shall be marked:

- u) rated secondary output voltage;
- v) rated burden (R_{br});
- w) rated delay time (t_{dr});
- x) on current transformers with two or more secondary terminals, the ratings of each one (e.g. transformation ratio, accuracy class).

The rating plate of all DCCTs, where practicable, shall be readable from ground level and carry the markings given in Tables 1405 to 1407.

Table 1405 – Rating plate marking for common rating plate

Rating	Abbreviation	Analogue output	Digital output
Type designation		x	x
Manufacturer's name or mark		x	x
Highest voltage for equipment	U_m	x	x
Insulation level		x	x
Rated primary current	I_{pr}	x	x
Rated continuous thermal current	I_{cth}	x	x
Long-time overload current	I_{lov}	x	x
Short time overload current	I_{sov}	x	x
Accuracy limit factor	K_{ALF}	x	x
Extended primary current factor	K_{pcr}	x	x
Temperature category		x	x
Mass in kg		x	x
Thermal class of insulation		x	x
Maximum static mechanical load		x	x
Type of insulating fluid		x	x
Rated filling pressure Minimum functional pressure		x	x
Insulating fluid volume (or mass)		x	x

Table 1406 – Rating plate marking for each secondary converter

Rating	Abbreviation	Analogue output	Digital output
Accuracy class		x	x
Rated transformation ratio	K_r		x
Rated secondary output voltage	U_{sr}	x	
Rated burden	R_{br}	x	
Rated delay time	t_{dr}	x	
Maximum delay time			x

Table 1407 – Rating plate marking for auxiliary power supply

Rating	Abbreviation	Analogue output	Digital output
Auxiliary power supply voltage	U_{ar}	x	x
Auxiliary power supply frequency		x	x
Supply current (nominal conditions)	I_{ar}	x	x
Maximum supply current (overload conditions)	I_{amax}	x	x

All information shall be marked in an indelible manner on a rating plate securely attached to the transformer (at least the common rating plate) or to the secondary auxiliary cabinet for the secondary converter and auxiliary power supply, if present.

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

6.602.1 Connectors

Subclause 6.602.1 of IEC 61869-6:2016 is replaced by the following one:

Screw terminals are the standard interface.

For applications requesting a high bandwidth, it is preferable to use a coaxial connector. In this case, the centre pin shall correspond to the “S1” terminal.

6.1401 Digital interface

Refer to the different clauses and annexes of IEC 61869-9:2016.

NOTE Digital interfaces for DC applications are still under development, and the full adequacy of IEC 61869-9 has still to be improved.

7 Tests

7.1 General

7.1.2 List of tests

Table 10 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one.

Table 10 – List of tests

Tests	Subclause
Type tests	7.2
Temperature rise test	7.2.2
Impulse voltage withstand test on primary terminals	7.2.3
Wet test for outdoor type transformers	7.2.4
Polarity reversal test with partial discharge measurement	7.2.1401
Electromagnetic compatibility tests	7.2.5
Test for accuracy	7.2.6
Test for accuracy versus harmonics	7.2.1402
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
Measurement of the step response time	7.2.1403
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 test between sections	7.3.3
DC applied voltage withstand test with partial discharge measurement	7.3.1401
Power-frequency voltage withstand test 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
Fire hazard test	7.4.10
Pollution tests	7.4.1401
Vibration tests	7.4.601
Test for accuracy on the composite signal	7.4.1402

7.1.3 Sequence of tests

Subclause 7.1.3 of IEC 61869-1:2007 is replaced by 7.1.3.1401 and 7.1.3.1402.

7.1.3.1401 Sequence of type tests

The sequence of tests is not specified and may be agreed between the purchaser and the supplier.

Before starting the type test sequence, the following routine tests shall be performed:

- power-frequency voltage withstand test on primary terminals;
- partial discharge measurement.

NOTE The partial discharge measurement is generally performed together with the power-frequency voltage withstand test.

After the type test sequence, the current transformer shall be subjected to all routine tests detailed in 7.3.

The DC applied voltage test may be performed before the polarity reversal test. In this case, it does not need to be repeated after the type test sequence.

7.1.3.1402 Sequence of routine tests

The sequence of tests is not specified, but the accuracy tests shall be performed after the dielectric tests.

7.2 Type tests

7.2.2 Temperature rise test

Subclause 7.2.2 of IEC 61869-6:2016 is applicable with the addition of 7.2.2.1401, 7.2.2.1402 and 7.2.2.1403.

7.2.2.1401 Duration of test

Subclause 7.2.2.203 of IEC 61869-2:2012 is applicable.

7.2.2.1402 Temperature and temperature rise

The purpose of the test is to determine the average temperature rise of the primary conductor, the secondary windings (if present), the primary and secondary converters and, for oil-immersed transformers, the temperature rise of the top oil, in steady-state conditions when the losses resulting from the specified service conditions are generated in the current transformer.

The average temperature of the secondary windings (if present) shall be determined by the resistance variation method.

Thermometers or thermocouples shall measure the temperature rise of parts other than the windings. The top-oil temperature shall be measured by sensors applied to the top of the metallic head directly in contact with the oil. The temperature rise shall be determined by the difference with respect to the ambient temperature.

7.2.2.1403 Test modalities

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

The current to be applied is the rated continuous thermal current I_{cth} . The test shall be continued until the steady-state temperature of the transformer has been reached in accordance with 7.2.2.1401.

Immediately after reaching the temperature stability, the long-time overload current for the specified duration shall be applied for the time specified.

The temperature rise shall not exceed the values of Table 5 of IEC 61869-1:2007.

This temperature rise limit does not apply to resistive shunts used as primary sensor for which the temperature limit shall be defined by the manufacturer.

If a DC source is not available, an AC 50 Hz or 60 Hz current supply may be used. In such a case, the test current shall be used with correction for the skin effect of the AC supply as calculated from:

$$I_{AC} = \sqrt{I_{DC}^2 \cdot \frac{R_{DC}}{R_{AC}}}$$

A method for the determination of the correction to be applied is proposed in Annex 14A.

The temperature rise test may be performed by applying only the long-time overload current up to the temperature stability state in accordance with 7.2.2.1401.

7.2.3 Impulse voltage withstand test on primary terminals

7.2.3.2 Lightning impulse voltage test on primary terminals

The subclause 7.2.3.2.1 of IEC 61869-1:2007 is applicable to current transformers having U_m equal to or above 20 kV.

7.2.3.3 Switching impulse voltage test

The subclause 7.2.3.3 of IEC 61869-1:2007 is applicable to current transformers having U_m equal to or above 100 kV.

7.2.4 Wet test for outdoor type transformers

The subclause 7.2.4 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following modifications:

For current transformers having U_m equal to or above 100 kV, the test shall be performed with switching impulse voltage test of both polarities, with the voltage corresponding to the insulation level.

For current transformers having $U_m < 100$ kV, the test shall be performed with power-frequency voltage defined in 7.3.1.

7.2.5 Electromagnetic compatibility (EMC) tests

7.2.5.1 RIV test

Subclause 7.2.5.1 of IEC 61869-1:2007 is applicable to current transformers having U_m equal to or above 100 kV, with the last three paragraphs replaced by the following ones:

The test shall be performed with AC power supply.

A pre-stress voltage of $1,25 \times U_m / \sqrt{2}$ shall be applied and maintained for 30 s.

The voltage shall then be decreased to $1,1 \times U_m / \sqrt{2}$ in about 10 s and maintained at this value for 30 s before measuring the radio interference voltage.

The current transformer shall be considered to have passed the test if the radio interference level at $1,1 \times U_m / \sqrt{2}$ is in accordance with 6.11.2.

7.2.5.2 Immunity test

Subclause 7.2.5.2 of IEC 61869-6:2016 is applicable in the case of electronic DCCTs.

7.2.6 Test for accuracy

7.2.6.1401 General

Test circuits are given in Annex 6D of IEC 61869-6:2016 for analogue outputs and Annex 9D of IEC 61869-9:2016 for digital outputs.

To prove compliance with the specified accuracy class, the test shall be carried out at each value of current given in Table 1403, at rated burden, and at ambient temperature, unless otherwise specified.

For measuring current transformers, the test shall be made up to the rated primary current (I_{pr}).

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

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

For some technologies (e.g zero-flux CTs), instead of applying the primary current on the primary terminals, an auxiliary test winding may be used to supply a corresponding test current.

7.2.6.1402 Basic accuracy tests for DCCTs with analogue output

7.2.6.1402.1 DC current measurement

For analogue output with rated delay time, it is not necessary to insert a delay time device between the reference transformer and the accuracy measurement system.

7.2.6.1402.2 AC current measurement

Accuracy tests shall be performed in accordance with 7.2.6 of IEC 61869-2:2012.

7.2.6.1403 Tests for accuracy of current transformers with digital outputs

Subclause 7.2.6 of IEC 61869-9:2016 is applicable with replacement of the two last paragraphs by the following ones:

Accuracy tests shall be performed over a minimum period, during which several measurements shall be averaged. The details of the test arrangement and timing and/or bandwidth of the test system shall be provided in the accuracy test report.

The measurement period needs to be sufficient to secure the accuracy measurement considering ripple oscillations and the effect of the sampling. Time should be less than 10 s.

7.2.1401 Polarity reversal test with partial discharge measurement

This test is applicable to DCCTs having U_m equal to or above 100 kV.

During the test, the ambient temperature shall be between 10 °C and 40 °C. Before the test, the device shall be at ambient temperature.

A double polarity reversal shall be used as shown in Figure 1406.

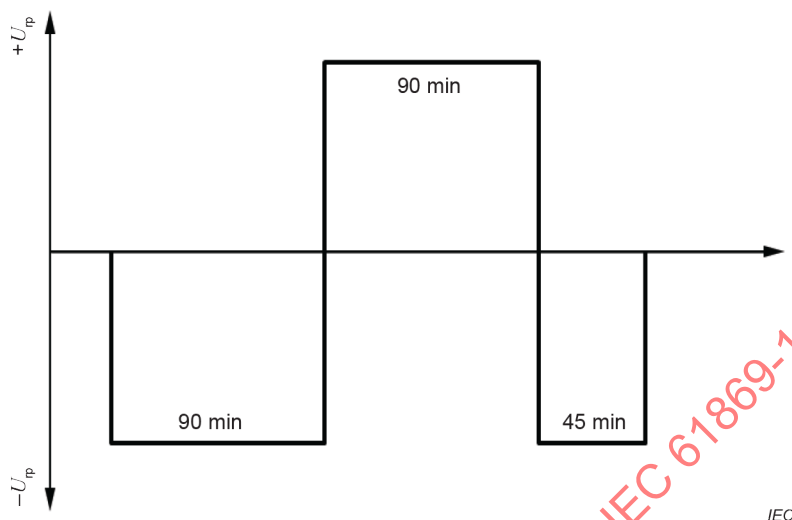


Figure 1406 – Polarity reversal test profile

No preconditioning of the insulation at lower voltage is permitted. After the DC applied voltage withstand test, the current transformer shall normally be earthed and completely discharged before the polarity reversal test is initiated. The time duration required for a complete discharge shall be agreed between the parties depending on the type of current transformer and shall be sufficient to avoid any undue influence of the trapped charges on the results of this test.

However, to save time during routine tests and upon agreement between the parties, the polarity reversal test may be initiated at any time after the DC applied voltage withstand test.

The test sequence shall include:

- 90 min at negative polarity, followed by
- 90 min at positive polarity, followed by
- 45 min at negative polarity, and
- reduction of the voltage to zero.

The time for the polarity reversal shall be as short as possible, consistent with the testing equipment, but never more than 2 min. The polarity reversal is considered as complete when the voltage has reached 100 % of the test value. The partial discharge levels shall be monitored during the entire test sequence.

Partial discharges shall be measured in accordance with IEC 60270.

The polarity reversal test voltage (U_{rp}) shall be calculated as follows:

$$U_{rp} = 1,25 \times U_m$$

The current transformer shall be considered to have passed the test if the following conditions are met:

- No more than 10 pulses of partial discharge with a magnitude equal to or greater than 2 000 pC are recorded during the last 30 min of the test time. Pulses that are proven to be external to the test object shall be disregarded.
- No disruptive discharges on the non-self-restoring insulation shall occur. If there is an internal breakdown, the current transformer shall be considered to have failed the test. For capacitance graded insulation, it is assumed that an internal breakdown has occurred if the capacitance measured after the test exceeds the capacitance measured before the test by the approximate amount attributable to the capacitance of one layer of insulation. If a flashover occurs the test shall be repeated once only. If, during the repetition of the test, no disruptive discharge occurs, the current transformer shall be considered to have passed the test.

7.2.1402 Tests for accuracy versus harmonics

Annex 6A of IEC 61869-6:2016 is applicable.

7.2.1403 Measurement of the step response time

The step response test shall be performed with the rated burden and the original transmission cable, if existing.

Testing to determine the response of a current transformer requires a current generator and instruments to measure the input signal and the output voltage.

The rise time of the generated signal shall be less than $0,2 \times T_{sr}$.

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

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

The measurements can be performed manually with appropriate instrumentation but a transient recorder is recommended.

The test shall be performed with input current of positive and negative polarity. A test current value higher or equal to 100 A shall be used. If the rated current is lower than 100 A, the rated primary current shall be used.

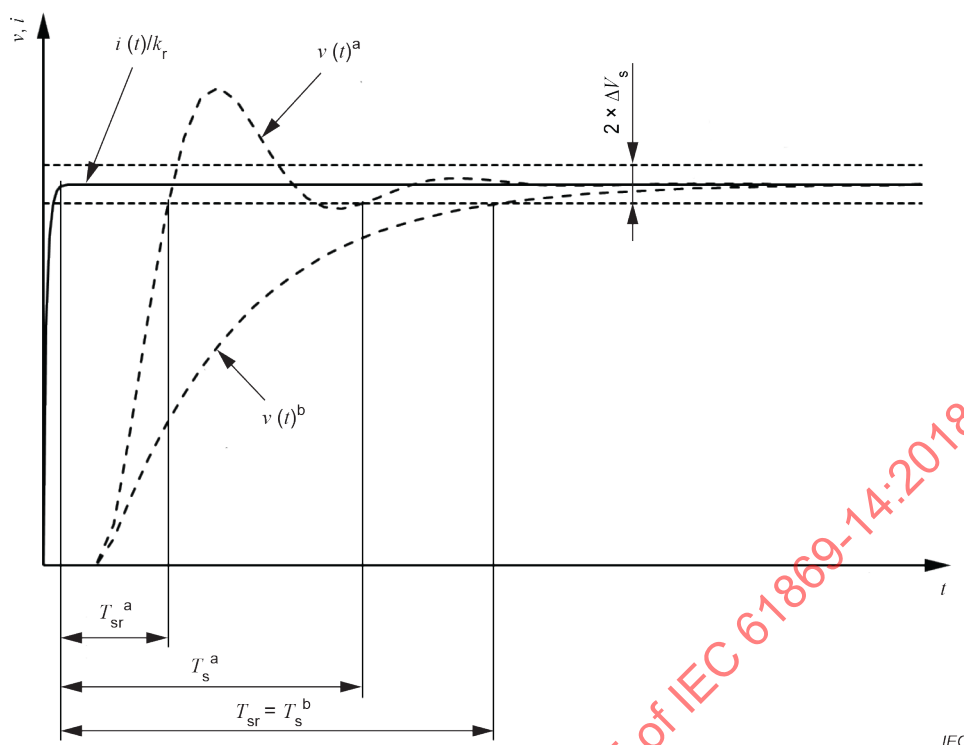
A step current shall be applied and both primary current and secondary voltage shall be recorded simultaneously (see Figure 1407).

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

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

The current transformer shall be considered to have passed the test if:

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



Key

- $i(t)$ Input current
- $v(t)$ Output voltage of test object
- ^a For periodic behaviour
- ^b For aperiodic behaviour

Figure 1407 – Measurement of the step response time

In the case of difficulties generating the primary signal with the specified rise time, the test procedure may be adapted:

- inject an equivalent sensor signal on the input of the primary converter. The supplier shall supply necessary information for the calculation of the step response time at the primary input level;
- for some technologies (e.g. zero-flux CTs), instead of applying the primary current on the primary terminals, an auxiliary test winding may be used to supply a corresponding test current. The supplier shall supply information for the calculation of the step response time at the primary input level.

7.3 Routine tests

7.3.1 Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals

Subclause 7.3.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The power-frequency withstand test shall be performed in accordance with IEC 60060-1.

The test voltage is calculated as follows:

$$U_{AC} = 1,5 / \sqrt{2} \times U_m$$

with a minimum value of 3 kV. The duration shall be 60 s.

Other values may be specified in case of special applications.

NOTE In some special applications (for example, some neutral current measurement applications), the specified test voltage can be insufficient.

Dielectric tests shall be made on a current transformer completely assembled, or on the insulating part in the case of separate assembly of the sensor.

The test voltage shall be applied between the primary terminals and earth.

The secondary terminals, the frame, the case (if any) and core (if existing and there is a special earth terminal) shall be connected to earth.

7.3.2 Partial discharge measurement

7.3.2.2 Partial discharge test procedure

Subclause 7.3.2.2 of IEC 61869-1:2007 is applicable with the following addition:

Partial discharge measurement shall be made on a current transformer completely assembled, or on the insulating part in the case of separate assembly of the sensor.

NOTE For a DCCT, only Procedure A is applicable.

7.3.4 Power-frequency voltage withstand tests on secondary terminals

Subclause 7.3.4 of IEC 61869-6:2016 is applicable with the following addition:

Devices for which both output terminals are insulated from ground shall be tested in accordance with 7.3.4 of IEC 61869-1:2007.

7.3.5 Test for accuracy

Subclause 7.3.5 of IEC 61869-6:2016 is replaced by the following one:

The routine test is, in principle, the same as the type test in 7.2.6. However, routine tests at a reduced number of test points are permissible if type tests on a similar DCCT have demonstrated that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with a specified accuracy class.

7.3.1401 DC applied voltage withstand test with partial discharge measurement

This test is applicable to DCCTs having U_m equal to or above 20 kV.

Dielectric tests shall be performed on a current transformer completely assembled, or on the insulating part in the case of separate assembly of the sensor.

During the test, the temperature of the current transformer shall be between 10 °C and 40 °C.

No preconditioning of the current transformer at a lower voltage level is permitted and the DC voltage shall be raised to the test level within a period not exceeding 1 min. The DC voltage shall then be held for 2 h, after which the voltage shall be reduced to zero within a period not exceeding 1 min. Positive polarity shall be used.

The DC test voltage shall be calculated as follows:

$$U_{DC} = 1,5 \times U_m$$

The current transformer shall be considered to have passed the test if the following conditions are met.

- No more than 10 pulses of partial discharge with magnitude equal to or greater than 2 000 pC are recorded during the last 30 min of the test. Pulses that are proven to be external to the test object shall be disregarded. If this condition is not met, then the test may be extended for 30 min, with the same criteria applying. Only one 30-min extension is allowed.
- No disruptive discharges on non-self-restoring insulation shall occur. If there is an internal breakdown, the current transformer shall be considered to have failed the test. For capacitance graded insulation, it is assumed that an internal breakdown has occurred if the capacitance measured after the test exceeds the previously measured capacitance by the approximate amount attributable to the capacitance of one layer of insulation. If a flashover occurs, the test shall be repeated once only. If, during the repetition of the test, no disruptive discharge occurs, the current transformer shall be considered to have passed the test.

7.4 Special tests

7.4.1 Chopped impulse voltage withstand test on primary terminals

Subclause 7.4.1 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The test is applicable to current transformers having U_m equal to or above 20 kV.

The test shall be carried out with negative polarity only and combined with the negative polarity lightning impulse test in the manner described below.

The voltage shall be a standard lightning impulse as defined in IEC 60060-1, chopped between 2 μ s and 5 μ s. The chopping circuit shall be so arranged that the amount of overswing of opposite polarity of the recorded impulse shall be limited to approximately 30 % of the peak value.

The test voltage of the full impulse shall be in accordance with the rated lightning impulse withstand voltage.

The chopped impulse test voltage shall be in accordance with 5.3.3.2 of IEC 61869-1:2007.

The sequence of impulse applications shall be as follows:

- one full impulse;
- two chopped impulses;
- fourteen full impulses.

After the test, the current transformer shall pass successfully the test for accuracy in accordance with 7.3.5.

7.4.3 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

Subclause 7.4.3 of IEC 61869-1:2007 is replaced by the following one:

The subclause is applicable to current transformers having U_m equal to or above 20 kV.

The dielectric dissipation factor is dependent on the insulation design, and on both voltage and temperature. Its value at $U_m / \sqrt{2}$ and ambient temperature normally does not exceed 0,005.

The test shall be performed with the current transformer at ambient temperature, the value of which shall be recorded.

The measurement of capacitance (C) and dielectric dissipation factor ($\tan\delta$) shall be performed at the test voltage frequency and at a voltage level of $U_m / \sqrt{2}$.

7.4.1401 Pollution tests

7.4.1401.1 Artificial pollution test

The test is applicable to current transformers having U_m equal to or above 100 kV.

An artificial pollution test may be applied to current transformers having porcelain insulators to be used outdoors and exposed to polluted atmospheres.

If a test is deemed necessary, the specific test method to be applied and the degree of pollution severity shall be specified or agreed upon between the purchaser and the manufacturer at the time of ordering. Proposals for artificial pollution test methods are described in IEC TS 61245.

NOTE The reproducibility of artificial pollution tests on insulators, with weather sheds of silicon rubber, performed in different laboratories has not been established in a manner consistent with other standardized tests. However, further guidance will become available as research continues and when appropriate inter-laboratory comparisons are made. The problem is under consideration by IEC TC 36: Insulators.

The DC withstand test voltage shall be specified. In general, it coincides with the highest voltage for equipment. The tests are usually carried out at negative polarity.

The specified characteristics of the current transformer are confirmed if no flashover or puncture occurs during three consecutive individual tests performed in accordance with the specified or agreed procedure. If there is a puncture, the current transformer shall be considered to have failed the test. If only one flashover occurs, a fourth test shall be performed and the current transformer shall then be considered to have passed the test if no further flashover or puncture occurs.

7.4.1401.2 Even wetting DC voltage test

The even wetting test may be applied to all outdoor current transformers having U_m equal to or above 100 kV.

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

The test circuit shall be in accordance with IEC 60060-1.

The standard even wetting test procedure specified in IEC 60060-1 shall be used, except for the test duration.

Rain with different characteristics representing very light or light conductive layers on the insulator surface or having different precipitation rates may be agreed between manufacturer and purchaser. The rain precipitation shall be adjusted before starting the test.

The test voltage to be applied to the current transformer shall be equal to $1,25 \times U_m$.

The test voltage shall be maintained at this value for 1 h.

The current transformer shall be considered to have passed the test if no flashover or puncture occurs. If there is a puncture, the current transformer shall be considered to have failed the test. If a flashover occurs, the test shall be repeated once only, after verifying the rain conditions. The current transformer shall be considered to have passed the test if no further flashover or puncture occurs.

7.4.1402 Accuracy tests on the composite signal

The purpose of the test is to measure the accuracy on the DC component and on harmonic components, when supplied simultaneously.

The accuracy on the DC current component shall comply with the specifications of 5.6.1404, while pure sinusoidal harmonic components are supplied (one at a time) to the primary side.

20-A current components shall be supplied with the following frequencies:

- for low-bandwidth DC applications: 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 1,5 kHz, 3 kHz;
- for high-bandwidth DC applications: 100 Hz, 2,5 kHz, 5 kHz, 7,5 kHz, 10 kHz, 15 kHz, 20 kHz.

The accuracy on the AC current components shall comply with the specifications of Annex 6A of IEC 61869-6:2016, while the rated DC primary current is supplied to the primary side.

When applicable, the test may be applied on the current sensor only.

When possible, the DC current and the AC current may be applied to the sensor with separate conductors. But the primary configuration shall be respected. If this is not possible, suitable filtering arrangements shall be used to guarantee the accuracy of both current components applied to the sensor.

NOTE Additional frequencies can be specified depending on the application.

Annex 14A (informative)

Equivalent thermal current in CTs for DC application

14A.1 General

Annex 14A gives the information required to deal with the test modalities for thermal tests of DCCTs:

- influence of the harmonic content of the DC current on the heating of the primary conductor in the case of HVDC applications (LCC or VSC);
- correction of the AC test current to take into consideration the skin effect.

14A.2 Current harmonic content

The current flowing in the primary conductor has the typical waveform for LCC application shown in Figure 14A.1.

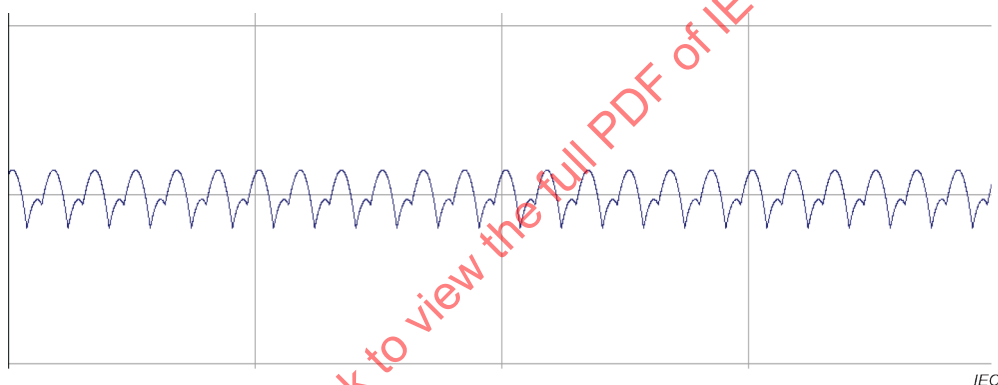


Figure 14A.1 – Typical waveform of current flowing in the primary conductor for LCC applications

The DC current waveform can be considered as consisting of the average (DC) component, and superimposed harmonic currents. Table 14A.1 gives typical values of harmonic current components at different frequencies for 800 kV applications. The values of the harmonic currents can be considered as independent of the rated (DC) component, but depend on the rated voltage.

Table 14A.1 – Typical harmonic current values (800 kV LCC)

Harmonic order	Harmonic RMS current (A)	Harmonic order	Harmonic rms current (A)	Harmonic order	Harmonic rms current (A)
2	18,2	19	0,0	36	5,6
3	3,7	20	0,3	37	0,0
4	5,3	21	1,7	38	0,1
5	0,4	22	0,3	39	1,1
6	11,5	23	0,0	40	0,1
7	0,2	24	10,9	41	0,0
8	1,7	25	0,0	42	0,3
9	0,5	26	0,3	43	0,0
10	1,0	27	0,3	44	0,2
11	0,0	28	0,3	45	0,3
12	14,9	29	0,0	46	0,2
13	0,0	30	0,6	47	0,0
14	0,7	31	0,0	48	1,5
15	0,9	32	0,2	49	0,0
16	0,3	33	1,2	50	0,1
17	0,1	34	0,2		
18	0,8	35	0,0		

In VSC applications, the harmonic content is much reduced compared to this figure.

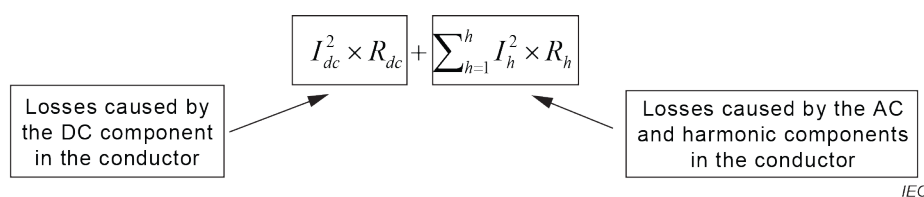
14A.3 Losses in primary conductor due to harmonic content

Most CTs for HVDC applications are designed with sensors on the top (in the head).

Consequences are:

- primary conductors are very short (typically < 1 m);
- rated current typically in the range of 1 000 A to (4 000 to 5 000) A;
- multi-turn primary windings are not used;
- mainly solid rods (or possibly thick tubes).

The total losses in the primary conductor are made up of two terms as shown in Figure 14A.2.

**Key** I_{dc} DC component R_{dc} DC resistance I_h harmonic component of the current R_h resistance corresponding to the harmonic h **Figure 14A.2 – The two terms that make up the total losses in the primary conductor**

The calculation of the ratio between AC and AC resistance can be done for each harmonic frequency, based on the depth of penetration

$$\delta = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10\rho}{\mu f}}$$

where:

δ : thickness of the depth of penetration in m;

ρ : resistivity in Ω/m ;

μ : permeability, $4\pi \cdot 10^{-7}$ for vacuum;

f : frequency in Hz.

The ratio between DC resistance and AC resistance can be calculated using the Levasseur formula:

$$K = 0,25 + \sqrt[6]{0,75^6 + \left(\frac{D}{4\delta}\right)^6}$$

where D is the diameter of the conductor in m.

A calculation has been performed for different primary solid bar diameters from 40 mm to 100 mm, made from electrolytic copper or aluminium, considering a 2 000 A DC current and the harmonic content of Table 14A.1. See Figure 14A.3.

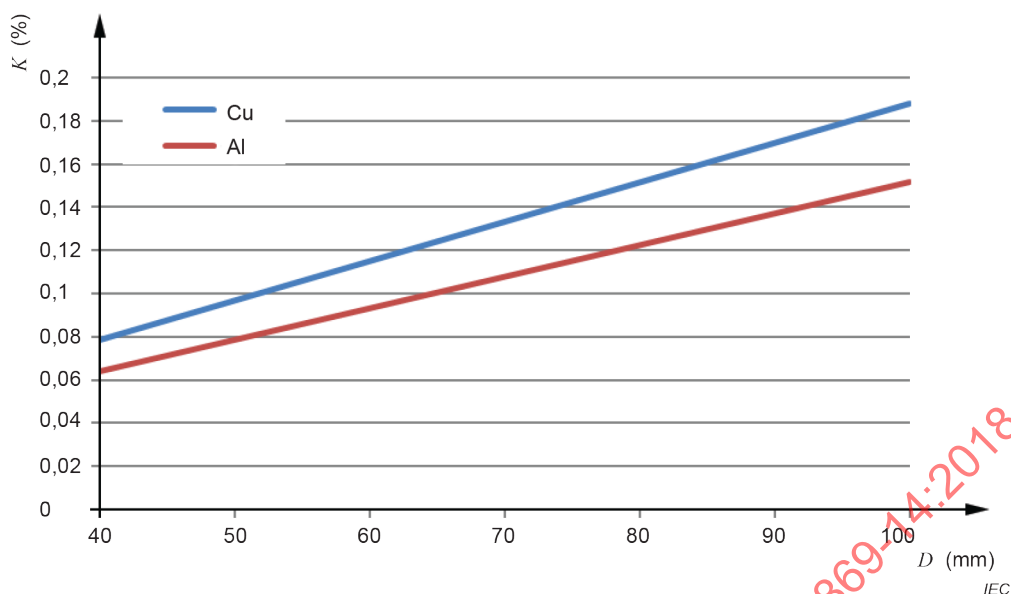


Figure 14A.3 – Additional losses in conductors due to typical current harmonics

Conclusion: the additional losses due to the harmonic content of the current is negligible, whatever the HVDC technology.

14A.4 Thermal test with AC current

Compared with the thermal losses due to the flow of DC current in the primary bar, the test with power-frequency current induces additional losses due to the skin effect in the primary bar.

Using the Levasseur formula, the additional losses can be evaluated as shown in Figure 14A.4, whatever the current value:

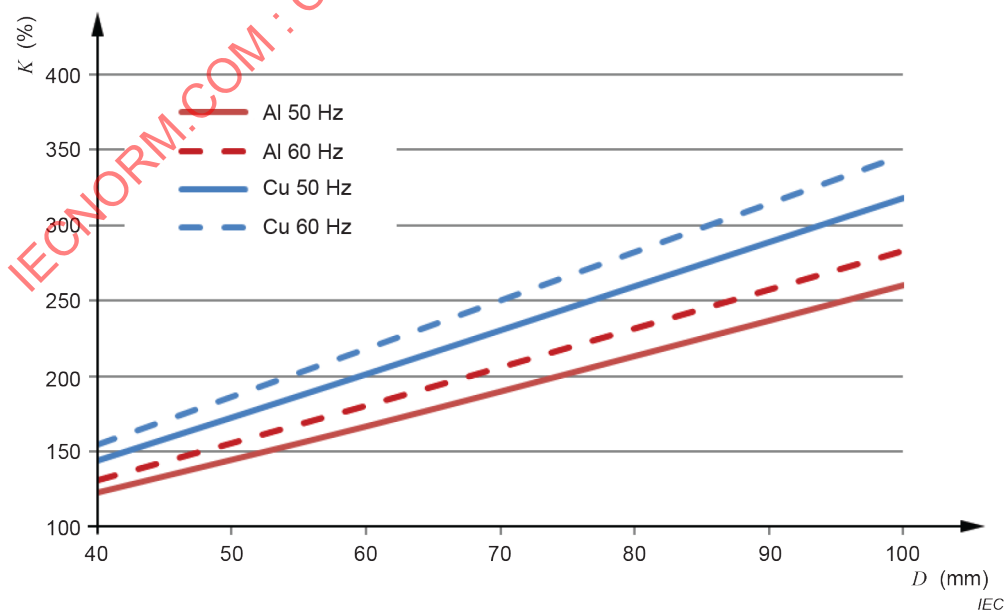


Figure 14A.4 – Power-frequency losses in conductors compared to DC losses

Annex 14B (informative)

Proposed rated insulation level applicable to current transformers for DC application

Insulation coordination for HVDC systems is currently under consideration by the IEC.

However, instrument transformer manufacturers need references for the design and testing of their devices.

For AC and DC applied dielectric tests, test voltage is defined in 7.2 and 7.3.

The present annex proposes test voltage for impulse tests, based on generally adopted system voltages and test voltages. Table 14B.1 gives indicative values, and system designers could be forced to define other insulation levels, based on specific insulation coordination conditions.

For system voltage below 200 kV, too many applications exist and it is not possible to define any standard values. Insulation levels shall be defined by the system designer.

After publication of the rated system voltages and rated insulation levels by TC28, the present annex will be disregarded.

**Table 14B.1 – Proposed rated primary terminal insulation levels
for current transformers for DC application**

Rated system voltage kV	Highest voltage for equipment U_m kV	Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV	Rated switching withstand voltage (peak) kV
200	210	500	390
250	262	750	650
320	336	900 750 660 ^a	650 612 -- ^a
400	412	1 175 790 ^a	950 760 ^a
500	515	1 425 1 300 ^a	1 175
600	617	1 650 2 100	1 280 1 675
800	816	1 950 2 300	1 600 1 800
1 100	1 120	2 300	2 100
^a cable connection			

Bibliography

IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*
IEC 60050-471:2007/AMD1:2015

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	46
INTRODUCTION.....	50
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	54
3 Termes et définitions	54
5 Caractéristiques assignées.....	59
6 Conception et construction	63
7 Essais	68
Annexe 14A (informative) Courant thermique équivalent dans les transformateurs de courant continu	80
14A.1 Généralités	80
14A.2 Contenu harmonique du courant	80
14A.3 Pertes dans le conducteur primaire dues au contenu harmonique	81
14A.4 Essai thermique avec un courant alternatif.....	83
Annexe 14B (informative) Proposition de niveau d'isolement assigné applicable aux transformateurs de courant continu.....	84
Bibliographie.....	85
Figure 1401 – Exemple de schéma LCC	50
Figure 1402 – Schéma VSC type – à monopôle symétrique	52
Figure 1403 – Schéma VSC type – à monopôle asymétrique ou à bipôle	52
Figure 1404 – Réponses à un échelon types d'un système	57
Figure 1405 – Limites de précision d'un transformateur de courant continu.....	62
Figure 1406 – Profil d'essai d'inversion de polarité	73
Figure 1407 – Mesure du temps de réponse à un échelon	75
Figure 14A.1 – Forme d'onde type du courant passant dans le conducteur primaire pour applications LCC.....	80
Figure 14A.2 – Les deux facteurs expliquant l'ensemble des pertes dans le conducteur primaire	82
Figure 14A.3 – Pertes supplémentaires dans les conducteurs dues aux harmoniques types de courant.....	83
Figure 14A.4 – Pertes de courant à fréquence industrielle dans les conducteurs par rapport aux pertes de courant continu	83
Tableau 1401 – Courant et tension dans les transformateurs de courant pour applications LCC.....	51
Tableau 1402 – Courant et tension dans les transformateurs de courant pour applications VSC	53
Tableau 3 – Tensions d'essai de décharge partielle et niveaux admissibles	60
Tableau 1403 – Limites de l'erreur de rapport des transformateurs de courant continu (classes de 0,1 à 1)	62
Tableau 7 – Charges d'essai de tenue statique	64
Tableau 8 – Durée de défaut d'arc et critères de performance	65
Tableau 1404 – Marquage des bornes	66

Tableau 1405 – Marquage de plaque signalétique – plaque signalétique commune	67
Tableau 1406 – Marquage de plaque signalétique pour chaque convertisseur secondaire	68
Tableau 1407 – Marquage de plaque signalétique pour alimentation auxiliaire.....	68
Tableau 10 – Liste des essais.....	69
Tableau 14A.1 – Valeurs types de courant harmonique (LCC à 800 kV).....	81
Tableau 14B.1 – Propositions de niveaux assignés d'isolation des bornes primaires pour les transformateurs de courant continu	84

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 14: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant pour application en courant continu

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61869-14 a été établie par le comité d'études 38 de l'IEC: Transformateurs de mesure.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/560/FDIS	38/565/RVD

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

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

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

La présente Partie 14 doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61869-1:2007, *Exigences générales*, et l'IEC 61869-6:2016, *Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance*, dont elle est issue. Le lecteur est toutefois encouragé à utiliser les éditions les plus récentes.

La présente Partie 14 reprend la structure de l'IEC 61869-1:2007 et de l'IEC 61869-6:2016 et complète ou modifie les articles correspondants.

Lorsqu'un paragraphe de la Partie 1 ou de la Partie 6 n'est pas mentionné dans la présente Partie 14, ledit paragraphe s'applique. Lorsque la présente norme spécifie "addition", "modification" ou "remplacement", le texte correspondant de la Partie 1 ou de la Partie 6 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 numérotés à partir de 1401 s'ajoutent à ceux de la Partie 1 et de la Partie 6;
- les annexes supplémentaires sont numérotées 14A, 14B, etc.

Une vue d'ensemble de la série de normes prévue à la date de publication du présent document est donnée ci-dessous. La liste à jour des normes publiées par le CE 38 de l'IEC est disponible sur le site web: www.iec.ch

NORMES DE FAMILLES DE PRODUITS	NORMES DE PRODUITS	PRODUITS	ANCIENNE NORME
61869-1 EXIGENCES GÉNÉRALES	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
61869-6 EXIGENCES GÉNÉRALES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE DE FAIBLE PUISSANCE	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	60044-7
	61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	60044-8
	61869-9	INTERFACE NUMERIQUE DES TRANSFORMATEURS DE MESURE	
	61869-10	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT PASSIFS DE FAIBLE PUISSANCE	
	61869-11	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS DE TENSION PASSIFS DE FAIBLE PUISSANCE	60044-7
	61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED LOW-POWER PASSIVE TRANSFORMERS (disponible en anglais seulement)	
	61869-13	STAND-ALONE MERGING UNIT (disponible en anglais seulement)	
	61869-14	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU	
	61869-15	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE TENSION POUR APPLICATION EN COURANT CONTINU	

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018

INTRODUCTION

Généralités

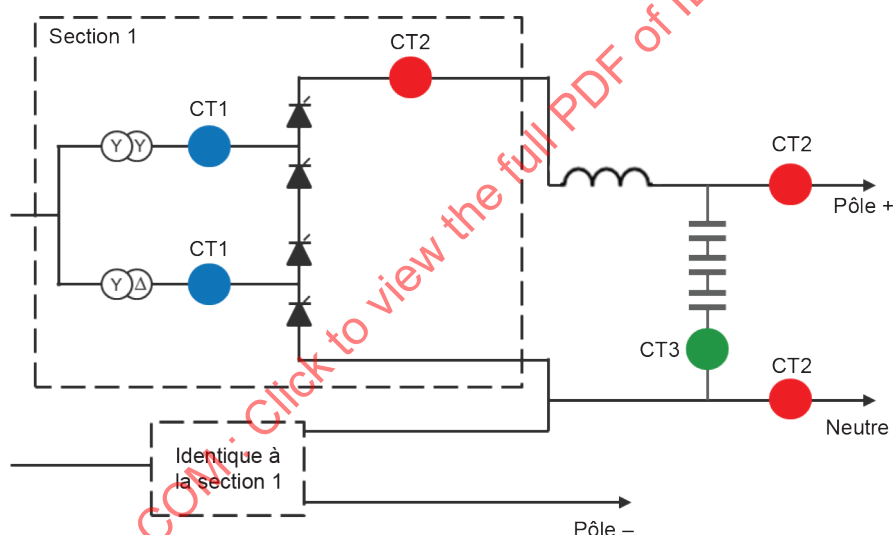
Le présent document s'applique aux transformateurs de courant destinés à être utilisés dans les applications en courant continu comportant au moins une des fonctions suivantes:

- mesurer du courant continu (avec des harmoniques élevées);
- assurer la tenue diélectrique à une tension continue.

Selon la position du transformateur de courant dans le système à courant continu, différents types d'applications existent. Ils sont décrits brièvement ci-dessous, ainsi que la forme d'onde approximative du courant ou de la tension.

Convertisseurs commutés par le réseau (LCC, Line-Commutated Converters)

Les convertisseurs commutés par le réseau (LCC) sont basés sur les convertisseurs à thyristor (voir figure 1401). Ils se caractérisent par un flux de courant unidirectionnel et la possibilité d'inverser la polarité de la tension. Des harmoniques de tension et de courant élevées existent jusqu'à des fréquences d'environ 3 kHz à 4 kHz.



IEC

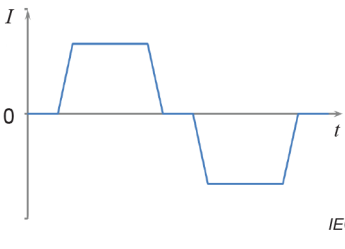
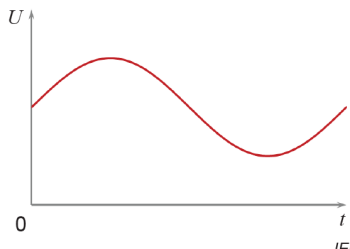
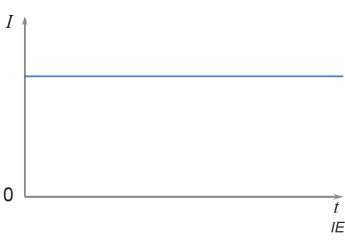
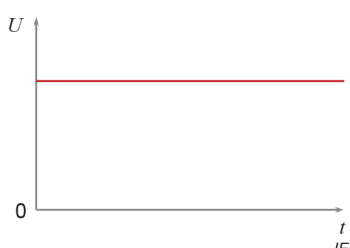
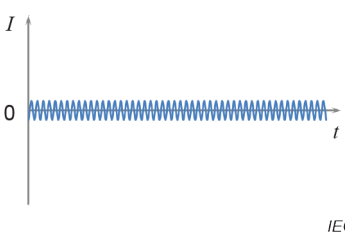
Figure 1401 – Exemple de schéma LCC

Nous distinguons trois fonctions différentes de mesure du courant:

- CT1: mesure du courant du côté courant alternatif du convertisseur;
- CT2: mesure du courant du côté courant continu du convertisseur;
- CT3: mesure du courant dans le filtre côté courant continu.

Le Tableau 1401 donne une vue d'ensemble des formes d'onde du courant et de la tension, ainsi que les principales caractéristiques des différentes applications du transformateur de courant.

Tableau 1401 – Courant et tension dans les transformateurs de courant pour applications LCC

	Courant	Tension	Caractéristiques
CT1			Courant alternatif Tension AC + DC Quantité élevée d'harmoniques de courant Utilisé principalement à des fins de protection
CT2			Applications en courant continu uniquement Mesure d'une grande précision Mesure des harmoniques Utilisé à des fins de mesure, de commande et de protection
CT3			Contrainte de tension continue avec harmoniques Courant continu = 0 Mesure des harmoniques Utilisé principalement à des fins de protection

Convertisseurs de source de tension (VSC, Voltage-Source Converters)

Les convertisseurs de source de tension (VSC) sont basés sur les convertisseurs à transistor. Ils se caractérisent par un flux de courant bidirectionnel et une polarité de tension unique. Des harmoniques de tension et de courant élevées existent jusqu'à des fréquences d'environ 20 kHz.

Il existe deux types de schémas VSC: à monopôle symétrique (utilisant un seul convertisseur) et à monopôle asymétrique ou à bipôle (un convertisseur pour chaque polarité).

Les deux schémas sont représentés dans la Figure 1402 et dans la Figure 1403.

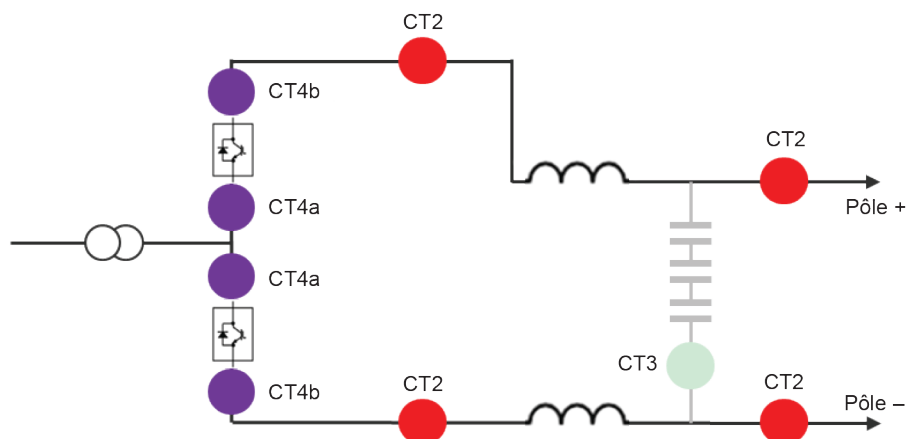


Figure 1402 – Schéma VSC — type à monopôle symétrique

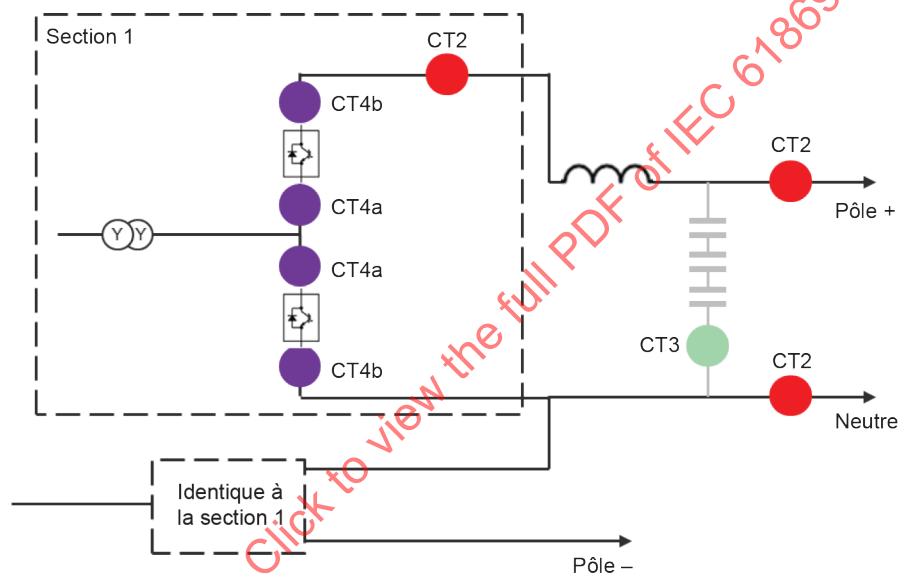


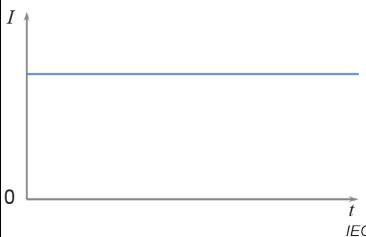
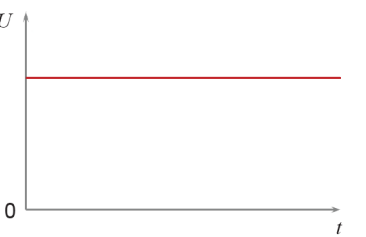
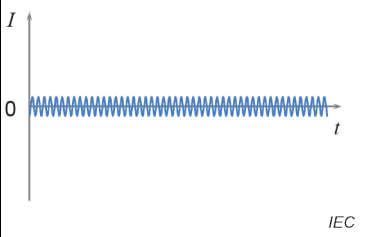
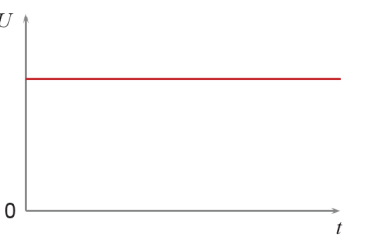
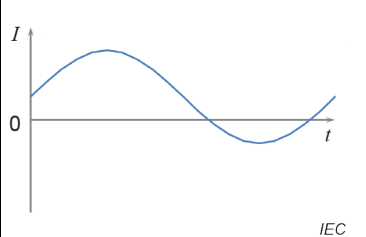
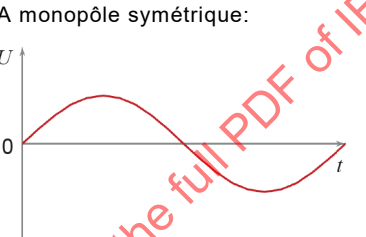
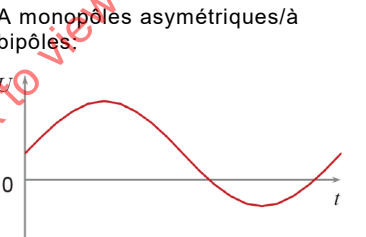
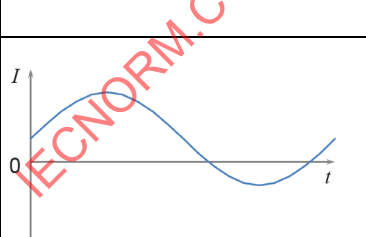
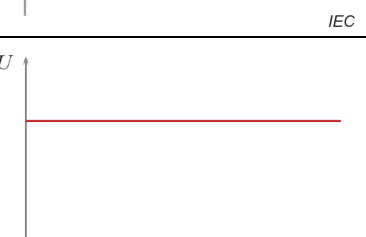
Figure 1403 – Schéma — VSC type à monopôle asymétrique ou à bipôle

Nous distinguons trois fonctions différentes de mesure du courant:

- CT4: mesure du courant dans les branches de transistor du convertisseur.
Le transformateur de courant peut être placé avant (CT4a) ou après la branche du transistor (CT4b);
- CT2: mesure du courant du côté courant continu du convertisseur;
- CT3: mesure du courant dans le filtre côté courant continu (pas toujours présent dans ce schéma).

Le Tableau 1402 donne une vue d'ensemble des formes d'onde du courant et de la tension, ainsi que les principales caractéristiques des différentes applications du transformateur de courant.

Tableau 1402 – Courant et tension dans les transformateurs de courant pour applications VSC

	Courant	Tension	Caractéristiques
CT2			Applications en courant continu pur Mesure d'une grande précision Mesure des harmoniques Utilisé à des fins de mesure, de commande et de protection Court temps de réponse à un échelon
CT3			Contrainte de tension continue Courant continu = 0 Mesure des harmoniques Utilisé principalement à des fins de protection
CT4a		A monopôle symétrique:  A monopôles asymétriques/à bipôles: 	Tension alternative uniquement ou tension continue et tension alternative Courant continu et courant alternatif Mesure d'une grande précision Court temps de réponse à un échelon
CT4b			Contrainte de tension continue Courant continu et courant alternatif Mesure d'une grande précision Court temps de réponse à un échelon

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 14: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant pour application en courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61869 couvre toutes les exigences particulières concernant les transformateurs de courant utilisés dans les applications en courant continu, quelle que soit la technologie utilisée. Le signal de sortie peut être analogique ou numérique.

Elle s'applique aux transformateurs de courant fabriqués récemment et utilisés pour des applications de mesure, de protection et/ou de commande sur des systèmes d'alimentation électrique en courant continu dont la tension assignée est supérieure à 1,5 kV.

La configuration générale d'un transformateur de mesure de faible puissance unipolaire est décrite à la Figure 601 de l'IEC 61869-6:2016.

Les transformateurs de courant destinés aux mesures de courant dans la branche du transistor de la valve VSC (dénommés CT4a et CT4b à la Figure 1403 et au Tableau 1402) ne sont pas couverts par le présent document et seront traités lors d'une prochaine révision.

2 Références normatives

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

L'Article 2 de l'IEC 61869-6:2016 s'applique, avec les ajouts et modifications suivants:

IEC TS 60815-4:2016, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 4: Insulators for DC systems* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 61245:2015, *Artificial pollution tests on high-voltage ceramic and glass insulators to be used on DC systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61869-6:2016, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Exigences générales supplémentaires concernant les transformateurs de mesure de faible puissance*

IEC 61869-9:2016, *Transformateurs de mesure – Partie 9: Interface numérique des transformateurs de mesure*

3 Termes et définitions

L'Article 3 de l'IEC 61869-1:2007, de l'IEC 61869-6:2016 et de l'IEC 61869-9:2016 s'appliquent, avec les ajouts et modifications suivants:

3.1 Définitions générales

3.1.1401

transformateur de mesure pour application en courant continu

transformateur de mesure destiné à être utilisé dans les applications en courant continu comportant au moins l'une des fonctions suivantes:

- mesurer du courant continu ou de la tension continue (avec des harmoniques élevées);
- assurer la tenue diélectrique à une tension continue.

3.1.1402

transformateur de courant pour application en courant continu

DCCT

transformateur de mesure pour application en courant continu dans lequel le signal secondaire, dans des conditions normales d'utilisation, est sensiblement proportionnel au courant primaire

Note 1 à l'article: Les différentes applications sont décrites dans l'introduction.

3.2 Définitions relatives aux caractéristiques diélectriques assignées

3.2.2

tension la plus élevée pour le matériel

U_m

La définition 3.2.2 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacée par la définition suivante:

valeur de tension continue la plus élevée compatible avec un fonctionnement continu de l'équipement, compte tenu de son isolement et des autres caractéristiques relatives à cette tension

3.3 Définitions relatives aux caractéristiques assignées de courant

3.3.1401

courant continu de surcharge

surintensité observée dans un circuit électrique et non due à un court-circuit ou à un défaut à la terre

Note 1 à l'article: Le courant continu de surcharge est spécifié par le client en termes de valeur et de durée.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-15, modifié – "Continu" a été ajouté au terme et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.3.1402

courant de surcharge de courte durée

I_{sov}

courant continu de surcharge se produisant pour une durée inférieure à une minute

3.3.1403

courant de surcharge de longue durée

I_{lov}

courant continu de surcharge se produisant pour une durée exprimée en minutes ou en heures

Note 1 à l'article: Différentes valeurs de surcharge de longue durée peuvent être spécifiées pour différentes durées.

3.3.1404

courant de crête maximal de défaut

I_{sc}

valeur de crête maximale du courant observée au cours d'une condition de défaut du système électrique à courant continu

3.4 Définitions relatives à la précision

3.4.1401

erreur absolue

ε_A

erreur (exprimée en A) introduite dans la mesure par un transformateur de courant et qui découle du fait que le rapport de transformation réel n'est pas égal au rapport de transformation assigné

Note 1 à l'article: L'erreur absolue est définie par la formule suivante:

$$\varepsilon_A = K_r \cdot U_s - I_p$$

où

K_r est le rapport de transformation assigné;

I_p est la valeur en courant continu du courant primaire réel en régime établi;

U_s est la valeur en courant continu de la tension de sortie.

3.5 Définitions relatives aux autres caractéristiques assignées

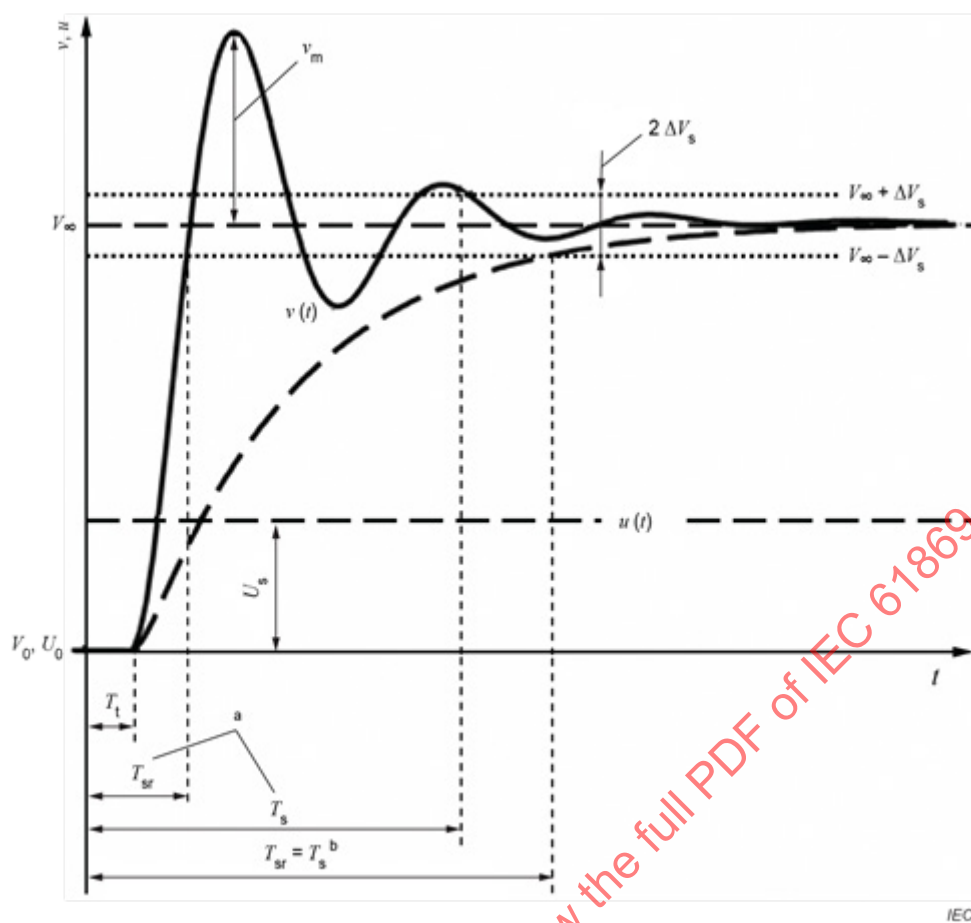
3.5.1401

réponse à un échelon

durée comprise entre l'instant où le mesurande (ou la grandeur fournie) subit un changement brusque spécifié et l'instant où l'indication (ou la grandeur fournie) atteint, et se maintient dans une plage de limites spécifiées autour de sa valeur finale, en régime établi

Note 1 à l'article: Voir l'explication sous forme graphique à la Figure 1404.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61869-14:2018



- a Pour un comportement périodique
b Pour un comportement apériodique

u	variable d'entrée
U_0	valeur initiale de la variable d'entrée
U_s	hauteur d'échelon de la variable d'entrée
v	variable de sortie
V_0, V_∞	valeurs en régime établi avant et après application de l'échelon
v_m	taux de dépassement
$2\Delta v_s$	limite de tolérance spécifiée
T_{sr}	temps de réponse à un échelon
T_s	durée d'établissement
T_t	temps mort

Figure 1404 – Réponses à un échelon types d'un système

Note 2 à l'article: Le temps mort inclut le temps de retard.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-04 et IEC 60050-351:2013, 351-45-27, modifiés – La Note 1 à l'article a été ajoutée; les notes présentes dans les sources ont été supprimées.]

3.5.1402

temps de réponse à un échelon

T_{sr}

pour une réponse à un échelon, durée de l'intervalle de temps compris entre l'instant où une variation en échelon est appliquée à une variable d'entrée, et l'instant où la variable de sortie atteint pour la première fois un pourcentage spécifié de la différence entre ses valeurs finale et initiale de régime établi

Note 1 à l'article: Le temps de réponse à un échelon inclut le temps de retard du transformateur de courant.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-36, modifié – La Note 1 à l'article a été modifiée a la figure a été supprimée.]

3.5.1403

durée d'établissement

T_s

pour une réponse à un échelon, durée de l'intervalle de temps compris entre l'instant où une variation en échelon est appliquée à une variable d'entrée, et l'instant où la différence entre la réponse à un échelon et sa valeur en régime établi se maintient à un niveau inférieur à la tolérance de la valeur transitoire

Note 1 à l'article: La durée d'établissement inclut le temps de retard du transformateur de courant.

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-37, modifiée – La Note 1 à l'article a été modifiée a la figure a été supprimée.]

3.5.1404

taux de dépassement

v_m

pour une réponse à un échelon d'un élément de transfert, la déviation transitoire maximale de la variable de sortie à partir de sa valeur de régime établi final, habituellement exprimée en pourcentage de la différence entre les valeurs de régime établi initial et final, et pour la réponse à un échelon de la variable de référence ou la réponse à un échelon de la variable perturbatrice d'un système de commande, la déviation transitoire maximale à partir de la valeur désirée

[SOURCE: IEC 60050-351:2013, 351-45-38, modifié – La Note 1 à l'article et la figure ont été supprimées.]

3.7 Index des abréviations

Le tableau en 3.7 de l'IEC 61869-6:2016 est remplacé par le tableau suivant.

DCCT	transformateur de courant pour application en courant continu
F	charge mécanique
I_{amax}	courant d'alimentation maximal
I_{ar}	courant d'alimentation assigné
I_{cth}	courant thermique permanent assigné
I_{pr}	courant primaire assigné
I_{lov}	courant de surcharge de longue durée
I_{sov}	courant de surcharge de courte durée
I_{sc}	courant de crête maximal de défaut
IT	instrument transformer, transformateur de mesure
K_{ALF}	facteur limite de précision
K_{pcr}	facteur de courant primaire étendu
K_r	rapport de transformation assigné
R_{br}	charge assignée
t_d	temps de retard
t_{dr}	temps de retard assigné
T_s	durée d'établissement
T_{sr}	temps de réponse à un échelon
T_t	dead time, temps mort
U_{ar}	tension d'alimentation auxiliaire
U_m	tension la plus élevée pour le matériel
U_{sr}	tension secondaire assignée
v_m	taux de dépassement
ε	erreur de rapport
ε_A	erreur absolue

5 Caractéristiques assignées

5.1 Généralités

Le Paragraphe 5.1 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Le cas échéant, les caractéristiques assignées des DCCT, y compris celles de leur équipement auxiliaire, doivent être choisies dans la liste suivante:

- tension la plus élevée pour le matériel (U_m);
- courant primaire assigné (I_{pr});
- temps de retard assigné (t_{dr});
- courant thermique permanent assigné (I_{cth});
- courant de surcharge de longue durée (I_{lov});
- courant de surcharge de courte durée (I_{sov});
- courant de crête maximal de défaut (I_{sc});
- tension secondaire assignée (U_{sr});

- niveau d'isolement;
- charge assignée (R_{br});
- classe de précision assignée;
- facteur limite de précision (K_{ALF});
- facteur de courant primaire étendu assigné (K_{pcr});
- temps de réponse à un échelon (T_{sr}).

Les caractéristiques assignées s'appliquent aux conditions atmosphériques normalisées de référence (température 20 °C, pression 101,3 kPa et humidité 11 g/m³) spécifiées dans l'IEC 60071-1.

NOTE Les caractéristiques assignées sont définies par l'acheteur en fonction des caractéristiques de l'application de l'ensemble du système à courant continu.

5.2 Tension la plus élevée pour le matériel

Le Paragraphe 5.2 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Il n'existe pas de valeur normalisée pour la tension continue maximale de l'équipement.

Toutefois, une liste de valeurs normalisées est proposée en Annexe 14B.

5.3 Niveaux d'isolement assignés

5.3.1 Généralités

Le Paragraphe 5.3.1 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Les valeurs standards de niveaux d'isolement de la CEI 60071-1 ne sont pas applicables aux systèmes à courant continu.

Des méthodes permettant de calculer les tensions d'essai diélectrique sont présentées dans les articles correspondants du présent document.

En outre, des indications concernant les valeurs de tension de tenue aux chocs sont données en Annexe 14B.

5.3.3 Autres exigences pour l'isolation des bornes primaires

5.3.3.1 Décharges partielles (PD)

Le Paragraphe 5.3.3.1 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Le niveau de décharge partielle mesuré lors de l'essai de tenue en tension à fréquence industrielle ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Tensions d'essai de décharge partielle et niveaux admissibles

Tension d'essai de PD (efficace) kV	Niveau de PD admissible maximal	
	pC	
	Type d'isolation	
	immergé dans du liquide ou du gaz	solide
1,5 $U_m/\sqrt{2}$	10	50
1,2 $U_m/\sqrt{2}$	5	20

5.4 Fréquence assignée

Le Paragraphe 5.4 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

La fréquence assignée est égale à 0 (courant continu).

5.5 Caractéristiques de sortie assignée

5.5.602 Valeurs normalisées pour le temps de retard assigné (t_{dr})

Le Paragraphe 5.5.602 de l'IEC 61869-6:2016 est remplacé par le paragraphe suivant:

Les valeurs normalisées du temps de retard assigné sont les suivantes:

$$5 \mu s - 25 \mu s - 100 \mu s$$

5.5.1401 Valeurs normalisées de la tension secondaire assignée

Les valeurs normalisées de la tension continue secondaire assignée sont:

$$150 \text{ mV} - 1,66 \text{ V} - 3 \text{ V} - 5 \text{ V}$$

NOTE En général, les transformateurs de courant continu sont des transformateurs polyvalents.

5.6 Classe de précision assignée

5.6.1401 Désignation de la classe de précision

La classe de précision est désignée par le pourcentage d'erreur de rapport le plus élevé admis pour le courant primaire assigné et avec la charge assignée.

5.6.1402 Classes de précision normalisées

Les classes de précision normalisées sont les suivantes:

$$0,1 - 0,2 - 0,5 - 1$$

5.6.1403 Facteurs limites de précision normalisés (K_{ALF})

Les valeurs normalisées des K_{ALF} sont les suivantes:

$$3 - 6 - 10 - 20$$

5.6.1404 Limites de l'erreur de rapport

5.6.1404.1 Erreur de rapport de la mesure du courant continu

S'applique aux DCCT destinés à mesurer le courant du côté courant continu du convertisseur.

NOTE Ils sont désignées sous le nom CT2 dans l'introduction.

L'erreur de rapport pour la composante continue, mesurée au niveau des bornes secondaires, pour des charges égales ou supérieures aux charges assignées, ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 1403, exprimées en pourcentage du courant mesuré. Une représentation graphique des limites de l'erreur est présentée à la Figure 1405.

La précision doit être garantie pour l'ensemble de la gamme de températures, pour les parties du transformateur de courant situées en extérieur et en intérieur et pour les deux polarités.

Tableau 1403 – Limites de l'erreur de rapport des transformateurs de courant continu (classes de 0,1 à 1)

Classe de précision	Erreur de rapport ± %				
	à la valeur (%) du courant assigné				
	5	20	100	K_{pcr}	K_{ALF}
0,1	1	0,25	0,1	0,1	1
0,2	2	0,5	0,2	0,2	2
0,5	3,5	1	0,5	0,5	5
1	5	2	1	1	10

Pour un courant inférieur à 5 % du courant assigné, l'erreur absolue ε_A ne doit pas augmenter au-delà de la valeur existant à 5 % du courant assigné.

NOTE Cette exigence doit permettre de prendre en compte une valeur d'erreur minimale due à la tension de décalage et au bruit.

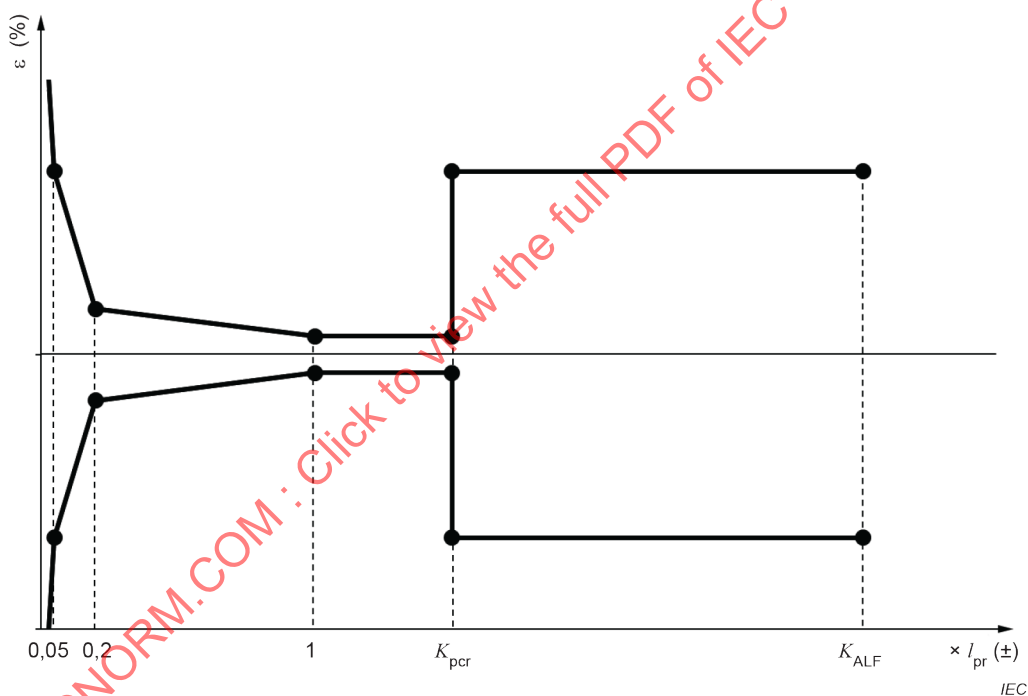


Figure 1405 – Limites de précision d'un transformateur de courant continu

5.6.1404.2 Exigences de précision pour la mesure du courant alternatif

Ces transformateurs de courant sont exposés à une tension continue, mais ils sont destinés à mesurer le courant alternatif.

NOTE Ils sont désignés sous le nom CT3 dans l'introduction.

L'erreur doit être spécifiée conformément au 5.6.201.3 et/ou au 5.6.202.2 de l'IEC 61869-2:2012. La fréquence assignée de référence doit être définie.

NOTE Généralement, la fréquence assignée désigne la fréquence du réseau en courant alternatif.

5.6.1405 Exigences de précision pour la mesure des harmoniques

Le présent paragraphe s'applique aux mesures de l'ondulation du courant continu.

Le Paragraphe 6A.4.3 de l'IEC 61869-6:2016 s'applique.

5.1401 Temps de réponse à un échelon

Le présent paragraphe ne s'applique pas aux DCCT destinés à mesurer un courant alternatif.

Les valeurs normalisées du temps de réponse à un échelon sont les suivantes:

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

6 Conception et construction

6.6 Exigences relatives à l'isolation externe

6.6.1 Pollution

Le Paragraphe 6.6.1 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Le présent paragraphe s'applique aux transformateurs de courant dont la valeur U_m est égale ou supérieure à 20 kV.

L'acheteur doit spécifier la ligne de fuite minimale ou la ligne de fuite spécifique unifiée (USCD, unified specific creepage distance) minimale (voir l'IEC TS 60815-4:2016), ou bien la sévérité de pollution sur le site à courant continu.

La ligne de fuite nécessaire peut être déterminée à partir de la ligne de fuite spécifique unifiée à l'aide de la formule suivante:

$$USCD \times U_m$$

où USCD est la ligne de fuite spécifique unifiée nominale minimale (mm/kV), voir IEC 60050-471:2007, 471-01-16.

Pour les transformateurs de courant pour l'intérieur, la valeur de ligne de fuite spécifique unifiée minimale doit être de 14 mm/kV.

Pour les transformateurs de courant pour l'extérieur, si des essais de pollution artificielle sont exigés, ils doivent être réalisés conformément au 7.4.1401.

NOTE Les valeurs de ligne de fuite spécifique unifiée pour les transformateurs de courant pour l'extérieur sont traitées dans l'IEC TS 60815-4:2016. Ces valeurs sont fortement dépendantes du matériau de l'isolateur. D'autres facteurs relatifs au profil et au matériau de l'isolateur sont également spécifiés.

6.7 Exigences mécaniques

Le Paragraphe 6.7 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Ces exigences s'appliquent uniquement aux transformateurs de courant autoportants.

La charge statique exigée à laquelle les transformateurs de courant doivent pouvoir résister est indiquée dans le Tableau 7. Les figures incluent les charges dues au vent et à la glace.

Les charges d'essai spécifiées sont destinées à être appliquées dans n'importe quelle direction au niveau des bornes primaires.

Tableau 7 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel, U_m kV	Charge d'essai de tenue statique, F N
	Transformateurs de courant avec bornes
Jusqu'à 100	2 500
entre 100 et 300	3 000
entre 300 et 500	4 000
> 500	5 000

NOTE 1 Il convient que la somme des charges qui agissent dans des conditions d'exploitation habituelles n'excède pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée.

NOTE 2 Il convient que les transformateurs de courant supportent des charges dynamiques extrêmes rares (par exemple, des courts-circuits) qui n'excèdent pas 1,4 fois la charge d'essai de tenue statique.

NOTE 3 Pour certaines applications, il peut être nécessaire d'établir la résistance à la rotation des bornes primaires. Le moment à appliquer pendant l'essai est convenu entre le fabricant et l'acheteur.

6.8 Chocs coupés multiples sur les bornes primaires

Le Paragraphe 6.8 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Si cela est spécifié en complément, les bornes primaires des transformateurs de courant immergés dans l'huile dont la valeur U_m est égale ou supérieure à 100 kV doivent résister aux chocs coupés multiples conformément au 7.4.2 de l'IEC 61869-1:2007.

NOTE Les exigences et les essais sont relatives au comportement des écrans internes et des raccordements transportant des courants transitoires à haute fréquence. L'essai peut également être appliqué aux caractéristiques assignées inférieures à ce niveau.

6.9 Exigences relatives à la protection contre les défauts d'arc internes

Le Paragraphe 6.9 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

Ces exigences s'appliquent aux transformateurs de courant autoportants immergés dans l'huile et à isolation gazeuse dont la valeur U_m est égale ou supérieure à 100 kV et pour lesquels une classe de protection contre les défauts d'arc internes est spécifiée en complément.

Si cela est spécifié en complément, le transformateur de mesure doit pouvoir résister à un arc interne dont le courant et la durée ont été spécifiés.

Le courant appliqué est un courant sinusoïdal symétrique. La valeur efficace du courant est la suivante:

$$I_{sc}/\sqrt{2}$$

La durée de défaut d'arc doit être définie conformément au Tableau 8.

La conformité à ces exigences doit être considérée comme respectée si l'essai décrit en 7.4.6 de l'IEC 61869-1:2007 est validé par le transformateur de mesure.

Tableau 8 – Durée de défaut d'arc et critères de performance

Etape de la protection	Durée de défaut d'arc s	Protection de défaut d'arc interne de classe I	Protection de défaut d'arc interne de classe II
1	0,2	Rupture de l'enveloppe et feu autorisés, mais toutes les parties projetées à maintenir dans la zone de confinement	Aucun effet externe autre que le fonctionnement du dispositif limiteur de pression approprié
2	0,5		Aucune fragmentation (enveloppe percée ou incendie acceptable)

6.11 Compatibilité électromagnétique (CEM)

6.11.2 Exigence relative aux perturbations radioélectriques (RIV, Radio Interference Voltage)

Le Paragraphe 6.11.2 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le paragraphe suivant:

L'exigence relative aux perturbations radioélectriques s'applique aux transformateurs de tension dont la valeur U_m est égale ou supérieure à 100 kV et qui doivent être installés dans des postes à isolation par air.

Au cours de l'essai en tension à fréquence industrielle, la tension des perturbations radioélectriques ne doit pas dépasser $2\,500\,\mu\text{V}$ à $1,1 \times U_m / \sqrt{2}$.

NOTE Cette exigence est introduite pour satisfaire à certaines réglementations en matière de compatibilité électromagnétique.

6.13 Marquages

6.13.1401 Marquage des bornes

Le marquage doit identifier:

- a) les bornes primaires et secondaires;
- b) la polarité relative des bornes.

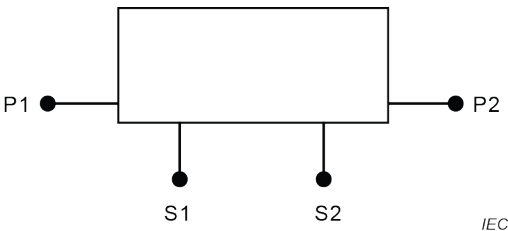
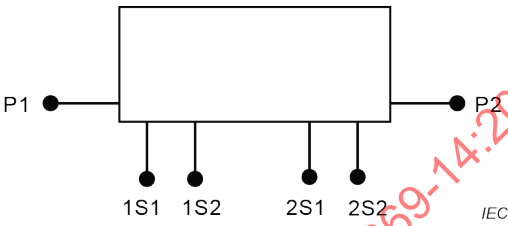
6.13.1402 Mode de marquage

Les bornes primaires doivent être marquées de façon claire et indélébile, sur leur surface ou à proximité immédiate. Si possible, les bornes secondaires doivent être identifiées de façon claire et indélébile sur la surface du transformateur de courant continu ou à proximité immédiate des bornes.

6.13.1403 Marquage des bornes

Le marquage des bornes du transformateur de courant continu doit correspondre à celui qui est indiqué dans le Tableau 1404.

Tableau 1404 – Marquage des bornes

Bornes primaires	 Transformateur de courant continu à une sortie secondaire
Bornes secondaires	
Bornes primaires	 Transformateur de courant continu à deux sorties secondaires
Bornes secondaires	

6.13.1404 Marquage des plaques signalétiques

Le Paragraphe 6.13 de l'IEC 61869-1:2007 et de l'IEC 61869-6:2016 est remplacé par le paragraphe suivant:

Tous les transformateurs de courant doivent comporter au moins les marquages suivants:

- nom du fabricant ou toute autre marque qui peut être facilement identifiée;
- année de fabrication et numéro de série ou désignation type, de préférence les deux;
- tension la plus élevée pour le matériel (U_m);
- niveau d'isolement;
- courant primaire assigné (I_{pr});
- courant thermique permanent assigné (I_{cth});
- courant de surcharge de longue durée (I_{lov}) (si spécifié);
- courant de surcharge de courte durée (I_{sov}) (si spécifié);
- facteur limite de précision (K_{ALF}) (si spécifié);
- facteur de courant primaire étendu (K_{pcr});
- classe de précision;

Lorsque le transformateur de mesure est destiné à mesurer le courant continu et le courant alternatif, la précision relative à chaque application doit être indiquée de manière distincte.

- catégorie de température;
- masse en kg (lorsque ≥ 25 kg);
- classe thermique d'isolation si différente de la Classe A;

Si plusieurs classes de matériaux d'isolation sont utilisées, celle qui limite l'échauffement doit être indiquée.

En outre, les informations suivantes doivent être indiquées (si applicable):

- charge mécanique statique maximale;
- type de fluide isolant;

- q) pression assignée de remplissage;
- r) pression de service minimale;
- s) volume du fluide isolant (ou masse) contenu dans le transformateur de courant;
- t) pour les transformateurs équipés de convertisseurs secondaires, l'utilisation de chacune de ces bornes correspondantes.

Pour une sortie secondaire analogique, les informations suivantes doivent être fournies:

- u) tension de sortie secondaire assignée;
- v) charge assignée (R_{br});
- w) temps de retard assigné (t_{dr});
- x) pour les transformateurs de courant équipés d'au moins deux sorties secondaires, les caractéristiques assignées de chacune (par exemple: rapport de transformation, classe de précision).

La plaque signalétique de l'ensemble des transformateurs de courant continu doit, dans la mesure du possible, être lisible au niveau du sol et porter les marquages indiqués dans les Tableaux 1405 à 1407.

Tableau 1405 – Marquage de plaque signalétique – plaque signalétique commune

Caractéristiques assignées	Abréviation	Sortie analogique	Sortie numérique
Désignation type		x	x
Nom du fabricant ou sa marque de fabrique		x	x
Tension la plus élevée pour le matériel	U_m	x	x
Niveau d'isolement		x	x
Courant primaire assigné	I_{pr}	x	x
Courant thermique permanent assigné	I_{cth}	x	x
Courant de surcharge de longue durée	I_{lov}	x	x
Courant de surcharge de courte durée	I_{sov}	x	x
Facteur limite de précision	K_{ALF}	x	x
Facteur de courant primaire étendu	K_{pcr}	x	x
Catégorie de température		x	x
Masse en kg		x	x
Classe thermique d'isolation		x	x
Charge mécanique statique maximale		x	x
Type de fluide isolant		x	x
Pression assignée de remplissage Pression minimale de service		x	x
Volume du fluide isolant (ou masse)		x	x

**Tableau 1406 – Marquage de plaque signalétique
pour chaque convertisseur secondaire**

Caractéristiques assignées	Abréviation	Sortie analogique	Sortie numérique
Classe de précision		x	x
Rapport de transformation assigné	K_r		x
Tension de sortie secondaire assignée	U_{sr}	x	
Charge assignée	R_{br}	x	
Temps de retard assigné	t_{dr}	x	
Temps de retard maximal			x

**Tableau 1407 – Marquage de plaque signalétique
pour alimentation auxiliaire**

Caractéristiques assignées	Abréviation	Sortie analogique	Sortie numérique
Tension d'alimentation auxiliaire	U_{ar}	x	x
Fréquence d'alimentation auxiliaire		x	x
Courant d'alimentation (conditions nominales)	I_{ar}	x	x
Courant d'alimentation maximal (conditions de surcharge)	I_{amax}	x	x

Toutes les informations doivent être indiquées de manière indélébile sur une plaque signalétique fixée solidement sur le transformateur (au moins pour la plaque signalétique commune) ou sur l'armoire auxiliaire secondaire du convertisseur secondaire et de l'alimentation auxiliaire, le cas échéant.

6.602 Exigences relatives au système de transmission électrique et aux câbles électriques de la liaison de sortie

6.602.1 Connecteurs

Le Paragraphe 6.602.1 de l'IEC 61869-6:2016 est remplacé par le paragraphe suivant:

Les bornes à serrage sous tête de vis sont l'interface normalisée.

Pour les applications exigeant une bande passante élevée, il est préférable d'utiliser un connecteur coaxial. Dans ce cas, la broche centrale doit correspondre à la borne "S1".

6.1401 Interface numérique

Se reporter aux différents articles et annexes de l'IEC 61869-9:2016.

NOTE Les interfaces numériques destinées aux applications en courant continu sont toujours en cours de développement et le contenu de l'IEC 61869-9 est toujours en cours d'amélioration.

7 Essais

7.1 Généralités

7.1.2 Liste des essais

Le Tableau 10 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par le tableau 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 de type extérieur	7.2.4
Essai d'inversion de polarité avec mesure de décharges partielles	7.2.1401
Essais de compatibilité électromagnétique	7.2.5
Essai concernant la précision	7.2.6
Essai de précision en fonction des harmoniques	7.2.1402
Vérification du degré de protection fourni par les enveloppes	7.2.7
Essai d'étanchéité des enveloppes à température ambiante	7.2.8
Essai de pression de l'enveloppe	7.2.9
Essai de tenue en tension des composants basse tension	7.2.601
Mesure du temps de réponse à un échelon	7.2.1403
Essais individuels	7.3
Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires	7.3.1
Mesure des décharges partielles	7.3.2
Essai de tenue en tension à fréquence industrielle entre les sections	7.3.3
Essai de tenue en tension continue avec mesure de décharges partielles	7.3.1401
Essai de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes secondaires	7.3.4
Essai concernant la précision	7.3.5
Vérification des marquages	7.3.6
Essais d'étanchéité des enveloppes à température ambiante	7.3.7
Essai de pression de l'enveloppe	7.3.8
Essai de tenue en tension à fréquence industrielle des composants basse tension	7.3.601
Essais spéciaux	7.4
Essai de tenue en tension de choc coupée sur les bornes primaires	7.4.1
Essai de chocs coupés multiples sur les bornes primaires	7.4.2
Mesure 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
Mesure du point de rosée	7.4.8
Essai de corrosion	7.4.9
Essai relatif au danger d'incendie	7.4.10
Essais de pollution	7.4.1401
Essais de vibration	7.4.601
Essai de précision du signal composite	7.4.1402

7.1.3 Séquence d'essais

Le Paragraphe 7.1.3 de l'IEC 61869-1:2007 est remplacé par 7.1.3.1401 et 7.1.3.1402.

7.1.3.1401 Séquence d'essais de type

La séquence d'essais n'est pas spécifiée et peut être convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

Avant de commencer la séquence d'essais de type, les essais individuels suivants doivent être réalisés:

- essai de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires;
- mesure des décharges partielles.

NOTE La mesure des décharges partielles est généralement effectué en même temps que l'essai de tenue en tension à fréquence industrielle.

A la fin de la séquence d'essais de type, le transformateur de courant doit être soumis à l'ensemble des essais individuels de série décrits en 7.3.

Il est permis de réaliser l'essai de tension continue avant l'essai d'inversion de polarité. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de renouveler cet essai après la séquence d'essais de type.

7.1.3.1402 Séquence d'essais individuels de série

La séquence d'essais n'est pas précisée, mais les essais de précision doivent être réalisés après les essais diélectriques.

7.2 Essais de type

7.2.2 Essai d'échauffement

Le Paragraphe 7.2.2 de l'IEC 61869-6:2016 s'applique, avec les ajouts de 7.2.2.1401, 7.2.2.1402 et 7.2.2.1403.

7.2.2.1401 Durée de l'essai

Le Paragraphe 7.2.2.203 de l'IEC 61869-2:2012 s'applique.

7.2.2.1402 Température et échauffement

L'objectif de l'essai est de déterminer l'échauffement moyen du conducteur primaire, des enroulements secondaires (le cas échéant), des convertisseurs primaire et secondaire et, pour les transformateurs immergés dans l'huile, l'échauffement à la partie supérieure de l'huile, dans des conditions de régime établi, lorsque les pertes résultant des conditions de service spécifiées sont générées dans le transformateur de courant.

Le cas échéant, la température moyenne des enroulements secondaires doit être déterminée par la méthode de variation de la résistance.

Les thermomètres ou thermocouples doivent mesurer l'échauffement des parties autres que les enroulements. La température de la surface de l'huile doit être mesurée au moyen de capteurs placés sur le haut de la tête métallique, en contact direct avec l'huile. L'échauffement doit être déterminé par la différence par rapport à la température ambiante.

7.2.2.1403 Modalités d'essai

Le transformateur de courant doit être monté d'une manière représentative du montage en service.

Le courant à appliquer correspond au courant thermique permanent assigné I_{cth} . L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que la température en régime établi du transformateur ait été atteinte, conformément au 7.2.2.1401.