

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Instrument transformers –
Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers**

**Transformateurs de mesure –
Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs
condensateurs de tension**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61869-5

Edition 1.0 2011-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Instrument transformers –
Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers**

**Transformateurs de mesure –
Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs
condensateurs de tension**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-88912-543-2

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and Definitions.....	8
3.1 General definitions	9
3.2 Definitions related to dielectric ratings and voltages.....	14
3.4 Definitions related to accuracy	14
3.5 Definitions related to other ratings	14
3.7 Index of abbreviations.....	15
5 Ratings.....	15
5.3 Rated insulation levels	16
5.3.3 Other requirements for primary terminals insulation	16
5.3.5 Insulation requirements for secondary terminals.....	17
5.3.501 Electromagnetic unit insulation requirements.....	17
5.4 Rated frequency.....	17
5.5 Rated output.....	17
5.5.501 Rated output values.....	17
5.5.502 Rated thermal limiting output.....	18
5.5.503 Rated output values for residual voltage windings	18
5.5.504 Rated thermal limiting output for residual voltage windings	18
5.6 Rated accuracy class.....	18
5.6.501 Accuracy requirements for measuring capacitor voltage transformer.....	18
5.6.502 Accuracy requirements for protective capacitor voltage transformers	19
5.501 Standard values of rated voltages	20
5.501.1 Rated primary voltages U_{Pr}	20
5.501.2 Rated secondary voltages	20
5.501.3 Rated voltages for secondary winding intended to produce a residual voltage	21
5.501.4 Standard values of rated voltage factor.....	21
6 Design and construction	22
6.1 Requirements for liquids used in equipment.....	22
6.1.4 Liquid tightness.....	22
6.7 Mechanical requirements.....	22
6.8 Multiple chopped impulse on primary terminals.....	22
6.9 Internal arc fault protection requirements	22
6.13 Markings.....	22
6.13.501 Terminal markings	22
6.13.502 Rating plate markings.....	23
6.501 Short circuit withstand capability.....	27
6.502 Ferro-resonance.....	27
6.502.1 General	27
6.502.2 Transients of ferro-resonance oscillations.....	27
6.503 Transient response	28
6.503.1 General	28
6.503.2 Requirements for transient response	28
6.503.3 Standard transient response classes	28

6.504	Requirements for carrier – frequency accessories	29
6.504.1	General	29
6.504.2	Drain coil	29
6.504.3	Voltage limitation device	29
7	Tests	30
7.1	General	30
7.1.2	List of tests	30
7.1.3	Sequence of tests	31
7.2	Type tests	33
7.2.2	Temperature-rise test	33
7.2.3	Impulse voltage withstand test on primary terminals	34
7.2.4	Wet test for outdoor type transformers	35
7.2.6	Test for accuracy	35
7.2.8	Enclosure tightness test at ambient temperature	37
7.2.501	Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency	37
7.2.502	Short-circuit withstand capability test	38
7.2.503	Ferro-resonance tests	39
7.2.504	Transient response test	39
7.2.505	Type test for carrier frequency accessories	41
7.3	Routine tests	42
7.3.1	Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals	42
7.3.2	Partial discharge measurement	44
7.3.5	Test for accuracy	44
7.3.7	Enclosure tightness test at ambient temperature	46
7.3.8	Pressure test for the enclosure	46
7.3.501	Ferro-resonance check	46
7.3.502	Routine tests for carrier frequency accessories	46
7.4	Special tests	47
7.4.1	Chopped impulse voltage withstand test on primary terminals	47
7.4.2	Multiple chopped impulse test on primary terminals	47
7.4.3	Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor	47
7.4.6	Internal arc fault test	47
7.4.501	Determination of the temperature coefficient (TC)	47
7.4.502	Tightness design test of capacitor units	47
Annex 5A (normative)	Typical diagrammeme of a capacitor voltage transformer	49
Annex 5B (informative)	Transient response of capacitor voltage transformer under fault conditions	50
Annex 5C (normative)	High-frequency characteristics of capacitor voltage transformers	51
Bibliography		52
Figure 501	– Error diagram of a capacitor voltage transformer for accuracy classes 0,2, 0,5 and 1,0	19
Figure 502	– Capacitor voltage transformer with a single secondary	23
Figure 503	– Capacitor voltage transformer with two secondaries	23
Figure 504	– Capacitor voltage transformer with two tapped secondaries	23
Figure 505	– Capacitor voltage transformer with one residual voltage winding and a single secondary	23

Figure 506 – Example of a typical rating plate.....	26
Figure 507 – Transient response of a capacitor voltage transformer	28
Figure 508 – Flow charts test sequence to be applied when performing type test (Figure 508a) and routine test (Figure 508b).....	32
Figure 509 – Diagram of a capacitor voltage transformer for the transient response test using equivalent circuit method.....	40
Figure 510 – Series burden.....	41
Figure 511 – Pure resistance	41
Figure 512 – Example of an error diagramme of class 1 CVT for accuracy check with the equivalent circuit.....	45
Figure 5A.1 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer.....	49
Figure 5A.2 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer with carrier- frequency accessories	49
Table 501 – Limits of voltage error and phase displacement for measuring capacitor voltage transformers	19
Table 502 – Limits of voltage error and phase displacement for protective capacitor voltage transformers	20
Table 503 – Rated secondary voltages for capacitor voltage transformers to produce a residual voltage	21
Table 504 – Standard values of rated voltage factors for accuracy and thermal requirements.....	21
Table 505 – Marking of the rating plate	23
Table 506a – Ferro-resonance requirements.....	27
Table 506b – Ferro-resonance requirements.....	28
Table 507 – Standard transient response values and classes	29
Table 10 – List of tests	31
Table 508 – Test voltage for temperature rise test	34
Table 509– Burden ranges for accuracy tests	36
Table 510 – Test voltages for units, stacks and complete capacitor voltage divider.....	43
Table 511 – Accuracy check points (example)	45
Table 512 – Ferro resonance check	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –**Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers**

FOREWORD

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

This International Standard IEC 61869-5 specific clauses for capacitor voltage transformers has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

This standard replaces IEC 60044-5 regarding capacitor voltage transformers as well as IEC-PAS 60044-5 for capacitor voltage transformers.

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

FDIS	Report on voting
38/411/FDIS	38/414/RVD

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

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

This standard is Part 5 of IEC 61869, published under the general title *Instrument transformers*.

This part 5 is to be read in conjunction with, and is based on, IEC 61869-1, *General Requirements* – first edition (2007) – however the reader is encouraged to use its most recent edition.

This Part 5 follows the structure of IEC 61869-1 and supplements or modifies its corresponding clauses.

When a particular clause/subclause of Part 1 is not mentioned in this Part 5, that clause/subclause applies as far as is reasonable. When this standard states “addition”, “modification” or “replacement”, the relevant text in Part 1 is to be adapted accordingly.

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

- clauses, subclauses, tables and figures and notes that are numbered starting from 501 are additional to those in Part 1;
- additional annexes are lettered 5A, 5B, 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 TC38 is available at the website: www.iec.ch.

PRODUCT FAMILY STANDARDS		PRODUCT STANDARD	PRODUCTS	OLD STANDARD
61869-1 GENERAL REQUIREMENTS FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS		61869-2	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CURRENT TRANSFORMERS	60044-1 60044-6
		61869-3	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR INDUCTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-2
		61869-4	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED TRANSFORMERS	60044-3
		61869-5	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-5
	61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENT FOR ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMERS AND LOW POWER STAND ALONE SENSORS	61869-7	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC VOLTAGE TRANSFORMERS	60044-7
		61869-8	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ELECTRONIC CURRENT TRANSFORMERS	60044-8
		61869-9	DIGITAL INTERFACE FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS	
		61869-10	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW-POWER STAND-ALONE CURRENT SENSORS	
		61869-11	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR LOW POWER STAND ALONE VOLTAGE SENSOR	60044-7
		61869-12	ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR COMBINED ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMER OR COMBINED STAND ALONE SENSORS	
		61869-13	STAND ALONE MERGING UNIT	

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

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

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers

1 Scope

This part of IEC 61869 applies to new single-phase capacitor voltage transformers connected between line and ground for system voltages $U_m \geq 72,5$ kV at power frequencies from 15 Hz to 100 Hz. They are intended to supply a low voltage for measurement, control and protective functions.

The capacitor voltage transformer can be equipped with or without carrier-frequency accessories for power line carrier-frequency (PLC) application at carrier frequencies from 30 kHz to 500 kHz.

The base requirements for coupling capacitors and capacitors dividers are defined in IEC 60358. The transmission requirements for coupling devices for power line carrier (PLC) system are defined in IEC 60481.

The measurement application includes both indication measuring and revenue measuring.

NOTE 501 Diagrams of capacitor voltage transformer to which this standard applies are given in Figures 5A.1 and 5A.2.

2 Normative references

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

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

IEC 60038 ed7.0 (2009-06) – *IEC standard voltages*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60050-436, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60050-601, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050-604, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60358, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60481, *Coupling devices for power line carrier systems*

3 Terms and Definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions of IEC 61869-1 apply with the following additions:

3.1 General definitions

3.1.501

capacitor voltage transformer

CVT

voltage transformer comprising a capacitor divider unit and an electromagnetic unit so designed and interconnected that the secondary voltage of the electromagnetic unit is substantially proportional to the primary voltage, and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections.

[IEC 60050-321:1986, 321-03-14, modified]

3.1.502

measuring voltage transformer

voltage transformer intended to transmit an information signal to measuring instruments, integrating meters and similar apparatus

[IEC 60050-321:1986 , 321-03-04 modified]

3.1.503

protective voltage transformer

voltage transformer intended to transmit an information signal to electrical protective and control devices

[IEC 60050-321:1986 , 321-03-05]

3.1.504

secondary winding

winding which supplies the voltage circuits of measuring instruments, meters, protective or control devices

[IEC 60050-321:1986, 321-01-07 modified]

3.1.505

residual voltage winding

winding of a single-phase capacitor voltage transformer intended, in a set of three single-phase transformers, for connection in broken delta for the purpose of producing a residual voltage under earth-fault conditions.

[IEC 60050-321:1986, 321-03-11]

3.1.506

rated temperature category of a capacitor voltage transformer

range of temperature of the ambient air or of the cooling medium for which the capacitor voltage transformer has been designed

3.1.507

line terminal

terminal intended for connection to a line conductor of a network

[IEC 60050-436:1986, 436-03-01]

3.1.508

ferro-resonance

sustained resonance of a circuit consisting of a capacitance with a non-linear saturable magnetic inductance and a voltage ac-source for excitation

NOTE 501 The ferro-resonance can be initiated by switching operations on the primary side or secondary side.

3.1.509

transient response

measured fidelity of the secondary-voltage waveform, compared with the voltage waveform at the high-voltage terminal under transient conditions

3.1.510

voltage-connected CVT

CVT which has only one connection to the high voltage line

NOTE 501 Under normal conditions the top connection carries only the current of the capacitor voltage transformer.

3.1.511

current-connected CVT

CVT which has two connections to the high voltage line

NOTE 501 The terminals and the top connection are designed to carry the line current under normal conditions.

3.1.512

line trap-connected CVT

CVT which supports a line trap on its top

3.1.513

capacitor

two terminal device characterized essentially by its capacitance

[IEC 60050-151:2001, 151-13-28]

3.1.514

(capacitor) element

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

[IEC 60050-436:1986, 436-01-03]

3.1.515

(capacitor) unit

assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out

[IEC 60050-436:1986, 436-01-04]

NOTE 501 A common type of unit for coupling capacitors has a cylindrical housing of insulating material and metallic flanges which serve as terminals.

3.1.516

(capacitor) stack

an assembly of capacitor units connected in series

[IEC 60050-436:1986, 436-01-05]

NOTE 501 The capacitor units are usually mounted in a vertical array.

3.1.517

capacitor voltage divider

capacitor stack forming an alternating voltage divider

[IEC 60050-436:1986, 436-02-10]

3.1.518

rated capacitance of a capacitor

C_r

the capacitance value for which the capacitor has been designed

NOTE 501 This definition applies:

- for a capacitor unit, to the capacitance between the terminals of the unit;
- for a capacitor stack, to the capacitance between line and low voltage terminals or between line and earth terminals of the stack;
- for a capacitor divider, to the resultant capacitance: $C_r = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$.

3.1.519

coupling capacitor

capacitor used for the transmission of signals in a power system

[IEV 60050-436:1986, 436-02-11]

3.1.520

high voltage capacitor (of a capacitor divider)

C_1
capacitor connected between the high voltage terminal and the intermediate voltage terminal of a capacitor divider

[IEC 60050-436:1986, 436-02-12]

3.1.521

intermediate voltage capacitor (of a capacitor divider)

C_2
capacitor connected between the intermediate voltage and the low voltage terminals of a capacitor divider

[IEC 60050-436:1986, 436-02-13]

3.1.522

intermediate voltage terminal (of a capacitor divider)

terminal intended for connection to an intermediate circuit such as the electromagnetic unit of a capacitor voltage transformer

[IEC 60050-436:1986, 436-03-03]

3.1.523

low voltage terminal of a capacitor divider

terminal intended for connection to earth either directly or via an impedance of negligible value at network frequency.

NOTE 501 in a coupling capacitor, this terminal is connected to the signal transmitting device.

[IEC 60050-436:1986, C 436-03-04]

3.1.524

capacitance tolerance

permissible difference between the actual capacitance and the rated capacitance under specified conditions

[IEC 60050-436:1986, 436-04-01]

3.1.525

equivalent series resistance of a capacitor

virtual resistance which, if connected in series with an ideal capacitor of capacitance value equal to that of the capacitor in question, would have a power loss equal to the active power dissipated in that capacitor under specified operating conditions at a given high frequency

3.1.526

high frequency capacitance (of a capacitor)

effective capacitance at a given frequency resulting from the joint effect of the intrinsic capacitance and the self-inductance of the capacitor

[IEC 60050-436:1986, 436-04-03]

3.1.527

intermediate voltage of a capacitor divider

U_C

voltage between the intermediate voltage terminal of the capacitor divider and the low voltage terminal, when the primary voltage is applied between the high and low voltage terminals or high voltage terminal and earth terminal

3.1.528

voltage ratio (of a capacitor divider)

K_C

ratio of the voltage applied to the capacitor divider to the open-circuit intermediate voltage

[IEC 60050-436:1986, 436-04-05]

NOTE 501 This ratio corresponds to the sum of the capacitances of the high voltage and intermediate voltage capacitors divided by the capacitance of the high voltage capacitor: $(C_1 + C_2) / C_1 = K_C$.

NOTE 502 C_1 and C_2 include the stray capacitances, which are generally negligible.

3.1.529

capacitor losses

active power dissipated in the capacitor

[IEC 60050-436:1986, 436-04-10]

3.1.530

tangent of the loss angle ($\tan\delta$) of a capacitor

ratio between the active power P_a and the reactive power P_r : $\tan\delta = P_a/P_r$

3.1.531

temperature coefficient of capacitance

T_C

fractional change of the capacitance for a given change in temperature:

$$T_C = \frac{\Delta C}{\Delta T \times C_{20^\circ}} \left[\frac{1}{K} \right]$$

ΔC represents the observed change in capacitance over the temperature interval ΔT

C_{20° represents the capacitance measured at 20 °C

NOTE 501 The term $\Delta C/\Delta T$ according to this definition is usable only if the capacitance is an approximate linear function of the temperature in the range under consideration. If not, the temperature dependency of the capacitance should be shown in a graph or a table.

3.1.532

stray capacitance of the low voltage terminal

stray capacitance between the low voltage terminal and the earth terminal

3.1.533

stray conductance of the low voltage terminal

stray conductance between the low voltage terminal and the earth terminal

3.1.534**dielectric of a capacitor**

insulating material between the electrodes

3.1.535**electromagnetic unit**

component of a capacitor voltage transformer, connected between the intermediate voltage terminal and the earth terminal of the capacitor divider (or possibly directly connected to earth when a carrier-frequency coupling device is used) which supplies the secondary voltage

NOTE 501 An electromagnetic unit typically comprises a transformer to reduce the intermediate voltage to the required value of secondary voltage, and a compensating inductance. The reactance $L \cdot (2\pi f_R)$ of the compensating inductance must be approximately equal at rated frequency f_R to the capacitive reactance $1/[2\pi f_R \cdot (C_1 + C_2)]$ of the two parts of the divider connected in parallel. The compensating inductance may be incorporated wholly or partially in the transformer.

3.1.536**intermediate transformer**

voltage transformer in which the secondary voltage, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary voltage

3.1.537**compensating inductance**

L

inductance which is usually connected between the intermediate terminal and the high voltage terminal of the primary winding of the intermediate transformer or between earth terminal and the earth-side terminal of the primary winding of the intermediate transformer or incorporated in the primary and secondary windings of the intermediate transformer

NOTE 501 The design value L of the inductance is:
$$L = \frac{1}{(C_1 + C_2) \times (2\pi f_R)^2}$$

3.1.538**damping device**

device incorporated in the electromagnetic unit for the purposes of:

- a) limiting overvoltages which may appear across one or more components;
- b) and/or to prevent sustained ferro-resonance;
- c) and or to achieve a higher performance of the transient response of the capacitor voltage transformer

3.1.539**carrier-frequency accessories**

circuit element intended to permit the injection of carrier frequency signal and which is connected between the low voltage terminal of a capacitor divider unit and earth, having an impedance which is insignificant at power frequency, but appreciable at the carrier frequency (see Figure 5A.2)

3.1.540**drain coil**

inductance which is connected between the low voltage terminal of a capacitor divider and earth, and whose impedance is insignificant at power frequency, but has a high value at the carrier frequency

3.1.541**voltage limitation element**

element connected across the drain coil or between low voltage terminal of the capacitor voltage divider and earth to limit the transient overvoltages which may appear across the drain coil

NOTE 501 Examples of possible overvoltage causes are:

- a) short circuit between the high-voltage terminal and earth;
- b) in the case where an impulse voltage is applied between the high voltage terminal and earth;
- c) line disconnectors operation.

3.1.542

carrier earthing switch

switch for earthing, when necessary, of the low voltage terminal

3.2 Definitions related to dielectric ratings and voltages

3.2.501

rated primary voltage

U_{Pr}

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

[IEC 60050-321:1986, C321-01-12]

3.2.502

rated secondary voltage

U_{Sr}

value of the secondary voltage which appears in the designation of the voltage transformer and on which its performance is based

[IEC 60050-321:1986, C 321-01-16]

3.2.503

rated voltage factor

F_V

multiplying factor to be applied to the rated primary voltage U_{Pr} to determine the maximum voltage at which a transformer must comply with the relevant thermal requirements for a specified time and with the relevant accuracy requirements

[IEC 60050-321:1986, C 321-03-12]

3.4 Definitions related to accuracy

3.4.3

ratio error

ε

subclause 3.4.3 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional note:

NOTE 501 This definition for steady state conditions is only related to components at rated frequency of both primary and secondary voltages, and does not take into account direct voltage components and residual voltages.

$$\text{voltage error } \varepsilon_U = \frac{k_r \times U_S - U_P}{U_P} \times 100 \text{ [\%]}$$

where:

k_r is the rated transformation ratio,

U_P is the actual primary voltage, and

U_S is the actual secondary voltage when U_P is applied under the conditions of measurement.

3.5 Definitions related to other ratings

3.5.501

thermal limiting output

value of the apparent power in volt-amperes referred to rated voltage which can be taken from a secondary winding, at rated primary voltage applied, without exceeding the limits of temperature rise

3.5.502**rated frequency range**

range of frequency for which the rated accuracy class is applicable

3.7 Index of abbreviations

Subclause 3.7 of IEC 61869-1 is replaced by the following:

IT	Instrument Transformer
CT	Current Transformer
CVT	Capacitive Voltage Transformer
VT	Voltage Transformer
GIS	Gas-Insulated Switchgear
AIS	Air-Insulated Switchgear
PLC	Power Line Carrier
k	actual transformation ratio
k_r	rated transformation ratio
ε	ratio error
$\Delta\phi$	phase displacement
S_r	rated output
U_{sys}	highest voltage for system
U_m	highest voltage for equipment
f_R	rated frequency
F_{rel}	relative leakage rate
C_1	high voltage capacitor (of a capacitive divider)
C_2	intermediate voltage capacitor (of a capacitive divider)
C_r	rated capacitance of a capacitor
F	mechanical load
F_V	rated voltage factor
K_C	voltage ratio (of a capacitive divider)
L	Compensating inductance
$\tan\delta$	tangent of loss angle of a capacitor
T_C	temperature coefficient of capacitance
U_C	intermediate voltage of a capacitive divider
$U_P(t)$	actual primary voltage
U_{Pr}	rated primary voltage
$U_S(t)$	actual secondary voltage
U_{Sr}	rated secondary voltage
ε_U	voltage ratio error

5 Ratings

Clause 5 of IEC 61869-1 is applicable with the following modifications:

NOTE 501 Please note that additional voltage ratings, to be considered together with Subclause 5.2: Highest voltage for equipment, are given in 5.501: Standard values of rated voltages. In future revisions of IEC 61869 the layout of this subclause will be rearranged.

5.3 Rated insulation levels

5.3.3 Other requirements for primary terminals insulation

5.3.3.1 Partial discharges

Subclause 5.3.3.1 of IEC 61869-1 is applicable with the following addition:

Table 3 is applicable also to CVT.

5.3.3.2 Chopped lightning impulse

Subclause 5.3.3.2 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional sentence:

In the case of CVTs, capacitor dividers and capacitor units, this test is a mandatory type test in order to check the design of the internal serial connections of the capacitor elements.

5.3.3.3 Capacitance and dielectric dissipation factor

Subclause 5.3.3.3 of IEC 61869-1 is applicable with the following subclauses:

5.3.3.3.501 Capacitance at power frequency

The capacitance C of a unit, a stack and a capacitor voltage divider, measured at U_{Pr} and ambient temperature, shall not differ from the rated capacitance by more than -5% to $+10\%$. The ratio of the capacitances of any two units forming part of a capacitor stack shall not differ by more than 5% from the reciprocal ratio of the rated voltages of the units.

5.3.3.3.502 Dielectric dissipation factor of the capacitor at power frequency

Acceptable values of dissipation factor, expressed as $\tan\delta$ measured at U_{Pr} are as follows:

- Paper: $\leq 5 \times 10^{-3}$
- Mixed: film-paper-film and paper-film-paper $\leq 2 \times 10^{-3}$
- Film: $\leq 1 \times 10^{-3}$

NOTE 501 $\tan\delta$ values are for dielectrics which are impregnated with mineral or synthetic oil and at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (293 K).

5.3.3.501 Low voltage terminal of the capacitor voltage divider

Capacitor voltage dividers with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

5.3.3.502 Low voltage terminal exposed to weather

If the low voltage terminal is exposed to the weather, it shall be subjected for 1 min to an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value) between the low-voltage and earth terminals.

- During this test the electromagnetic unit is not disconnected.

NOTE 501 The test voltages are applicable to capacitor voltage transformers with and without carrier-frequency accessories with overvoltage protection.

- If a protection gap between the low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.

- If the test voltage is too low for the insulation coordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

5.3.5 Insulation requirements for secondary terminals

5.3.501 Electromagnetic unit insulation requirements

- a) The rated lightning impulse withstand voltage of the electromagnetic unit shall be equal to the:

$$\text{test impulse voltage of the CVT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (peak)}$$

- b) The rated short-duration power-frequency withstand voltage of the electromagnetic unit shall be equal to:

$$U_{Pr} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}$$

NOTE 501 The tests a) can be performed on a complete capacitor voltage transformer.

NOTE 502 For the test b) the electromagnetic unit may be disconnected from the capacitor divider.

NOTE 503 The factor 3,3 is fixed for all U_m values and covers the worst case. (The factor

$$3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} \approx \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}} \text{ is the correlation factor between a.c. test voltage and } U_m).$$

5.4 Rated frequency

Subclause 5.4 of IEC 61869-1 is applicable with the following additions:

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

For protective accuracy classes, the rated frequency range is from 96 % to 102 % of the rated frequency.

5.5 Rated output

5.5.501 Rated output values

The preferred values of rated output at a power factor of 1, expressed in volt-amperes, are:

$$1,0 - 2,5 - 5,0 - 10 \text{ VA (burden range I)}$$

where the accuracy is specified from 0 % to 100 % of the rated burden.

The preferred values of rated output at a power factor of 0,8 lagging, expressed in volt-amperes, are:

$$10 - 25 - 50 - 100 \text{ VA (burden range II)}$$

where the accuracy is specified from 25 % to 100 % of the rated burden.

NOTE 501 For a given transformer, provided one of the values of rated output is standard and associated with a standard accuracy class, the declaration of other rated outputs, which may be non-standard values but associated with other standard classes, is not precluded.

5.5.502 Rated thermal limiting output

The rated thermal limiting output shall be specified in volt-amperes; the preferred values are

25 - 50 - 100 VA

and their decimal multiples, related to the rated secondary voltage with unity power factor.

NOTE 501 In this condition the limits of error may be exceeded.

NOTE 502 In the case of more than one secondary winding, the thermal limiting output is to be given separately for each winding.

NOTE 503 The rated thermal limiting output is specified and tested on a single winding, with the other winding(s) open; therefore when making use of thermal limiting output ratings, the simultaneous use of more than one winding should be carefully considered and/or agreed with the manufacturer. See also 7.2.2.501.

5.5.503 Rated output values for residual voltage windings

The rated output of windings intended to be connected in broken delta with similar windings to produce a residual voltage shall be specified in voltamperes and the value shall be chosen from the values specified in 5.5.501.

5.5.504 Rated thermal limiting output for residual voltage windings

For residual voltage windings, the rated thermal output should be referred to a duration of 8 h at the rated voltage factor.

NOTE 501 Since the residual voltage windings are connected in broken delta, these windings are only loaded under fault conditions.

5.6 Rated accuracy class

5.6.501 Accuracy requirements for measuring capacitor voltage transformer

5.6.501.1 Accuracy class designation

For measuring capacitor voltage transformers, the accuracy class is designated by the highest permissible percentage voltage error at rated voltage and with rated burden, prescribed for the accuracy class concerned.

5.6.501.2 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for single-phase metering capacitor voltage transformers are:

0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0

5.6.501.3 Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in Table 501 (see also Figure 501) for the appropriate accuracy class at any value of temperature and frequency within the reference ranges and with burdens from 0 % to 100 % of rated value for rated burden range I or with burdens from 25 % to 100 % of rated value for rated burden range II. The errors shall be determined at the terminals of the capacitor voltage transformer and shall include the effects of any fuses or resistors, when provided as an integral part of the CVT.

For transformers with tapings on the secondary winding, the accuracy requirements refer to the highest transformation ratio, unless otherwise specified.

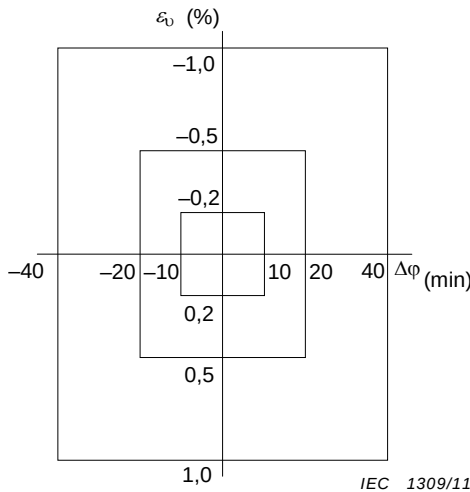
**Table 501 – Limits of voltage error and phase displacement
for measuring capacitor voltage transformers**

Accuracy class	Voltage (ratio) error ε_u ± %	Phase displacement $\Delta\phi$	
		± Minutes	± Centiradians
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Not specified	Not specified

NOTE 501 The input burden of a compensated bridge is very low (≈ 0) (i.e. the input impedance is very high).

NOTE 502 The power factor of the rated burden is in accordance with 5.5.

NOTE 503 For CVT's having two or more secondary windings if one of the windings is loaded only occasionally for short periods or only used as a residual voltage winding, its effect upon other windings may be neglected.



**Figure 501 – Error diagram of a capacitor voltage transformer
for accuracy classes 0,2, 0,5 and 1,0**

5.6.502 Accuracy requirements for protective capacitor voltage transformers

5.6.502.1 Accuracy class designation

The accuracy class for a protective capacitor voltage transformer is designated by the highest permissible percentage voltage error prescribed for the accuracy class concerned, from 5 % of rated voltage to a voltage corresponding to the rated voltage factor (see 5.3.503). This expression is followed by the letter "P" (see Table 502).

In 6.503.3 three additional classes for transient performance are introduced: T1, T2 and T3. This designation shall follow the designation of the accuracy class. Class 3PT1, for example, incorporates the performance of accuracy class 3P and transient performance class T1 (see Table 507).

5.6.502.2 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for protective capacitor voltage transformers are "3P" and "6P".

5.6.502.3 Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in Table 502 for the appropriate accuracy class at 2 % and 5 % rated voltage and rated voltage multiplied by the rated voltage factor (1,2, 1,5 or 1,9), and at any value of temperature and frequency within the reference ranges and with burdens from 0 % to 100 % of rated value for burden range I or with burdens from 25 % to 100 % of rated value for burden range II.

NOTE 501 The power factor of rated burden is in accordance with 5.5.

NOTE 502 Where transformers have different error limits at 5 % of rated voltage and at the upper voltage limit (i.e. voltage corresponding to rated voltage factor 1,2, 1,5, 1,9), agreement should be made between manufacturer and purchaser.

**Table 502 – Limits of voltage error and phase displacement
for protective capacitor voltage transformers**

Protection classes	% of rated voltage											
	2	5	100	X	2	5	100	X	2	5	100	X
	Voltage (ratio) error ε_u ± %				Phase displacement, $\Delta\phi$ ± Minutes				Phase displacement, $\Delta\phi$ ± Centiradians			
3P	6,0	3,0	3,0	3,0	240	120	120	120	7,0	3,5	3,5	3,5
6P	12,0	6,0	6,0	6,0	480	240	240	240	14,0	7,0	7,0	7,0

NOTE $X = F_V \cdot 100$ (rated voltage factor multiplied by 100).

5.6.502.4 Accuracy class for secondary windings of protective CVT intended to produce residual voltage

The accuracy class for a residual voltage winding shall be 3P or 6P as defined in 5.6.502.3.

5.501 Standard values of rated voltages

5.501.1 Rated primary voltages U_{Pr}

The standard values of rated primary voltage of a capacitor voltage transformer connected between one line of a three-phase system and earth or between a system neutral point and earth shall be $1/\sqrt{3}$ times the values of rated system voltage.

Preferred values are given in IEC 60038.

NOTE 501 The performance of a capacitor voltage transformer as a measuring or protection transformer is based on the rated primary voltage U_{Pr} whereas the rated insulation level is based on one of the highest voltages for equipment U_m of IEC 60071-1.

5.501.2 Rated secondary voltages U_{Sr}

The rated secondary voltage U_{Sr} shall be chosen according to the practice at the location where the transformer is to be used. The values given below are considered standard values for capacitor voltage transformers connected between one phase and earth in three-phase systems.

- 1) $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V and $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V;
- 2) Based on the current practice in some countries:

$$\frac{115}{\sqrt{3}} \text{ V for transmission systems.}$$

5.501.3 Rated voltages for secondary winding intended to produce a residual voltage

Rated secondary voltages of windings intended to be connected in broken delta with similar windings to produce a residual voltage are given in Table 503.

Table 503 – Rated secondary voltages for capacitor voltage transformers to produce a residual voltage

Preferred values V		Alternative values (non-preferred) V
100	110	200
$\frac{100}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{200}{\sqrt{3}}$
$\frac{100}{3}$	$\frac{110}{3}$	$\frac{200}{3}$

NOTE Where system conditions are such that the preferred values of rated secondary voltages would produce a residual voltage that is too low, the non-preferred values may be used, but attention is drawn to the need to take precautions for the purpose of safety.

5.501.4 Standard values of rated voltage factor

The voltage factor is determined by the maximum operating voltage which, in turn, is dependent on the system earthing conditions.

The standard voltage factors appropriate to the different earthing conditions are given in Table 504, together with the permissible duration of maximum operating voltage (i.e. rated time).

Table 504 – Standard values of rated voltage factors for accuracy and thermal requirements

Rated voltage factor F_V	Rated time	Method of connecting the primary terminal and system earthing conditions
1,2	Continuous	Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (see 3.2.7a of IEC 61869-1)
1,5	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (see 3.2.7b of IEC 61869-1) with automatic earth-fault tripping.
1,9	30 s	
1,2	Continuous	Between phase and earth in an isolated neutral system (see 3.2.4 of IEC 61869-1) without automatic earth-fault tripping or in a resonant earthed system (see 3.2.5 of IEC 61869-1) without automatic earth-fault tripping.
1,9	8 h	

NOTE 1 Reduced rated times are permissible by agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 The thermal and accuracy requirements of a capacitor voltage transformer are based on the primary rated voltage whereas the rated insulation level is based on the highest voltage for equipment U_m (IEC 60071-1).

NOTE 3 The maximum operating voltage of a capacitor voltage transformer must be lower or equal to the highest voltage of equipment $U_m/\sqrt{3}$ or the rated primary voltage U_{Pr} multiplied with the rated voltage factor 1,2 for continuous service, whichever is the lowest.

6 Design and construction

Clause 6 of IEC 61869-1 is applicable with the following modifications:

6.1 Requirements for liquids used in equipment

6.1.4 Liquid tightness

6.1.4.501 Tightness of capacitor voltage divider

A capacitor unit or the complete assembled capacitor voltage divider shall be tight in the full temperature range specified for the applicable temperature category.

6.1.4.502 Tightness of electromagnetic unit

The electromagnetic unit shall be tight in the full temperature range specified for the applicable temperature category.

6.7 Mechanical requirements

IEC 61869-1 is applicable with the following additional notes:

NOTE 501 This requirement does not apply to suspended capacitor voltage transformers.

NOTE 502 The suspension system of a capacitor voltage transformer or of a capacitor divider should be so designed to withstand a tensile stress of at least the mass in kilograms of a capacitor voltage transformer or of a capacitor divider, with a safety factor of 2,5, multiplied by 9,81 to get the corresponding force in Newtons.

NOTE 503 If the capacitor voltage transformer is used to support a line trap, other test loads should be agreed between manufacturer and purchaser.

6.8 Multiple chopped impulse on primary terminals

This subclause is not applicable for capacitor voltage transformers.

6.9 Internal arc fault protection requirements

This subclause is not applicable for capacitor voltage transformers.

6.13 Markings

Subclause 6.13 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional text and subclauses:

The following information shall be given on the rating plate of each capacitor unit:

- 1) manufacturer;
- 2) serial number and year of manufacture;
- 3) rated capacitance C_r in picofarads.

6.13.501 Terminal markings

Terminal markings shall be in accordance with Figures 502, 503, 504 and 505.

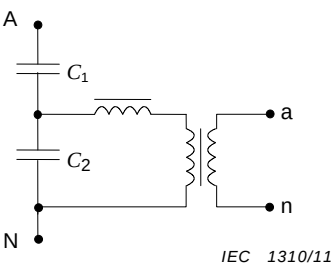


Figure 502 – Capacitor voltage transformer with a single secondary

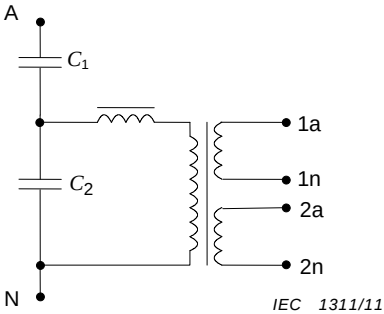


Figure 503 – Capacitor voltage transformer with two secondaries

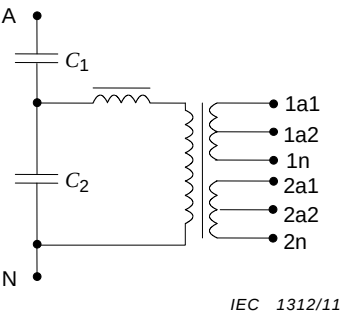


Figure 504 – Capacitor voltage transformer with two tapped secondaries

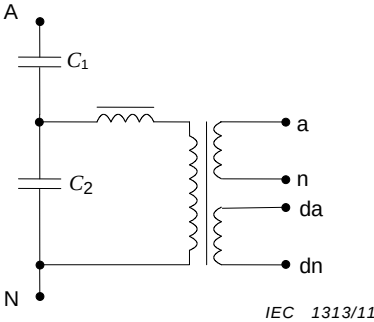


Figure 505– Capacitor voltage transformer with one residual voltage winding and a single secondary

6.13.502 Rating plate markings

See Table 505 for rating plate markings.

Table 505 – Marking of the rating plate

No.	Rating	Abbreviation	M-CVT	(M + P)-CVT	Clause/subclause
1	Manufacturer's name or abbreviation		X	X	6.13 (a) of IEC 61869-1
2	Indication: capacitor voltage transformer		X	X	6.13 (b) of IEC 61869-1
3	Type, designation		X	X	6.13 (b) of IEC 61869-1
4	Year of manufacture		X	X	6.13 (b) of IEC 61869-1
5	Serial number		X	X	6.13 (b) of IEC 61869-1
6	Highest voltage for equipment	U_m [kV]	X	X	6.13 (d) of IEC 61869-1
7	Rated level based on insulation SIL /BIL /AC e.g. $U_m < 300$ kV $U_m > 300$ kV		X	X	6.13 (e) of IEC 61869-1

No.	Rating	Abbreviation	M-CVT	(M + P)-CVT	Clause/subclause
8	Rated frequency	$f_R [Hz]$	X	X	5.4
9	Rated voltage factor continuous time of operation short time of operation	F_V	X X	X X	5.3.503
10	Rated capacitance of the capacitor divider	$C_r [pF]$	X	X	3.1.518
11	Rated capacitance of the high voltage capacitor	$C_1 [pF]$	X	X	3.1.518
12	Rated capacitance of the intermediate voltage capacitor	$C_2 [pF]$	X	X	3.1.518
13	Number of capacitor units		X	X	3.1.515
14	Serial number of capacitor units		X	X	6.13 (b) of IEC 61869-1
15	Ambient temperature categories		X	X	6.13 (f) of IEC 61869-1
16	Capacitor divider: insulation oil (mineral or synthetic oil)	Type Mass [kg]	X	X	
17	Electromagnetic unit: insulation oil (mineral or synthetic oil)	Type Mass [kg]	X	X	
18	Mass of complete CVT	[kg]	X	X	6.13 (g) of IEC 61869-1
19	Standard edition (year)	IEC 61869-5 (200X)	X	X	-
20	Current I: connection A1- A2	$I [A]$ $A_1 - A_2$	X	X	3.1.511
21	Rated primary voltage and terminals identification	A – N $U_{Pr} (V)$	X	X	3.2.501 6.13.501
22	Indication of each secondary Winding terminal	1a – 1n 2a – 2n 3a – 3n	X	X	6.13.501
23	Voltage of each secondary winding	$U_{Sr} (V)$	X	X	5.3.502.2
24	Values of rated output	VA	X	X	5.5.501
25	Accuracy class	M	X		5.6.501.2
26	Accuracy class	M P	X	X	5.6.501.2 5.6.502.2
27	Maximum simultaneous output for windings of a complete CVT regarding the accuracy class	VA M	X		5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
		VA M		X	5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
28	Thermal limiting output	VA	X	X	5.5.502
29	Transient response classes			X	6.503.3

No.	Rating	Abbreviation	M-CVT	(M + P)-CVT	Clause/subclause
30	Carrier-frequency accessories Drain coil Voltage limitation device BIL 1,2 / 50 μ s	mH kV	X X	X X	6.504.2 6.504.3
NOTE 1 Meaning of abbreviations: M for measuring P for protection (M + P) for measuring and protection BIL: Basic impulse insulation level (ref. to 5.2 Table 2, column 3 of IEC 61869-1) SIL: Switching impulse level (ref. to 5.2 Table 2, column 4 of IEC 61869-1) NOTE 2 The items concerning the carrier frequency accessories may appear in an additional plate.					

For voltage transformers belonging to burden range I, this rating shall be indicated immediately before the burden indication (for example, 0 VA-10 VA class 0,2).

6.501 Short circuit withstand capability

The capacitor voltage transformer shall be designed and constructed to withstand without damage, when energized at rated voltage, the mechanical, electrical and thermal effects of an external short-circuit at the secondary winding(s) for the duration of 1 s.

6.502 Ferro-resonance

6.502.1 General

The capacitor voltage transformer shall be designed and constructed to prevent sustained ferro-resonance oscillations.

6.502.2 Transients of ferro-resonance oscillations

The transient of the ferro-resonance oscillation is defined by the following formula:

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_S \times T_F - \frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}}{\frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}} = \frac{k_r \times \hat{U}_S \times T_F - \sqrt{2} \times U_P}{\sqrt{2} \times U_P}$$

Maximum instantaneous error $\hat{\varepsilon}_F$ after duration time T_F

where

$\hat{\varepsilon}_F$ is the maximum instantaneous error

$\hat{U}_S$ is the secondary voltage (peak)

U_P is the primary voltage (r.m.s.)

U_{Pr} is the rated primary voltage (r.m.s.)

k_r is the transformation ratio

T_F is the duration of ferro-resonance

At any voltage below $F_V \cdot U_{Pr}$ and at any burden between 0 and rated burden, after inception of the ferro-resonance of the CVT by switching operations or transients on the primary or secondary terminals, the ferro-resonance oscillations shall not be sustained. The maximum instantaneous error $\hat{\varepsilon}_F$ after specified duration T_F is given in Tables 506a and 506b:

a) Effectively earthed neutral system (see IEC 61869-1 clause 4.4)

Table 506a – Ferro-resonance requirements

Primary voltage U_p (r.m.s.)	Ferro-resonance oscillation duration T_F s	Error $\hat{\varepsilon}_F$ after duration T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

- b) Non-effectively earthed neutral system or isolated neutral system (see IEC 61869-1, Subclause 4.4)

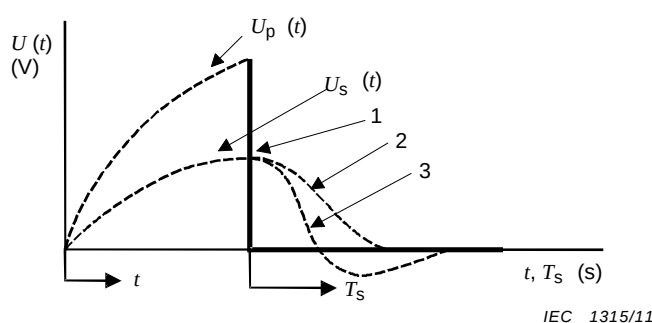
Table 506b – Ferro-resonance requirements

Primary voltage U_p (r.m.s.)	Ferro-resonance oscillation duration T_F s	Error $\hat{\varepsilon}_F$ after duration T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,9 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

6.503 Transient response

6.503.1 General

The characteristic of the transient response is given by the ratio of the secondary voltage $U_S(t)$ at a specified time T_S after application of the primary short circuit to the peak value of the secondary voltage $F_V \times \sqrt{2} \times U_{Sr}$ before the application of the primary short circuit. The secondary voltage $U_S = U_S(t)$ after a short circuit of the primary voltage $U_P = U_P(t)$ can be represented as follows:



Key

- 1 Short circuit of $U_p(t)$
- 2 Aperiodic damping of $U_s(t)$
- 3 Periodic damping of $U_s(t)$

Figure 507 – Transient response of a capacitor voltage transformer

6.503.2 Requirements for transient response

Following a short circuit of the supply between the high-voltage terminal A and the low voltage terminal N connected to earth, the secondary voltage of a capacitor voltage transformer shall decay within a specified time T_S to a specified value of the peak voltage before application of the short circuit (see Figure 507).

6.503.3 Standard transient response classes

The transient response classes are defined in Table 507.

The type test for the transient response has to be made in accordance with 7.2.504.

Table 507 – Standard transient response values and classes

Time T_S s	Ratio $\frac{ U_S(t) }{\sqrt{2} \times U_S} \times 100\%$		
	Classes		
	3PT1 6PT1	3PT2 6PT2	3PT3 6PT3
10×10^{-3}	-	≤ 25	≤ 4
20×10^{-3}	≤ 10	≤ 10	≤ 2
40×10^{-3}	< 10	≤ 2	≤ 2
60×10^{-3}	< 10	$\leq 0,6$	≤ 2
90×10^{-3}	< 10	$\leq 0,2$	≤ 2
NOTE 1 For a specified class the transient response of the secondary voltage $U_S(t)$ can be aperiodic or periodic damped and a reliable damping device can be used.			
NOTE 2 Capacitor voltage transformer, for transient response classes 3PT3 and 6PT3, needs the use of a damping device.			
NOTE 3 Other values of the ratio and the time T_S can be agreed between manufacturer and purchaser.			
NOTE 4 The choice of transient response class depends on characteristics of the specified protection relays.			

If a damping device is used, the proof of the reliability of this device should be part of an agreement between manufacturer and purchaser.

6.504 Requirements for carrier – frequency accessories

6.504.1 General

The carrier-frequency accessories, comprising a drain coil and a protective device, shall be connected between the low voltage terminal of the capacitor voltage divider and the earth terminal. The connections are typically as shown in Figure 5A.2.

When a carrier-frequency accessory is connected by the manufacturer into the earth lead of the intermediate voltage capacitor, the accuracy of the capacitor voltage transformer shall remain within the specified accuracy class (see Figure 5A.2).

The requirements for the complete coupling device are specified in IEC 60481.

6.504.2 Drain coil

The drain coil shall be so designed that:

- the impedance at power frequency between the primary and earth terminals of the coupling device should be as low as possible and in no case exceeds 20Ω ;
- the current-carrying capability at power frequency is as follows:
 - continuous operation: 1 A r.m.s.,
 - short-time current: 50 A r.m.s. for 0,2 s;
- the drain coil shall be able to withstand a $1,2/50 \mu s$ impulse voltage whose peak value is twice the value of the impulse spark voltage of the voltage limitation device.

6.504.3 Voltage limitation device

The voltage limitation device may be a spark-gap or any other kind of arrester having a power frequency spark voltage U_{SP} greater than 10 times the maximum AC voltage across the drain coil during rated operating conditions.

The voltage U_{SP} is given by the following formula:

$$U_{SP} \geq 10 \times F_V \times \frac{U_m}{\sqrt{3}} \times (2\pi f_R)^2 \times C_N \times L_D$$

where L_D = value of the drain coil in henry.

NOTE 501 Example of an insulation level:

a) Power-frequency withstand voltage:

- air-gap arrester: 2 kV r.m.s.;
- non-linear arrester with spark-gap: rated voltage: approx. 1 kV r.m.s.

b) Impulse withstand voltage:

- air-gap arrester and non-linear arrester with spark-gap: at test impulse voltage of about 4 kV with a wave shape 8/20 μ s the arrester should be able to sustain a peak current of at least 5 kA.

NOTE 502 Only air gap arrester or non-linear arrester with spark-gap is suitable for this application.

7 Tests

7.1 General

7.1.2 List of tests

Replace Table 10 of IEC 61869-1 with the following:

Table 10 – List of tests

Tests	Subclause
Type tests	7.2
Temperature-rise test	7.2.2
Chopped impulse test	7.4.1
Impulse voltage test on primary terminals	7.2.3
Wet test for outdoor type transformers	7.2.4
Electromagnetic Compatibility tests	7.2.5
Test for accuracy	7.2.6
Verification of the degree of protection by enclosures	6.10
Enclosure tightness test at ambient temperature	7.2.8
Pressure test for the enclosure	7.2.9
Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power frequency	7.2.501
Short circuit withstand capability test	7.2.502
Ferro-resonance test	7.2.503
Transient response test (for protective capacitive transformers)	7.2.504
Type tests for carrier frequency accessories	7.2.505
Routine tests	7.3
Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals	7.3.1
Partial discharge measurement	7.3.2
Power-frequency voltage withstand tests between sections	7.3.3
Power-frequency voltage withstand tests on secondary terminals	7.3.4
Test for accuracy	7.3.5
Verification of markings	7.3.6
Enclosure tightness test at ambient temperature	7.3.7
Pressure test for the enclosure	7.3.8
Ferro-resonance check	7.3.501
Routine tests for carrier frequency accessories	7.3.502
Special tests	7.4
Transmitted overvoltage test	7.4.4
Mechanical tests	7.4.5
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
Determination of the temperature coefficient (T_C)	7.4.501
Tightness design test of capacitor units	7.4.502
Sample tests	7.5

7.1.3 Sequence of tests

Replace Subclause 7.1.3 of IEC 61869-1 with the following text:

Test sequence considering one or two equipments:

Flow chart test sequence shall be considered mandatory (see Figures 508a and 508b).

NOTE 501 Small modification of the test sequence may be agreed between manufacturer and purchaser.

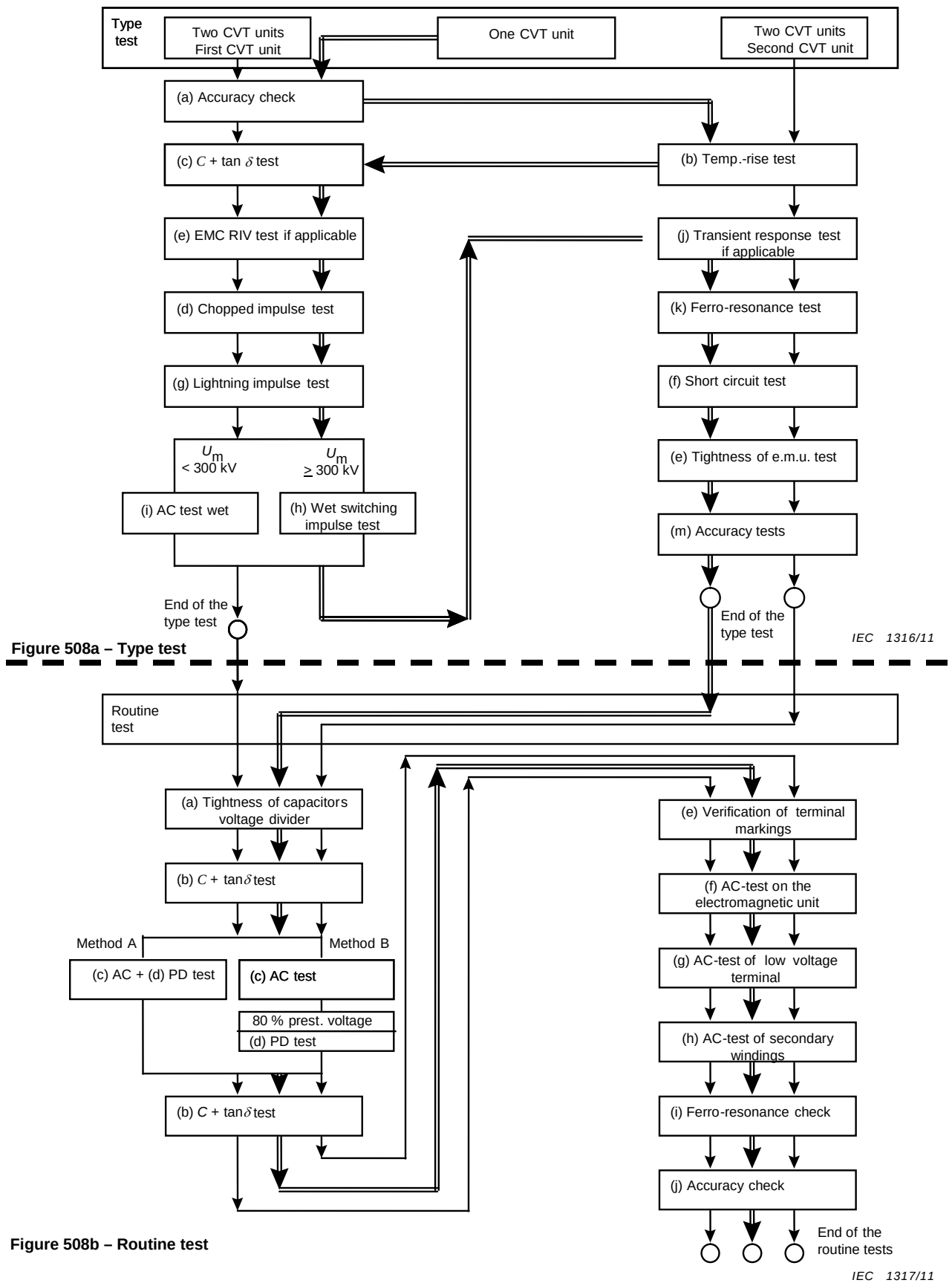


Figure 508 – Flow charts test sequence to be applied when performing type test (Figure 508a) and routine test (Figure 508b)

Repeated power frequency tests shall be performed at 80 % of the specified test voltage. The type tests can be carried out on one or two capacitor voltage transformers according to the sequence of the flow chart given in Figure 508.

7.2 Type tests

7.2.2 Temperature-rise test

Clause 7.2.2 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional subclauses:

7.2.2.501 Temperature-rise test on secondary windings of CVT for measuring or protection

The test can be performed on the complete capacitor voltage transformer or on the electromagnetic unit alone. When performed on the complete capacitor voltage transformer, the primary voltage U_P shall be adjusted in accordance with Table 2 of IEC 61869-1:

When performed on the electromagnetic unit the intermediate transformer shall be adjusted in such a way to have a secondary voltage $U_S(t)$ in accordance with Table 508.

The temperature-rise test shall be performed with the rated burden or with the highest rated burden, if there are several rated burdens (see 5.5). The temperature shall be recorded.

When there is more than one secondary winding, the test shall be made with the appropriate rated burden connected to each secondary winding simultaneously, unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

The residual voltage winding shall be loaded in accordance with 5.5.502.

The test site ambient temperature shall be between 10 °C and 30 °C.

The capacitor voltage transformers or the electromagnetic unit alone shall be tested in accordance with item a), b) or c) below, as appropriate.

- a) All voltage transformers irrespective of voltage factor and time rating shall be tested at 1,2 times the rated primary voltage.

If a thermal limiting output is specified, the transformer shall be tested at rated primary voltage, at a burden corresponding to the thermal limiting output at a unity power factor without loading the residual voltage winding.

If a thermal limiting output is specified for more than one secondary windings, the transformer shall be tested separately with each of these windings connected, one at a time, to a burden corresponding to the relevant thermal limiting output at a unity power factor.

The test shall be continued until the temperature of the transformer has reached a steady state.

- b) Transformers having a voltage factor of 1,5 for 30 s or 1,9 for 30 s shall be tested at their respective voltage factor for 30 s starting after the application of 1,2 times rated voltage for a time sufficient to reach stable thermal conditions; the temperature rise shall not exceed by more than 10 K the value specified in Table 5 of IEC 61869-1.

Alternatively, such transformers may be tested at their respective voltage factor for 30 s starting from the cold condition; the winding temperature rise shall not exceed 10 K.

NOTE This test may be omitted if it can be shown by other means that the transformer is satisfactory under these conditions.

- c) Transformers having a voltage factor of 1,9 for 8 h shall be tested at 1,9 times the rated voltage for 8 h starting after the application of 1,2 times rated voltage for a time sufficient to reach stable thermal conditions; the temperature rise shall not exceed by more than 10 K the values specified in Table 5 of IEC 61869-1.

The electromagnetic unit can be considered to be in steady state conditions when the rate of temperature rise does not exceed 1 K per hour. The temperature rise of the windings shall be determined by the resistance variation method.

The ambient temperature can be measured by thermometers or thermocouples immersed in temperature insulation material, so that the system has a thermal time constant of the same order of the electromagnetic unit alone.

Table 508 – Test voltage for temperature rise test

Burden	Rated burden						Thermal limiting output from a secondary winding	
Voltage factor & fault duration time	$F_V = 1.2$ continuous		$F_V = 1.5$ or 1.9 30 s		$F_V = 1.9$ 8 h		-	-
Configuration of test	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer	Electro-magnetic unit	Complete capacitor voltage transformer
Test voltage till temperature rise is below 1 K/h.	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_C = \frac{U_{Pr}}{K_C}$	$U_P = U_{Pr}$
Test voltage for fault duration time	–	–	$U_S = \frac{F_V \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = F_V \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,9 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,9 \times U_{Pr}$	–	–
Additional test if a thermal limiting output is specified								

7.2.2.502 Temperature-rise test on secondary windings of CVT for residual voltage

If one of the secondary windings is used as a residual voltage winding, a test shall be made in accordance with 7.2.2.501, after test described in procedure a).

During the preconditioning test with primary voltage $1,2 \cdot U_{Pr}$, the residual voltage winding is unloaded.

During the test, at 1,9 times the rated primary voltage for 8 h, the residual voltage winding shall be loaded with the burden corresponding to the rated thermal limiting output (see 5.5.502), while the other windings are loaded with their rated burden.

If for other secondary windings a thermal limiting output is specified, an additional test shall be made in accordance with 7.2.2.501 at primary voltage $1,2 \cdot U_{Pr}$ without loading the residual voltage winding.

NOTE 501 The voltage measurement is performed on the primary winding, as the actual secondary voltage may be appreciably smaller than the rated secondary voltage multiplied by the voltage factor.

7.2.3 Impulse voltage withstand test on primary terminals

7.2.3.1 General

Clause 7.2.3.1 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional requirements:

The earthed terminal the primary winding or the non-tested line terminal, at least of each secondary winding, the frame, case (if any) and core (if intended to be earthed) shall be earthed during the test.

The waveform of the applied impulses shall be in accordance with IEC 60060-1, but the front time may be increased to a maximum of 8 μ s, owing to the limitations of the testing equipment.

A failure of the capacitor voltage transformer will be detected during the final routine test.

The earth connections may be made through suitable current recording devices.

For this test, overvoltage limitation elements shall be disconnected.

7.2.3.3 Switching impulse voltage test

7.2.3.3.1 General

Clause 7.2.3.3.1 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional sentence:

The test shall be performed on a complete CVT. Test voltages are given in Table 2.

7.2.4 Wet test for outdoor type transformers

Clause 7.2.4 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional text:

During the wet AC test the damping and protective devices shall be disconnected. If the intermediate connection between the electromagnetic unit and the capacitor divider is an indoor type, the electromagnetic unit can be disconnected. If the intermediate connection between the electromagnetic unit and the capacitor divider is an outdoor type, the electromagnetic unit can be disconnected but then it shall be wet tested separately with the AC voltage and duration as specified in 7.3.1.504.

7.2.6 Test for accuracy

7.2.6.501 General

The tests shall be made at rated frequency, at room temperature and at both extreme temperatures on a complete capacitor voltage transformer.

The equivalent circuit can be used for class ≥ 1 .

For classes 0,5 and 0,2, the use of the equivalent circuit, or a calculation of the influence of temperature shall be agreed upon between user and manufacturer.

NOTE 501 Tests at extreme temperatures on a complete capacitor voltage transformer are more severe than tests on the equivalent circuit or than a calculation of the temperature influence, but are very difficult to perform and are expensive. Tests on a complete capacitor voltage transformer also give the best possible indication concerning the measuring errors which may appear in service because of the changes in ambient temperature.

If the equivalent circuit is used, two measurements under identical conditions of voltage, burden, frequency and temperature – within the standard reference range – have to be carried out: once on the complete apparatus and once with the equivalent circuit.

The difference between the results of these two measurements shall not exceed 20 % of the accuracy class (for instance 0,1 % and 4 min for accuracy class 0,5). It shall be taken into account by adding a margin of 20 %, when determining the errors of the complete capacitor voltage transformer at the limits of temperature and frequency.

Provided the temperature characteristics of the capacitor divider are known over the reference range of temperature, the errors at extreme values of temperature may be determined by calculations based on the measured results at one temperature and the temperature coefficient of the capacitor divider. Alternatively, a measurement at room temperature only may be performed on the equivalent circuit if the equivalent capacitance – e.g. a capacitor

made especially for this purpose – is adapted to the capacitance values corresponding to the temperature extreme values, taking into account the temperature coefficient of the actual capacitor divider.

Tests at a constant value of temperature shall be made at the extreme values of frequency.

The actual values of test frequency and test temperature shall be part of the test report.

NOTE 502 The tests show the influence of burden, voltage and frequency as well as of temperature on the equivalent capacitance $C_1 + C_2$ on the value of error. Attention should be paid to the fact that the temperature effect on the inductive reactance and on the winding resistances of the electromagnetic unit can be determined only if the actual electromagnetic unit is subjected to the extreme temperatures. As a supplementary indication concerning changes in the capacitor divider ratio caused by temperature, it is recommended to measure the voltage errors and phase displacements before and immediately after – or during – the temperature-rise test of 7.2.2 performed as a direct test on the capacitor voltage transformer. In this case, the measurement as well as the temperature-rise test cannot be performed on the equivalent circuit or on the electromagnetic unit alone.

NOTE 503 Present day service experience has shown that capacitor voltage transformers may be used satisfactorily in the accuracy class 0,5. Sudden changes in temperature, particular weather and pollution conditions, stray capacitance and leakage currents may affect voltage errors and phase displacements. These influences, that can be evaluated only by theoretical considerations, are mostly important for capacitor voltage transformers of higher accuracy classes.

7.2.6.502 Type tests for accuracy of measuring CVT

To prove compliance with 7.3.5.501 and 5.6.501, type tests shall be made at 80 %, 100 % and 120 % of rated voltage, at standard reference range of frequency values for measuring and with values in accordance with Table 509 at a power factor of 1 (range I) or at a power factor of 0,8 lagging (range II) on a complete capacitor voltage transformer and at the upper and lower limits of rated outputs.

Table 509– Burden ranges for accuracy tests

Burden range	Preferred values of rated output VA	Test values of rated output %
I	1,0 2,5 5 10	0 and 100
II	10 25 50 100	25 and 100

7.2.6.503 Type tests for accuracy of protective CVT

To prove compliance with 5.6.502.3, type tests shall be made at 2 %, 5 % and 100 % of rated voltage and at rated voltage multiplied by the rated voltage factor (1,2, 1,5 or 1,9) at the two extreme values of the standard reference range of frequency for protection and with values of rated output in accordance with Table 509 at a power factor of 1 (range I) or at a power factor of 0,8 (range II) lagging on a complete capacitor voltage transformer.

A residual voltage winding is unloaded during the tests with voltages up to 100 % rated voltage and loaded with rated burden during the test with a voltage equal to rated voltage multiplied by the rated voltage factor.

7.2.6.504 Type tests for accuracy of measuring and protective CVTs

To prove compliance with 7.3.5.501 type tests shall be made simultaneously on all metering and protection windings as specified in 7.2.6.502 and 7.2.6.503.

Ordering transformers having two or more secondary windings, because of their interdependence, the user should specify output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the

other winding(s) have an output of any value of its output range between 0 % and 100 %. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be in accordance with Table 509.

7.2.8 Enclosure tightness test at ambient temperature

7.2.8.501 Tightness test of a liquid-filled electromagnetic unit

The tightness test shall be a type test on the electromagnetic unit assembled as for normal service, filled with the liquid specified. A minimum pressure of $(0,5 \pm 0,1) \cdot 10^5$ Pa above the maximum operating pressure shall be maintained during 8 h inside the e.m.u. The e.m.u. shall be considered to have successfully passed the test if there is no evidence of leakage.

7.2.501 Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency

7.2.501.1 Capacitance measurement

The test may be carried out on the capacitor voltage divider, or on a capacitor stack or on separate units. During this test the electromagnetic unit shall be disconnected.

The capacitance shall be measured using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The uncertainty of the measuring method shall be indicated in the test report.

The final capacitance measurement shall be carried out at $U_{pr} \pm 10\%$ after the dielectric type and/or routine tests. The measurement shall be carried out at rated frequency or by agreement between 0,8 and 1,2 times of rated frequency.

In order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements, a preliminary capacitance measurement shall be made before the dielectric type and/or routine tests, at a sufficiently low voltage (less than 15 % of rated voltage) to ensure that no puncture of an element will occur.

NOTE 501 When there is an intermediate voltage terminal which is still accessible when the capacitor voltage transformer is completely assembled the following should be measured:

- a) the capacitance between line and low voltage terminal or line and earth terminal,
- b) the capacitance between the intermediate and low voltage terminals or intermediate and earth terminal.

NOTE 502 If the dielectric system of the capacitor is such that the measured capacitance varies with the voltage, it is more meaningful to repeat the capacitance measurement after the voltage test at the same voltage as that previously used and then at the measuring voltage which shall be not less than the rated voltage.

NOTE 503 If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain whether no puncture has occurred because of the following uncertainties:

- reproducibility of the measurement;
- capacitance change caused by the mechanical forces on the elements during the dielectric tests;
- capacitance change caused by temperature difference of the capacitor before and after the tests.

In this case, it should be proved by the manufacturer, for example by comparing the capacitance variations of capacitors of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test, that no puncture had occurred. To reduce the measurement uncertainty it may be convenient to carry out these measurements on each unit.

The capacitance C of a unit or a stack or a capacitor voltage divider shall not change by more

than $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ during any test procedures.

NOTE 504
$$C = \frac{C_0}{n}$$

where

n is the number of elements in series;

C_0 is the capacitance of one element.

The choice of one or two transformers is left to the manufacturer.

The type test report shall include the results of the routine tests.

NOTE 505 ΔC is the measured change of the capacitance C .

7.2.501.2 Tanδ measurement

The capacitor losses ($\tan \delta$) shall be measured at $U_{Pr} \pm 10\%$ together with the capacitance measurements, using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method shall be given. The measurement shall be carried out at the rated frequency or by agreement at between 0,8 and 1,2 times rated frequency.

NOTE 501 The purpose is to check the uniformity of the production. Limits for the permissible variations may be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 502 The $\tan \delta$ value is dependent on the insulation design and the voltage, the temperature and the measuring frequency.

NOTE 503 The $\tan \delta$ value of certain types of dielectrics is a function of the energization time before the measurement.

NOTE 504 The losses of the capacitor are an indication of the drying and impregnation process.

7.2.502 Short-circuit withstand capability test

This test shall be made to prove compliance with 6.501. For this test, the transformer shall be initially at a temperature between 10 °C and 30 °C. The capacitor voltage transformer shall be energized between high voltage terminal and earth and the short-circuit applied between the secondary terminals. One short-circuit shall be applied for the duration of 1 s. The current shall be measured and recorded.

NOTE 501 This requirement applies also to the cases in which fuses are an integral part of the transformer.

During the short-circuit, the r.m.s. value of the applied voltage at the transformer terminals shall be not less than the rated primary voltage U_{Pr} between phase and earth.

In the case of transformers provided with more than one secondary winding, or section, or with tappings, the test connection shall be agreed between manufacturer and purchaser.

The capacitor voltage transformer shall be deemed to have passed this test if, after cooling to ambient temperature, it satisfies the following requirements:

- a) it is not visibly damaged;
- b) its errors do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error in its accuracy class and there is no significant change in the value of the capacitance;
- c) it withstands the routine dielectric test specified in Clause 7.1.2.
- d) on examination, the insulation next to the surface of both primary and secondary windings of the electromagnetic unit does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination indicated in d) is not required if the current density in the winding does not exceed 160 A/mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97 % of the

value given in IEC 60028. The current density is to be based on the measured symmetrical r.m.s. short-circuit current in the secondary winding.

NOTE 502 For the examination of the variation of the capacitance, see clause 7.2.501.1.

7.2.503 Ferro-resonance tests

The following tests shall be made on a complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit to prove compliance with 6.502.

To realise the equivalent circuit, the actual capacitor or capacitors shall be used. The tests shall be made by short-circuiting the secondary terminals for at least 0,1 second. The short circuit will be opened by a protective device (for example a fuse, circuit-breaker, etc.) chosen for this purpose by agreement between manufacturer and user. If no agreement has been made, the choice is left to the manufacturer.

If a fuse is used as a protection device, the time duration of the short circuit may be shorter than 0,1 s.

The burden of the capacitor voltage transformer after the short circuit shall be only that imposed by the recording equipment and shall not exceed 1 VA. The voltage of the power source at the high-voltage terminal, the secondary voltage and the short-circuit current during the test shall be recorded. Records shall be part of the test report.

During the test, the voltage of the power source shall not differ by more than 10 % from the voltage before short circuit and it shall remain substantially sinusoidal. The voltage drop over the short-circuit loop (contact resistance of the closed contactor included), measured directly at the secondary terminals of the capacitor voltage transformer, shall be less than 10 % of the voltage at the same terminals before the short circuit.

- a) Ferro-resonance test for effectively earthed neutral system (6.502.2; Table 506a): the test shall be made a minimum of 10 times at each primary voltage specified in Table 506a).
- b) Ferro-resonance test for non-effectively earthed neutral system or isolated neutral system (6.502.2; Table 506b): the test shall be made a minimum of 10 times at each primary voltage specified in Table 506b).

NOTE 501 If it is known that a saturable burden will be used in service, agreement should be made between user and manufacturer regarding the tests to be made at or near that burden.

NOTE 502 In order to ensure that the voltage of the power source does not differ during the test by more than 10 % from the voltage before short circuit, the short-circuit impedance of the supply circuit should be low.

7.2.504 Transient response test

7.2.504.1 General

The test shall be carried out only on the capacitor voltage transformer for protection purposes. The test can be made on the complete capacitor voltage transformer or in the equivalent circuit made up with the actual capacitors.

The test shall be performed by short-circuiting the high voltage source at the actual primary voltage U_P or in the equivalent circuit at $U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ at 100 % and 25 % or 0 % of rated burden.

The burden shall be one of the following possibilities:

- a) series burden composed of a pure resistance (range I) and an inductive reactance connected in series with a power factor of 0,8 (range II);

b) pure resistance burden.

The nature of the burden of the capacitor voltage transformer affects the transient response test results.

The measuring or other windings should be loaded as in practice but not higher than 100 % of the specified burden.

The test shall be made twice at the peak of the primary voltage and twice at the zero passage of primary voltage. The phase angle of the primary voltage shall not differ by more than $\pm 20^\circ$ of the peak and zero crossing.

NOTE 501 Modern microprocessor-based protection systems have a power factor of unity.

NOTE 502 By agreement between manufacturer and purchaser the test can be performed with burden as connected in practice.

7.2.504.2 Test values of the actual primary voltage (U_P)

U_P depends on the specified voltage factor F_V .

- a) Continuous operation: 1,0 and $1,2 \cdot U_{Pr}$
- b) Short duration overvoltages: 1,5 or $1,9 \cdot U_{Pr}$

For a) and b) see Table 502.

The test circuit is shown in Figure 509.

The primary and secondary voltages shall be recorded on an oscilloscope. The records shall be part of the test report.

NOTE 501 Requirements for transient response are given in 6.503.2 and 6.503.3.

NOTE 502 For measuring the input voltage U also a RC-divider can be used.

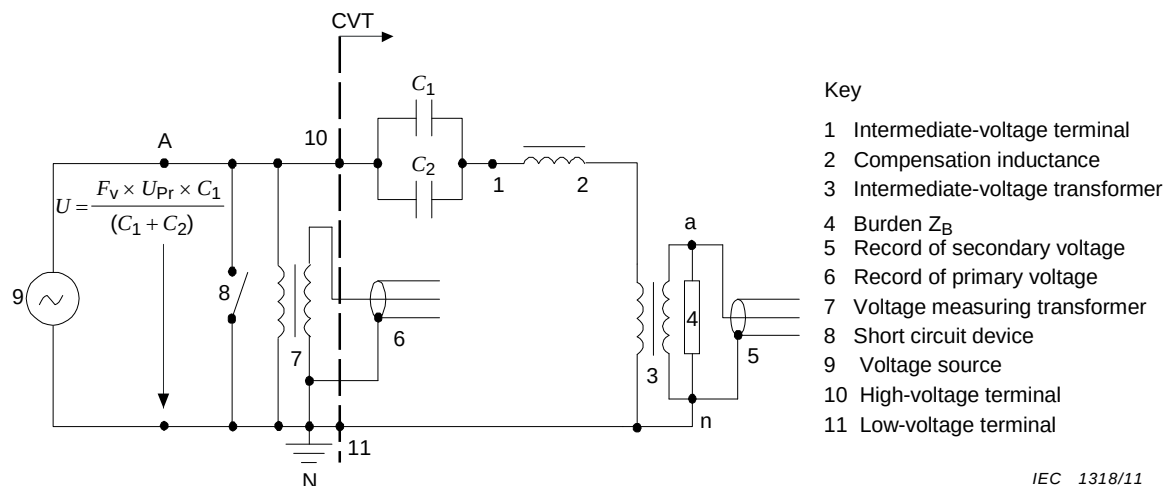


Figure 509 – Diagramme of a capacitor voltage transformer for the transient response test using equivalent circuit method

Burdens for the transient response test are given in Figures 510 and 511.

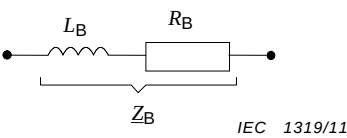


Figure 510 – Series burden

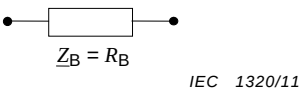


Figure 511 – Pure resistance

Impedance values for the series burden for the transient response test are as follows:

$$|Z_B| = \frac{U_{Sr}^2}{S_r}$$

R_B	$\omega \cdot L_B$
$0,8 \cdot Z_B $	$0,6 \cdot Z_B $

where

S_r is the rated burden in volt-amperes;

U_{Sr} is the rated secondary voltage in volts;

$|Z_B|$ is the impedance in ohms.

NOTE 501 The total impedance given by these values of R_B and $\omega \cdot L_B$ has a power factor of 0,8 lagging.

NOTE 502 The inductive reactance should be of a linear type, e.g. air-core reactance. The series resistance is composed of the equivalent series resistance of the inductive reactance (resistance of the winding) and of a separate resistance.

NOTE 503 The tolerance of the burden should be less than $\pm 5\%$ for $|Z_B|$ and smaller than $\pm 0,03$ for the power factor.

7.2.505 Type test for carrier frequency accessories

7.2.505.1 Type tests for drain coil

7.2.505.1.1 Impulse voltage test

The impulse voltage test on the drain coil shall be performed in accordance with the diagramme given in Figure 5A.2 after disconnecting the voltage limitation device. Ten 1,2/50 μ s voltage impulses shall be applied in sequence, five negative and five positive (see IEC 60060-1).

7.2.505.1.2 Voltage withstand test

The AC voltage withstand test shall be carried out, applying a power frequency voltage between the terminals of the drain coil. The test voltage shall be adjusted to achieve a current of 1 A (r.m.s). During this test the temperature rise ΔT shall be measured and the test shall be continued until the temperature has reached a steady state ($\Delta T < 1$ K/h). The temperature rise shall not exceed the appropriate value given in Table 5 of IEC 61869-1.

7.2.505.2 Type test for voltage limitation device

An impulse voltage test is prescribed.

The test shall be performed with a connected drain coil in accordance with the diagramme given in Figure 5A.2.

For air-gap arresters and non-linear arresters with spark-gap: 8/20 μ s spark-over voltage impulse shall be applied in sequence, five negative and five positive.

NOTE 501 Additional tests, such as composite loss and return loss tests, concerning complete coupling devices for PLC systems are covered by IEC 60481. Those tests apply only to capacitor voltage transformers equipped with PLC accessories.

7.3 Routine tests

7.3.1 Power-frequency voltage withstand tests on primary terminals

Subclause 7.3.1 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional subclauses:

7.3.1.501 Power-frequency withstand test and measurement of capacitance, $\tan\delta$ and partial discharge

The test shall be carried out with voltages of substantially sinusoidal waveshape. The voltage shall be rapidly increased from a relatively low value to the test voltage value, maintained for 1 min, unless otherwise agreed, and then rapidly reduced to a relatively low value before being switched off. For this test the electromagnetic unit may be disconnected from the capacitor voltage divider.

Capacitance C , $\tan\delta$ (7.2.501) and partial discharge measurements (7.3.2) can be made during the a.c. test of the capacitor divider or on the sub-systems.

7.3.1.502 Power-frequency withstand test and measurement of C and $\tan\delta$ on a capacitor voltage divider or on subsystems

Every capacitor voltage divider or capacitor stack or unit shall be subjected to an a.c. test and C and $\tan\delta$ measurements. The test voltage is applied between the high voltage and the earth terminals when testing a capacitor stack, and between the terminals when testing a unit. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or by a low impedance, to earth during this test. During the test, neither puncture (see 7.2.501.1) nor flashover shall occur.

The capacitance C shall be measured at a voltage less than 15 % of the rated primary voltage U_{Pr} for reference before and after the power-frequency withstand test.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$1,05 \times \text{test voltage of the stack} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

when testing a single unit forming part of a stack.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$1,05 \times \text{test voltage of the complete CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete CVT}}$$

when testing a single stack forming part of a complete capacitor voltage transformer.

The test voltages for CVTs with $U_m < 300$ kV (range I) or $U_m \geq 300$ kV (range II) shall have appropriate values given in Table 2 of IEC 61869-1, depending on the highest voltage for equipment.

NOTE 501 An example of test values of units and stacks for a 525 kV capacitor voltage transformer is given in Table 510.

Highest voltage for equipment: $U_m = 525$ kV;

Rated short-duration power-frequency withstand voltage: 680 kV.

Table 510 – Test voltages for units, stacks and complete capacitor voltage divider

Number		Test voltage (r.m.s.) kV		
Units	Stacks	Unit	Stack	Complete capacitor voltage transformer
2	-	340 x 1,05	-	680
4	2	170 x 1,05	340 x 1,05	680
6	3	113 x 1,05	227 x 1,05	680

Capacitance C and $\tan\delta$ shall be measured at:

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

or

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete capacitor voltage transformer}}$$

7.3.1.503 Power-frequency -withstand test on low-voltage terminal of the capacitor voltage divider

Capacitor voltage dividers with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value). If the low-voltage terminal is not exposed to the weather or if a carrier-frequency coupling device with overvoltage protection is part of the capacitor voltage transformer, the test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

- During this test the electromagnetic unit is not disconnected.

NOTE The test voltage is applicable to capacitor voltage transformers with and without carrier-frequency accessories with overvoltage protection.

- If a protection gap between low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the test. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.
- If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

7.3.1.504 Power-frequency withstand tests on the electromagnetic unit

7.3.1.504.1 Insulation test of the electromagnetic unit

The test voltage shall be applied between the intermediate voltage terminal and earth. It shall have a rated short-duration power-frequency withstand voltage of

$$U_{\text{Pr}} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}$$

The frequency of the test voltage may be increased above the rated value to prevent saturation of the core. The duration of the test shall be 1 min. If, however, the test frequency

exceeds twice the rated frequency, the duration of the test may be reduced from 1 min as follows:

$$\text{duration of test} = 60 \times \frac{\text{twice the rated frequency}}{\text{test frequency}} \quad [\text{s}]$$

with a minimum of 15 s.

NOTE 501 If a protective device across the electromagnetic unit is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. Any protective gap across the carrier-frequency accessories should be short-circuited during the tests.

7.3.2 Partial discharge measurement

7.3.2.2 Partial discharge test procedure

IEC 61869-1 clause 7.3.2.2 is applicable with the following additions:

If only parts of the capacitor voltage divider are tested, the value of the test voltage will be equal to:

$$1,05 \cdot \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the CVT}}$$

or

$$1,05 \cdot \text{test voltage of the CVT} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the CVT}}$$

7.3.5 Test for accuracy

7.3.5.501 Accuracy check

The accuracy check shall be done with rated power-frequency, at ambient temperature and on the complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit for the accuracy classes ≥ 1 in accordance with Table 511.

Table 511 – Accuracy check points (example)

Secondary winding(s)	Checking voltage	Test ranges of rated output			
		%			
		Range I Power factor 1 Standard values of rated output		Range II Power factor 0,8 (lagging) Standard values of rated output	
		1 to 10 VA		10 to 100 VA	
		Measuring	Protection	Measuring	Protection
One measuring winding	$1 \times U_{Pr}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
One protection winding	$0,05 \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
One measuring and one protection winding	Measuring	0	0	25	0
	$1 \times U_{Pr}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$0,05 \times U_{Pr}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$F_V \times U_{Pr}$	100	100	100	100

NOTE 501 Notes for the equivalent circuit:

- a) The equivalent circuit can be used, if a comparison between the accuracy test on a complete transformer during type test and accuracy test in the equivalent circuit has shown that the difference between measured values is less than 20 % of the accuracy class limits.
- b) To realize the equivalent circuit the actual capacitor or different capacitors can be used. If different capacitors are used they can be adjusted to the actual measured values.

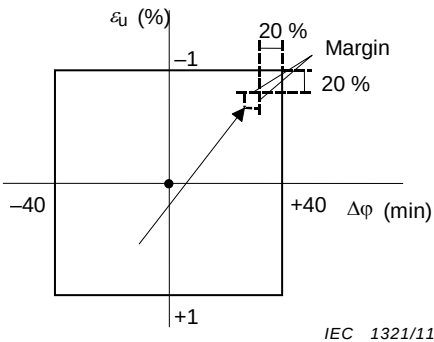


Figure 512 – Example of an error diagrammeme of class 1 CVT for accuracy check with the equivalent circuit

NOTE 502 Complete CVT and equivalent circuit:

- a) The margin is to account for variations in error resulting from temperature and frequency when the transformer is used within its reference ranges of temperature and frequency. The allowance is determined by considering the worst case influence of temperature and frequency occurring simultaneously. This margin depends on the type of capacitor dielectric and on the design. In the error diagrammeme of Figure 512, 20 % + margin is indicated. The margin will be defined by the manufacturer.
- b) If the accuracy check is done on a complete capacitor voltage transformer the margin will be defined by manufacturer and will be added for the combined effect of frequency and temperature.

7.3.5.502 Routine tests for accuracy of measuring CVT

Routine tests for accuracy check shall be done at ambient temperature at a reduced number of voltages and/or burdens and at rated frequency, (see 5.6.501.3 Table 511) provided it has been shown by type tests on a similar capacitor voltage transformer that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with 5.6.501.3.

7.3.5.503 Routine tests for accuracy of protective CVT

Routine tests for accuracy check shall be done at ambient temperature at a reduced number of voltages and/or burdens and at rated frequency, (see 5.6.502.3 and Table 511) provided it has been shown by type tests on a similar capacitor voltage transformer that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with 5.6.502.3.

7.3.7 Enclosure tightness test at ambient temperature

7.3.7.501 Tightness of the liquid-filled capacitor voltage divider

The tightness test shall be a routine test on the capacitor voltage divider or on separate units. The tightness test shall be done with a pressure of the liquid above the operating pressure, depending on the type of the expansion device for the capacitor units for 8 h.

NOTE 501 On agreement between manufacturer and purchaser a special test can be specified to prove the tightness design of capacitor units.

7.3.8 Pressure test for the enclosure

7.3.501 Ferro-resonance check

These tests shall be made on a complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit.

The primary test voltage U_p , numbers of short-circuiting on the secondary terminals and the limits of the transients of the ferro-resonance oscillations are specified in Table 512.

Table 512 – Ferro resonance check

Primary voltage U_p (r.m.s.)	Number of short-circuiting at the secondary terminals	Ferro-resonance oscillation duration T_F s	Error $\hat{\varepsilon}_F$ after duration T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V \cdot U_{Pr}$	3	≤ 2	≤ 10

The test procedure shall be in accordance with 7.2.503 with the exception of the number of voltages and short-circuits. The capacitor voltage transformer has passed the ferro-resonance check if the duration and the error do not exceed the limits specified in Table 512.

7.3.502 Routine tests for carrier frequency accessories

7.3.502.1 Routine tests for drain coils

The following are routine tests for drain coils:

- Measurement of the impedance at power frequency;
- AC test.

The test shall be carried out, applying for 1 min a power frequency voltage between the terminals of the drain coil. The test voltage shall be adjusted to achieve a current of 1 A (r.m.s.).

7.3.502.2 Routine test for voltage limitation devices

The following routine test is specified according to the cases below:

a) Air-gap arrester:

Measurement of the spark-over voltage with power frequency.

b) Non-linear arrester with spark-gap:

AC test with the continuous rated withstand voltage. The test voltage shall not be less than 1 kV AC RMS.

7.4 Special tests

7.4.1 Chopped impulse voltage withstand test on primary terminals

Clause 7.4.1 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional sentence:

For Capacitor Voltage Transformers this is a type test.

The voltage shall be a standard lightning impulse as defined in IEC 60060-1, chopped after the crest value has been reached between 1, 2 μ s and 8 μ s.

NOTE 501 The chopped impulse test replaces the discharge test in IEC 60358.

7.4.2 Multiple chopped impulse test on primary terminals

Not applicable for capacitor voltage transformer

7.4.3 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

Subclause 7.4.3 of IEC 61869-1 is applicable with the following additional sentence:

For capacitor voltage transformers this test is a routine test.

7.4.6 Internal arc fault test

Not applicable for capacitor voltage transformer

7.4.501 Determination of the temperature coefficient (TC)

The determination of the temperature coefficients for the capacitance values of C_1 and C_2 and their $\tan(\delta)$ values shall be performed according to IEC 60358.

7.4.502 Tightness design test of capacitor units

This test is performed to prove the quality of design of the capacitor unit tightness and the compliance with the requirement given in 6.1.4.

NOTE 501 This test is not an ageing test. It is not intended to solve tightness problems due to ageing that have been observed with particular designs of capacitor voltage divider parts.

The test shall be done with a pressure of the liquid at least 10^5 Pa higher than the maximum operating pressure that could be reached under normal service conditions and at a temperature of 80 °C for 8 h.

The capacitor voltage divider shall be assembled as for normal service. The expansion device of the capacitor unit may be specially calibrated for the temperature test of 80 °C. Appropriate arrangement can be done to contain mechanical deformations due to the 10^5 Pa over-pressure.

The liquid filled capacitor voltage divider shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage during and after the test.

Annex 5A (normative)

Typical diagram of a capacitor voltage transformer

See Figures 5A.1 and 5A.2 for a typical diagram of a capacitor voltage transformer.

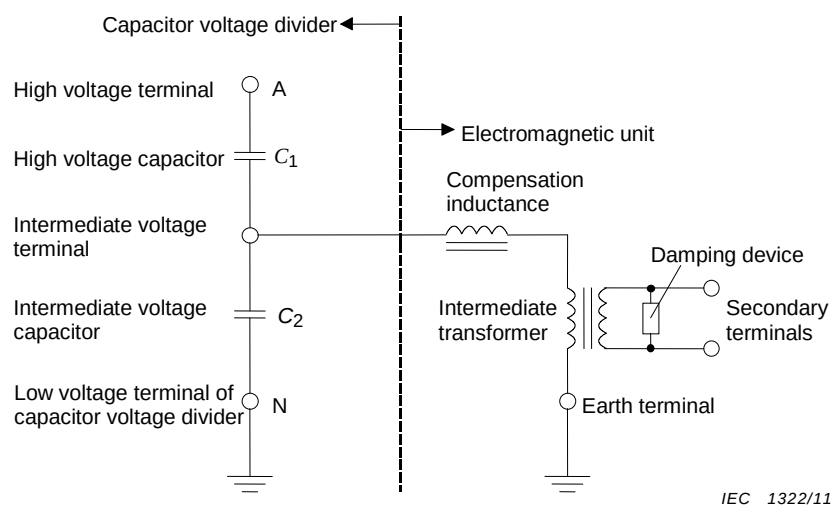


Figure 5A.1 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer

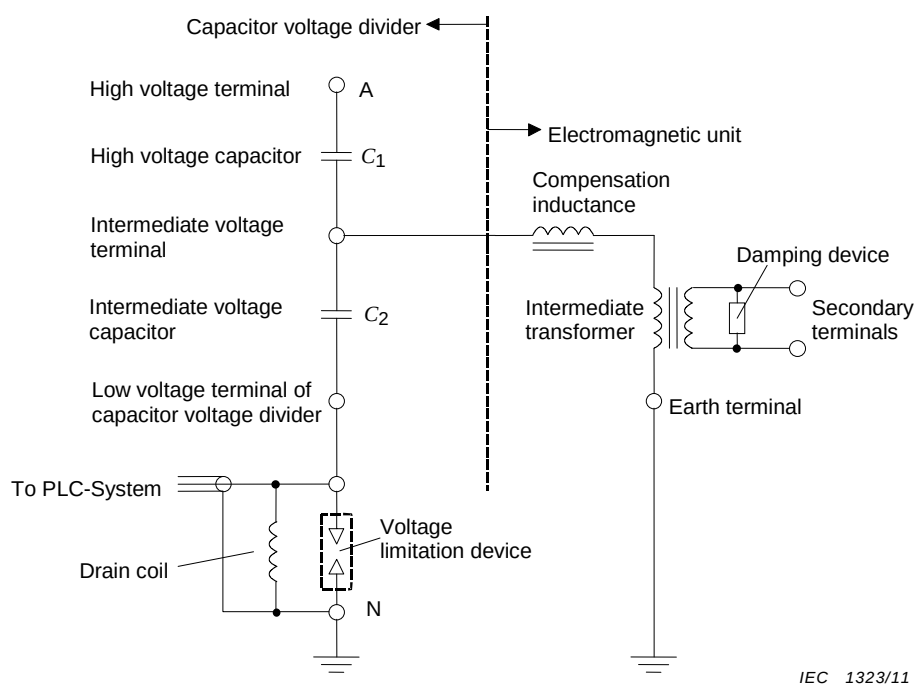


Figure 5A.2 – Example of a diagram for a capacitor voltage transformer with carrier-frequency accessories

Annex 5B (informative)

Transient response of capacitor voltage transformer under fault conditions

The most important transient condition problem for a capacitor voltage transformer using a pure capacitor divider as high-voltage sensor is the phenomenon of “trapped charges”.

During a switching-off of a line, charges may be trapped on it. If the line is not intentionally earthed or discharged by a low impedance device connected to it, the charges may stay for a duration of days. The charge level depends on the phase position of the voltage at the switching-off moment. The worst case is the moment where the voltage is on its peak value $\sqrt{2} \times U_P$, so the primary capacitor of the divider C_1 stays charged stocking the charge $q_1 = C_1 \times \sqrt{2} \times U_P$ while the secondary capacitor C_2 is discharged by the parallel connected electromagnetic unit. When the line is switched on again C_2 will be charged anew.

$$U_{C2}(t) = \frac{-q_1}{C_1 + C_2} = -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \approx -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_2}$$

This voltage which decreases exponentially with the time constant based on the electromagnetic unit is superposed on the sinusoidal signal and results in a very important error.

Annex 5C (normative)

High-frequency characteristics of capacitor voltage transformers

In IEC 60358, the high-frequency characteristics, requirements and tests are explained and specified which are essential for the application of capacitor voltage transformers in carrier-frequency systems.

Content of IEC 60358:

- High frequency capacitance and equivalent series resistance
- Stray capacitance and conductance of the low voltage terminal
- High frequency current of a coupling capacitor
- Measurement of the high frequency capacitance and equivalent series resistance

IEC 60358 shall be applied for the requirements and tests for capacitor voltage transformers regarding the high-frequency characteristics.

Bibliography

IEC 60422, *Supervision and maintenance guide for mineral insulating oils in electrical equipment*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	57
1 Domaine d'application	60
2 Références normatives	60
3 Termes et définitions	61
3.1 Définitions générales	61
3.2 Définitions concernant les caractéristiques diélectriques et les tensions assignées	66
3.4 Définitions liées à la précision	66
3.5 Définitions liées aux autres caractéristiques assignées	67
3.7 Index des abréviations	67
5 Caractéristiques assignées	68
5.3 Niveaux d'isolement assignés	68
5.3.3 Autres exigences pour l'isolement des bornes primaires	68
5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires	69
5.3.501 Exigences d'isolement pour l'ensemble électromagnétique	69
5.4 Fréquence assignée	69
5.5 Puissances de précision assignées	70
5.5.501 Valeurs des puissance de précision assignée	70
5.5.502 Puissance thermique limite assignée	70
5.5.503 Puissance de sortie pour enroulements de tension résiduelle	68
5.5.504 Puissance thermique assignée limite pour enroulements de tension résiduelle	68
5.6 Classe de précision assignée	71
5.6.501 Exigences de précision concernant le transformateur condensateur de tension pour mesure	71
5.6.502 Exigences de précision concernant les transformateurs condensateurs de tension pour protection	72
5.501 Valeurs normales des tensions assignées	73
5.501.1 Tensions primaires assignées U_{Pr}	73
5.501.2 Tensions secondaires assignées	73
5.501.3 Tensions assignées de l'enroulement secondaire destiné à produire une tension résiduelle	73
5.501.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné	74
6 Conception et construction	75
6.1 Exigences relatives aux liquides utilisés dans l'équipement	75
6.1.4 Étanchéité au liquide	75
6.7 Exigences mécaniques	75
6.8 Chocs coupés multiples sur les bornes primaires	75
6.9 Exigences concernant la protection contre un défaut d'arc interne	76
6.13 Marquages	76
6.13.501 Marquage des bornes	76
6.13.502 Marquage de la plaque signalétique	77
6.501 Capacité de tenue au court-circuit	80
6.502 Ferro-résonance	80
6.502.1 Généralités	80
6.502.2 Transitoires des oscillations de ferro-résonance	80
6.503 Réponse en régime transitoire	81

6.503.1	Généralités.....	81
6.503.2	Exigences concernant la réponse en régime transitoire	81
6.503.3	Classes normales de réponse en régime transitoire.....	81
6.504	Exigences concernant les accessoires pour courant porteur.....	82
6.504.1	Généralités.....	82
6.504.2	Bobine de drainage	82
6.504.3	Dispositif limiteur de tension.....	83
7	Essais	83
7.1	Généralités.....	83
7.1.2	Liste des essais.....	83
7.1.3	Séquence des essais.....	84
7.2	Essais de type.....	86
7.2.2	Essai d'échauffement	86
7.2.3	Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires	88
7.2.4	Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur	88
7.2.6	Essai concernant la précision	88
7.2.8	Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	90
7.2.501	Mesure de la capacité et de $\tan \delta$ à fréquence industrielle	90
7.2.502	Essai de tenue au court-circuit	92
7.2.503	Essais de ferro-résonance	92
7.2.504	Essai de réponse transitoire	93
7.2.505	Essai de type pour accessoires pour courant porteur.....	95
7.3	Essais individuels de série	96
7.3.1	Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires	96
7.3.2	Mesure de décharges partielles	98
7.3.5	Essai de précision	98
7.3.7	Essai d'étanchéité des enveloppes à température ambiante	100
7.3.8	Essai de pression de l'enveloppe.....	100
7.3.501	Contrôle de ferro-résonance	100
7.3.502	Essais individuels de série pour accessoires pour courant porteur	100
7.4	Essais spéciaux	101
7.4.1	Essai de tenue à l'onde de tension de choc coupée sur les bornes primaires	101
7.4.2	Essai aux chocs coupés multiples sur les bornes primaires	101
7.4.3	Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique.....	101
7.4.6	Essai de défaut d'arc interne	101
7.4.501	Détermination du coefficient de température (TC).....	101
7.4.502	Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateur.....	101
Annexe 5A (normative)	Schéma type d'un transformateur condensateur de tension	103
Annexe 5B (informative)	Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut.....	104
Annexe 5C (normative)	Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension	105
Bibliographie.....		106
Figure 501 – Diagramme d'erreur d'un transformateur condensateur de tension pour les classes de précision 0,2, 0,5 et 1,0		72
Figure 502 – TCT à un enroulement secondaire.....		76

Figure 503 – TCT à deux enroulements secondaires.....	76
Figure 504 – TCT à deux enroulements secondaires à prise intermédiaire.....	76
Figure 505 – TCT à un enroulement secondaire et un enroulement de tension résiduelle.....	76
Figure 506 – Exemple de plaque signalétique type	79
Figure 507 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension.....	81
Figure 508 – Organigrammes de la séquence d'essais à appliquer pour les essais de type (Figure 508a) et les essais individuels de série (Figure 508b)	85
Figure 509 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent.....	94
Figure 510 – Charge série	94
Figure 511 – Résistance pure	94
Figure 512 – Exemple de diagramme d'erreur d'un TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec le circuit équivalent.....	99
Figure 5A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension	103
Figure 5A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur.....	103
Tableau 501 – Limites de l'erreur de tension et du déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure.....	71
Tableau 502 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour protection.....	73
Tableau 503 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension pour produire une tension résiduelle	74
Tableau 504 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et thermiques.....	75
Tableau 505 – Marquage sur la plaque signalétique	77
Tableau 506a – Exigences concernant la ferro-résonance	80
Tableau 506b – Exigences concernant la ferro-résonance	81
Tableau 507 – Valeurs et classes normales de réponse en régime transitoire.....	82
Tableau 10 – Liste des essais.....	84
Tableau 508 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement	87
Tableau 509 – Gammes de charges pour les essais de précision.....	90
Tableau 510 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet.....	97
Tableau 511 – Points de contrôle de la précision (exemple).....	99
Tableau 512 – Contrôle de ferro-résonance	100

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

**Partie 5: Exigences supplémentaires concernant
les transformateurs condensateurs de tension**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Les articles spécifiques de la présente Norme internationale CEI 61869-5 relatifs aux transformateurs condensateurs de tension ont été élaborés par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

La présente Norme remplace la CEI 60044-5 et la CEI-PAS 60044-5 relatives aux transformateurs condensateurs de tension.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/411/FDIS	38/414/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.

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

La présente norme constitue la Partie 5 de la CEI 61869, publiée sous le titre général *Transformateurs de mesure*.

La présente partie 5 doit être lue en conjonction avec la CEI 61869-1, *Exigences générales* – première édition (2007), sur laquelle elle est basée. Le lecteur est toutefois encouragé à utiliser son édition la plus récente.

Cette Partie 5 suit la structure de la CEI 61869-1 et complète ou modifie ses articles correspondants.

Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans cette partie 5, ce paragraphe s'applique. Lorsque la présente norme mentionne « addition », « modification » ou « remplacement », le texte correspondant de la Partie 1 doit être adapté en conséquence.

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

- les articles, paragraphes, tableaux, figures et notes qui sont numérotés à partir de 501 s'ajoutent à ceux de la partie 1;
- les annexes supplémentaires sont indiquées par 5A, 5B, etc.

Une vue globale de l'ensemble planifié de normes à la date de publication du présent document est indiquée ci-dessous. La liste de normes à jour publiée par le TC 38 de la CEI est disponible sur le site Web: www.iec.ch.

NORMES DE FAMILLES DE PRODUITS	NORME DE PRODUITS	PRODUITS	ANCIENNE NORME
61869-1 EXIGENCES GÉNÉRALES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE	61869-2	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT	60044-1 60044-6
	61869-3	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS INDUCTIFS DE TENSION	60044-2
	61869-4	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS COMBINÉS	60044-3
	61869-5	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION	60044-5
	61869-6 EXIGENCES GÉNÉRALES ADDITIONNELLES POUR LES TRANSFORMATEURS DE MESURE ÉLECTRONIQUES ET POUR LES CAPTEURS BAS NIVEAUX	61869-7	60044-7
		61869-8	60044-8
		61869-9	
		61869-10	
		61869-11	60044-7
		61869-12	
		61869-13	

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

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

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs condensateurs de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61869 s'applique aux transformateurs condensateurs de tension monophasés neufs connectés entre la ligne et la terre pour des tensions de réseau $U_m \geq 72,5$ kV aux fréquences industrielles comprises entre 15 Hz et 100 Hz. Ils sont destinés à fournir une basse tension pour les fonctions de mesure, commande et protection.

Le transformateur condensateur de tension peut être équipé ou non d'accessoires pour courant porteur pour application pour courant porteur en ligne (CPL) aux fréquences porteuses comprises entre 30 kHz et 500 kHz.

Les exigences fondamentales concernant les condensateurs de couplage et les diviseurs capacitifs sont définies dans la CEI 60358. Les exigences de transmission concernant les dispositifs de couplage pour courant porteur en ligne (CPL) sont définies dans la CEI 60481.

L'application de mesure inclut à la fois la mesure pour indication et la mesure pour comptage.

NOTE 501 Des schémas du transformateur condensateur de tension auquel s'applique cette norme sont indiqués sur les Figures 5A.1 et 5A.2.

2 Références normatives

L'Article 2 de la CEI 61869-1:2007 s'applique avec le complément suivant:

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

CEI 60038 ed7.0 (2009-06) – *Tensions normales de la CEI*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60050-436, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050-601, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050-604, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60358, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

CEI 60481, *Groupes de couplage pour systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'EN 61869-1, s'appliquent avec les compléments suivants:

3.1 Définitions générales

3.1.501

transformateur condensateur de tension TCT

transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif de tension et un ensemble électromagnétique conçus et connectés de façon que la tension secondaire de l'ensemble électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle approximativement nul pour un sens approprié des connexions

[CEI 60050-321:1986, 321-03-14, modifié]

3.1.502

transformateur de tension pour mesure

transformateur de tension destiné à transmettre un signal d'information à des appareils de mesure, des compteurs et autres appareils analogues

[CEI 60050-321:1986, 321-03-04 modifiée]

3.1.503

transformateur de tension pour protection

transformateur de tension destiné à transmettre un signal d'information à des dispositifs de protection ou de commande

[CEI 60050-321:1986, 321-03-05]

3.1.504

enroulement secondaire

enroulement qui alimente les circuits de tension des appareils de mesure, de compteurs, de dispositifs de protection ou de commande

[CEI 60050-321:1986, 321-01-07, modifié]

3.1.505

enroulement de tension résiduelle

enroulement d'un transformateur condensateur de tension monophasé destiné, pour un ensemble de trois transformateurs monophasés, à une connexion en triangle ouvert afin de fournir une tension résiduelle en cas de défaut à la terre

[CEI 60050-321:1986, 321-03-11]

3.1.506

catégorie de température assignée d'un transformateur condensateur de tension

plage de températures de l'air ambiant ou du milieu de refroidissement pour laquelle le transformateur condensateur de tension a été conçu

3.1.507

borne de ligne

borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau

[CEI 60050-436:1986, 436-03-14]

3.1.508

ferro-résonance

résonance permanente d'un circuit constitué d'une capacité avec une inductance magnétique saturable non linéaire et d'une source de tension alternative d'excitation

NOTE 501 La ferro-résonance peut être amorcée par des manœuvres côté primaire ou côté secondaire.

3.1.509

réponse transitoire

mesure instantanée de la forme d'onde de la tension secondaire, comparée à la forme d'onde de tension sur la borne à haute tension en régime transitoire

3.1.510

TCT connecté en tension

TCT ne comportant qu'une seule borne primaire

NOTE 501 Dans des conditions normales, le raccordement primaire conduit uniquement le courant du transformateur condensateur de tension.

3.1.511

TCT connecté en courant

TCT qui a deux bornes primaires conduisant le courant de ligne

NOTE 501 Les bornes et le raccordement primaire sont conçus pour conduire le courant de ligne dans des conditions normales.

3.1.512

TCT connecté à un circuit bouchon

TCT qui supporte un circuit bouchon sur sa partie supérieure

3.1.513

condensateur

bipôle caractérisé essentiellement par la grandeur capacité

[CEI 60050-151:2001, 151-13-28]

3.1.514

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

[CEI 60050-436:1986, 436-01-03]

3.1.515

unité (de condensateur)

ensemble d'un ou plusieurs éléments de condensateur placés dans une même enveloppe et reliée à des bornes de sortie

[CEI 60050-436:1986, 436-01-04]

NOTE 501 Un type courant d'unité pour des condensateurs de couplage comporte une enveloppe cylindrique en matière isolante et des brides d'extrémité métalliques, utilisées comme bornes.

3.1.516

empilage (de condensateurs)

ensemble d'unités de condensateurs connectés en série

[CEI 60050-436:1986, 436-01-05]

NOTE 501 Les unités de condensateurs sont habituellement disposés verticalement.

3.1.517

diviseur de tension capacitif

empilage de condensateurs formant un diviseur de tension à utiliser sous tension alternative

[CEI 60050-436:1986, 436-02-10]

3.1.518**capacité assignée d'un condensateur** C_r

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

NOTE 501 Cette définition s'applique:

- à la capacité entre les bornes de l'unité, pour une unité de condensateur;
- à la capacité entre la borne primaire et la borne basse tension, pour un empilage de condensateurs;
- à la capacité résultante: $C_r = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$, pour un diviseur capacitif.

3.1.519**condensateur de couplage**

condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance

[VEI 60050-436:1986, 436-02-11]

3.1.520**condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)** C_1

condensateur connecté entre la borne haute tension et la borne à tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

[CEI 60050-436:1986, 436-02-12]

3.1.521**condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)** C_2

condensateur connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne basse tension d'un diviseur capacitif

[CEI 60050-436:1986, 436-02-13]

3.1.522**borne à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)**

borne destinée à être connectée à un circuit intermédiaire tel que le dispositif électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension

[CEI 60050-436:1986, 436-03-03]

3.1.523**borne basse tension d'un diviseur capacitif**

borne destinée à être reliée directement à la terre ou par l'intermédiaire d'une impédance de valeur négligeable à la fréquence du réseau

NOTE 501 Pour un condensateur de couplage, cette borne est reliée au dispositif de transmission des signaux.

[CEI 60050-436:1986, 436-03-04]

3.1.524**tolérance de capacité**

différence admise entre la valeur réelle de la capacité et la valeur assignée dans des conditions spécifiées

[CEI 60050-436:1986, 436-04-01]

3.1.525**résistance-série équivalente d'un condensateur**

résistance virtuelle qui, si elle était connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes de puissance

égales à la puissance active absorbée par ce condensateur dans des conditions de fonctionnement à haute fréquence donnée

3.1.526

capacité à haute fréquence (d'un condensateur)

valeur effective de la capacité pour une fréquence donnée résultant de l'action combinée de la capacité intrinsèque et de l'inductance propre du condensateur

[CEI 60050-436:1986, 436-04-03]

3.1.527

tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

U_C

tension entre la borne à tension intermédiaire du diviseur capacitif et la borne à basse tension, lorsque la tension primaire est appliquée entre les bornes à haute et basse tension ou entre la borne à haute tension et la borne de terre

3.1.528

rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

K_C

rapport de la tension appliquée au diviseur capacitif à la tension intermédiaire à circuit ouvert

[CEI 60050-436:1986, 436-04-05]

NOTE 501 Ce rapport correspond à la somme des capacités des condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire divisée par la capacité du condensateur à haute tension: $(C_1 + C_2) / C_1 = K_C$.

NOTE 502 C_1 et C_2 incluent les capacités parasites qui sont généralement négligeables.

3.1.529

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur

[CEI 60050-436:1986, 436-04-10]

3.1.530

tangente de l'angle de perte (tan δ) d'un condensateur

rapport entre la puissance active P_a et la puissance réactive P_r : $\tan \delta = P_a / P_r$

3.1.531

coefficient de température de la capacité

T_C

changement partiel de la capacité pour une variation donnée de la température:

$$T_C = \frac{\Delta C}{\Delta T \times C_{20^\circ}} \left[\frac{1}{K} \right]$$

ΔC représente le changement observé de la capacité sur l'intervalle de température ΔT

C_{20° représente la capacité mesurée à 20 °C

NOTE 501 Le terme $\Delta C / \Delta T$ selon cette définition n'est utilisable que si la capacité est une fonction linéaire approximative de la température dans la plage concernée. Sinon, il convient que l'influence de la température sur la capacité soit indiquée par un graphique ou un tableau.

3.1.532

capacité parasite de la borne à basse tension

capacité parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.1.533**conductance parasite de la borne à basse tension**

conductance parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.1.534**diélectrique d'un condensateur**

matériau isolant entre les électrodes

3.1.535**ensemble électromagnétique**

sous-ensemble d'un transformateur condensateur de tension, connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne de terre du diviseur capacitif (ou éventuellement directement connecté à la terre lorsqu'un dispositif de couplage par courant porteur est utilisé) et qui fournit la tension secondaire

NOTE 501 Un ensemble électromagnétique comprend généralement un transformateur destiné à abaisser la tension intermédiaire jusqu'à la valeur requise de la tension secondaire, une inductance compensatrice et un dispositif d'amortissement de la ferro-résonance. La réactance $L \cdot (2\pi f_R)$ de l'inductance compensatrice doit être approximativement égale à la fréquence assignée f_R à la réactance capacitive $1/[2\pi f_R \cdot (C_1 + C_2)]$ des deux parties du diviseur connectées en parallèle. L'inductance compensatrice peut être incorporée intégralement ou partiellement dans le transformateur.

3.1.536**transformateur intermédiaire**

transformateur de tension dans lequel la tension secondaire, dans des conditions normales d'utilisation, est essentiellement proportionnelle à la tension primaire

3.1.537**inductance compensatrice**

L

inductance qui est généralement connectée entre la borne intermédiaire et la borne côté haute tension de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou entre la borne de terre et la borne côté terre de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou intégrée dans les enroulements primaire et secondaire du transformateur intermédiaire

NOTE 501 La valeur de conception de l'inductance L est:
$$L = \frac{1}{(C_1 + C_2) \times (2\pi f_R)^2}$$

3.1.538**dispositif d'amortissement**

dispositif incorporé dans l'ensemble électromagnétique dans le but de:

- a) limiter les surtensions qui peuvent apparaître aux bornes d'un ou plusieurs composants;
- b) et/ou empêcher une ferro-résonance permanente;
- c) et/ou obtenir une meilleure performance de la réponse transitoire du transformateur condensateur de tension

3.1.539**accessoires pour courant porteur**

éléments de circuit destinés à permettre l'injection du signal de fréquence porteuse et qui sont connectés entre la borne basse tension du diviseur capacitif et la terre, ayant une impédance qui est négligeable à la fréquence du réseau, mais notable à la fréquence porteuse (voir Figure 5A.2)

3.1.540**bobine de drainage**

inductance qui est connectée entre la borne basse tension d'un diviseur capacitif et la terre et dont l'impédance est négligeable à la fréquence du réseau, mais a une valeur élevée à la fréquence porteuse

3.1.541**dispositif limiteur de tension**

dispositif connecté aux bornes de la bobine de drainage ou entre la borne basse tension du diviseur de tension capacitif et la terre afin de limiter les surtensions transitoires qui peuvent apparaître aux bornes de la bobine de drainage

NOTE 501 des exemples de causes possibles de surtension sont:

- a) un court-circuit entre la borne primaire et la terre;
- b) lorsqu'une tension de choc est appliquée entre la borne primaire et la terre;
- c) le fonctionnement d'un sectionneur de ligne.

3.1.542**sectionneur pour la mise à la terre des courants porteurs**

sectionneur pour la mise à la terre de la borne basse tension, lorsque nécessaire

3.2 Définitions concernant les caractéristiques diélectriques et les tensions assignées

3.2.501**tension primaire assignée**
 U_{Pr}

valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation d'un transformateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[CEI 60050-321:1986, 321-01-12]

3.2.502**tension secondaire assignée**
 U_{Sr}

valeur de la tension secondaire qui figure dans la désignation du transformateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[CEI 60050-321:1986, 321-01-16]

3.2.503**facteur de tension assigné**
 F_V

facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée U_{Pr} pour déterminer la tension maximale pour laquelle un transformateur doit répondre aux prescriptions d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié, ainsi qu'aux prescriptions de précision correspondantes

[CEI 60050-321:1986, 321-03-12]

3.4 Définitions liées à la précision

3.4.3**erreur de rapport**
 ε

le paragraphe 3.4.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec la note complémentaire suivante:

NOTE 501 Cette définition en régime permanent ne concerne que des composants à la fréquence assignée des tensions primaire et secondaire et ne tient pas compte des composants à tension continue ni des tensions résiduelles.

$$\text{erreur de tension } \varepsilon_U = \frac{k_r \times U_S - U_P}{U_P} \times 100 \text{ [\%]}$$

où:

k_r est le rapport de transformation assigné,

U_p est la tension primaire réelle, et

U_s est la tension secondaire réelle lorsque U_p est appliquée dans les conditions de mesure.

3.5 Définitions liées aux autres caractéristiques assignées

3.5.501

puissance thermique limite

valeur de la puissance apparente en voltampères, par rapport à la tension assignée, pouvant être extraite du circuit secondaire lorsque la tension assignée est appliquée au primaire, sans dépasser les limites d'échauffement

3.5.502

gamme de fréquences assignée

gamme de fréquences pour laquelle la classe de précision assignée est applicable

3.7 Index des abréviations

Le Paragraphe 3.7 de la CEI 61869-1 est remplacé par le suivant:

TdM	Transformateur de mesure
TC	Transformateur de courant
TCT	Transformateur condensateur de tension
TT	Transformateur de tension
GIS	Appareillage à isolation gazeuse
AIS	Appareillage à isolation d'air
CPL	Courant porteur sur ligne
k	rapport de transformation réel
k_r	rapport de transformation assigné
ε	erreur de rapport
$\Delta\varphi$	déphasage
S_r	puissance de précision assignée
U_{sys}	tension la plus élevée pour le réseau
U_m	tension la plus élevée pour le matériel
f_R	fréquence assignée
F_{rel}	taux de fuite relatif
C_1	condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)
C_2	condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)
C_r	capacité assignée d'un condensateur
F	charge mécanique
F_V	facteur de tension assigné
K_C	rapport de tension (d'un diviseur capacitif)
L	Inductance compensatrice
$\tan\delta$	tangente de l'angle de perte d'un condensateur
T_C	coefficient de température de la capacité
U_C	tension intermédiaire d'un diviseur capacitif
$U_P(t)$	tension primaire réelle
U_{Pr}	tension primaire assignée

$U_S(t)$	tension secondaire réelle
U_{Sr}	tension secondaire assignée
ε_U	erreur de rapport de tension

5 Caractéristiques assignées

L'Article 5 de la CEI 61869-1 est applicable avec les modifications suivantes:

NOTE 501 Veuillez noter que des niveaux de tension additionnels, à prendre en compte avec le Paragraphe 5.2: Tension maximale pour les équipements, sont indiqués au 5.501: Valeurs normalisées des tensions assignées. Dans les futures révisions des CEI 61869, la mise en page de ce paragraphe sera remaniée.

5.3 Niveaux d'isolement assignés

5.3.3 Autres exigences pour l'isolement des bornes primaires

5.3.3.1 Décharges partielles

Le Paragraphe 5.3.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec le complément suivant:

Le Tableau 3 est également applicable au TCT.

5.3.3.2 Choc de foudre coupé

Le Paragraphe 5.3.3.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Dans le cas des TCT, des diviseurs capacitifs et des unités capacitifs, cet essai est un essai de type obligatoire destiné à vérifier la conception des connexions en série internes des éléments du condensateur.

5.3.3.3 Capacité et facteur de dissipation diélectrique

Le Paragraphe 5.3.3.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes suivants:

5.3.3.3.501 Capacité à fréquence industrielle

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage et d'un diviseur de tension capacitif, mesurée à U_{Pr} et à la température ambiante, ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de -5% à $+10\%$. Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas différer de plus de 5% de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

5.3.3.3.502 Facteur de dissipation diélectrique du condensateur à la fréquence industrielle

Les valeurs acceptables du facteur de dissipation, exprimées par la $\tan \delta$ mesurée à U_{Pr} sont les suivantes:

- Papier: $\leq 5 \times 10^{-3}$
- Mixte: film-papier-film et papier-film-papier $\leq 2 \times 10^{-3}$
- Film: $\leq 1 \times 10^{-3}$

NOTE 501 Les valeurs de $\tan \delta$ se rapportent aux diélectriques imprégnés d'huile minérale ou synthétique et à 20°C (293 K).

5.3.3.501 Borne basse tension du diviseur de tension capacitif

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai appliquée entre les bornes basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

5.3.3.502 Borne basse tension exposée aux intempéries

Si la borne basse tension est exposée aux intempéries, elle doit être soumise pendant 1 min à une tension alternative de 10 kV (valeur efficace) entre les bornes basse tension et de terre.

- Durant cet essai, l'ensemble électromagnétique n'est pas déconnecté.

NOTE Les tensions d'essai sont applicables aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur avec protection contre les surtensions.

- Si un éclateur de protection est incorporé entre la borne basse tension et la terre, il convient de l'empêcher son fonctionnement pendant les essais. Il convient de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolation des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires

5.3.501 Exigences d'isolement pour l'ensemble électromagnétique

- a) La tension de tenue assignée au choc de foudre de l'ensemble électromagnétique doit être égale à:

$$\text{tension au choc d'essai du TCT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur de crête)}$$

- b) La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de l'ensemble électromagnétique doit être égale à:

$$U_{Pr} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur efficace)}$$

NOTE 501 Les essais a) peuvent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet.

NOTE 502 Pour l'essai b) l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté du diviseur capacitif.

NOTE 503 Le facteur 3,3 est fixe pour toutes les valeurs de U_m et couvre le plus mauvais cas. (Le facteur

$$3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} \approx \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}} \text{ est le facteur de corrélation entre la tension d'essai alternative et } U_m.)$$

5.4 Fréquence assignée

Le Paragraphe 5.4 de la CEI 61869-1 est applicable avec les compléments suivants:

Pour mesurer les classes de précision, la gamme de fréquences assignée est comprise entre 99 % et 101 % de la fréquence assignée.

Pour les classes de précision de protection, la gamme de fréquences assignée est comprise entre 96 % et 102 % de la fréquence assignée.

5.5 Puissances de précision assignées

5.5.501 Valeurs des puissance de précision assignée

Les valeurs préférentielles de la puissance de précision assignée avec un facteur de puissance unitaire, exprimées en voltampères, sont:

1,0 - 2,5 - 5,0 - 10 VA (gamme de charges I)

où la précision est spécifiée de 0 % à 100 % de la charge assignée.

Les valeurs préférentielles de la puissance de précision assignée avec un facteur de puissance de 0,8 (inductif), exprimées en voltampères, sont:

10 - 25 - 50 - 100 VA (gamme de charges II)

où la précision est spécifiée de 25 % à 100 % de la charge assignée.

NOTE 501 Pour un transformateur donné, si l'une des valeurs de la puissance de précision assignée est normale et est associée à une classe normale de précision, d'autres valeurs de puissance de précision assignée, choisies éventuellement en dehors des valeurs normales, mais associées à d'autres classes normales, peuvent également être indiquées.

5.5.502 Puissance thermique limite assignée

La puissance thermique limite assignée doit être spécifiée en voltampères, les valeurs préférentielles sont

25 - 50 - 100 VA

et leurs multiples décimaux, rapportée à la tension secondaire assignée avec un facteur de puissance unitaire.

NOTE 501 Dans ce cas, les limites d'erreur peuvent être dépassées.

NOTE 502 Dans le cas de plusieurs enroulements secondaires, la puissance thermique limite doit être indiquée séparément pour chaque enroulement.

NOTE 503 La puissance thermique limite est spécifiée et testée sur un enroulement simple, avec les autres enroulements ouverts; en conséquence, en cas de plusieurs valeurs assignées de puissance thermique limite, l'utilisation simultanée de plus d'un enroulement doit être prudemment considérée et/ou acceptée par le constructeur. Voir également 7.2.2.501.

5.5.503 Puissance de sortie pour enroulements de tension résiduelle

La puissance de sortie assignée de l'enroulement destiné à être relié en triangle ouvert avec des enroulements semblables pour produire une tension résiduelle doit être spécifiée en volt-ampères et la valeur doit être choisie parmi celles de [5.5.501](#).

5.5.504 Puissance thermique assignée limite pour enroulements de tension résiduelle

Pour les enroulements de tension résiduelle, il convient que la puissance thermique assignée se réfère à une durée de 8 h pour le facteur de tension assigné.

NOTE 501 Les enroulements de tension résiduelle étant connectés en triangle ouvert, ils ne sont chargés que dans des conditions de défaut.

5.6 Classe de précision assignée

5.6.501 Exigences de précision concernant le transformateur condensateur de tension pour mesure

5.6.501.1 Désignation des classes de précision

Pour les transformateurs condensateurs de tension pour mesure, la classe de précision est désignée par le plus grand pourcentage d'erreur de tension admissible à la tension assignée et avec la charge assignée, prescrite par la classe de précision concernée.

5.6.501.2 Classes de précision normales

Les classes de précision normales pour les transformateurs condensateurs de tension monophasés pour mesure sont:

$$0,2 - 0,5 - 1,0 - 3,0$$

5.6.501.3 Limites de l'erreur de tension et du déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 501 (voir aussi la Figure 501) pour la classe de précision appropriée à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et avec des charges comprises entre 0 % et 100 % de la charge assignée pour la gamme de charge I ou avec des charges comprises entre 25 % et 100 % de la charge assignée pour la gamme de charge II. Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du transformateur condensateur de tension et doivent inclure les effets de tout fusible ou résistance, lorsqu'ils sont fournis en tant que partie intégrante du TCT.

Pour les transformateurs multi-rapports avec prises sur l'enroulement secondaire, les exigences de précision font référence au rapport de transformation le plus élevé sauf spécification contraire.

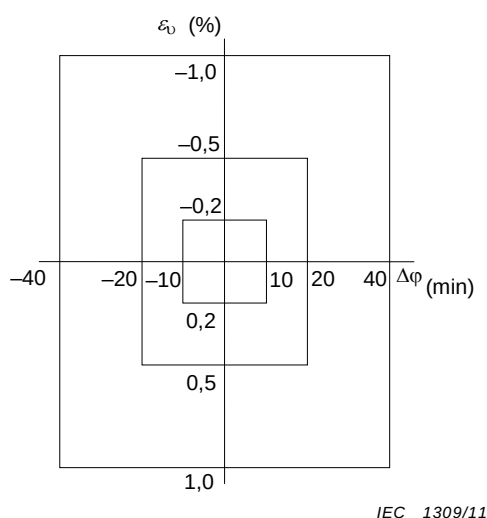
Tableau 501 – Limites de l'erreur de tension et du déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Classe de précision	Erreur de tension (de rapport) ε_u $\pm \%$	Déphasage $\Delta\phi$	
		$\pm$ Minutes	$\pm$ Centiradians
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Non spécifié	Non spécifié

NOTE 501 La charge d'entrée d'un pont compensé est très faible (≈ 0) (c'est-à-dire que l'impédance d'entrée est très élevée).

NOTE 502 Le facteur de puissance de la charge assignée est conforme à 5.5.

NOTE 503 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements secondaires ou plus, si l'un des enroulements n'est chargé qu'occasionnellement, pendant de courtes durées, ou s'il est seulement utilisé comme enroulement de tension résiduelle, son effet sur les autres enroulements peut être négligé.



IEC 1309/11

Figure 501 – Diagramme d'erreur d'un transformateur condensateur de tension pour les classes de précision 0,2, 0,5 et 1,0

5.6.502 Exigences de précision concernant les transformateurs condensateurs de tension pour protection

5.6.502.1 Désignation des classes de précision

La classe de précision pour un transformateur condensateur de tension pour protection est désignée par le pourcentage d'erreur de tension le plus haut admissible exigé pour la classe de précision concernée, à partir de 5 % de la tension assignée jusqu'à une tension correspondant au facteur de tension assigné (voir 5.3.503) Cette expression est suivie de la lettre « P » (voir Tableau 502).

Trois classes supplémentaires de performance transitoire sont introduites en 6.503.3: T1, T2 et T3. Cette désignation doit correspondre à la désignation de la classe de précision. Par exemple, la classe 3PT1 inclut la performance de la classe de précision 3P et de la classe de performance transitoire T1 (voir Tableau 507).

5.6.502.2 Classes de précision normales

Les classes de précision normales pour des transformateurs condensateurs de tension de protection sont « 3P » et « 6P ».

5.6.502.3 Limites de l'erreur de tension et du déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 504 pour la classe de précision appropriée à 2 % et 5 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9) et à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et avec des charges comprises entre 0 % et 100 % de la valeur assignée pour la gamme de charge I ou avec des charges comprises entre 25 % et 100 % de la valeur assignée pour la gamme de charge II.

NOTE 501 Le facteur de puissance de la charge assignée est conforme à 5.5.

NOTE 502 Lorsque des transformateurs ont des limites d'erreur différentes à 5 % de la tension assignée et à la limite supérieure de tension (c'est-à-dire à la tension correspondant à un facteur de tension assigné de 1,2, 1,5 ou 1,9), il convient que cela fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Tableau 502 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour protection

Classes de protection	% de tension assignée											
	2	5	100	X	2	5	100	X	2	5	100	X
	Erreur de tension (rapport) ε_u ($\pm$ %)				Déphasage, $\Delta\phi$ $\pm$ minutes				Déphasage, $\Delta\phi$ $\pm$ centiradians			
3P	6,0	3,0	3,0	3,0	240	120	120	120	7,0	3,5	3,5	3,5
6P	12,0	6,0	6,0	6,0	480	240	240	240	14,0	7,0	7,0	7,0

NOTE X = $F_V \cdot 100$ (facteur de tension assigné multiplié par 100).

5.6.502.4 Classe de précision pour les enroulements secondaires du TCT pour protection destinée à produire une tension résiduelle

La classe de protection pour un enroulement de tension résiduelle doit être 3P ou 6P comme défini en 5.6.502.3.

5.501 Valeurs normales des tensions assignées

5.501.1 Tensions primaires assignées U_{Pr}

Les valeurs normales de la tension primaire assignée d'un transformateur condensateur de tension connecté entre une phase d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre du réseau et la terre doivent être $1/\sqrt{3}$ fois les valeurs des tensions assignées du réseau.

Les valeurs préférentielles sont données dans la CEI 60038.

NOTE 501 Le fonctionnement d'un transformateur condensateur de tension utilisé comme transformateur de mesure ou transformateur de protection est basé sur la tension primaire assignée U_{Pr} tandis que le niveau d'isolation assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevées pour le matériel U_m de la CEI 60071-1.

5.501.2 Tensions secondaires assignées U_{Sr}

La tension secondaire assignée U_{Sr} doit être choisie selon la pratique à l'endroit où le transformateur doit être utilisé. Les valeurs indiquées ci-dessous sont considérées comme des valeurs normales pour des transformateurs condensateurs de tension connectés entre une phase et la terre dans les réseaux triphasés.

- 1) $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V et $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V;
- 2) Basé sur la pratique courante dans certains pays:
 $\frac{115}{\sqrt{3}}$ V pour les systèmes de transmission.

5.501.3 Tensions assignées de l'enroulement secondaire destiné à produire une tension résiduelle

Les tensions secondaires assignées des enroulements destinés à être connectés en triangle ouvert avec des enroulements semblables, afin de produire une tension résiduelle, sont données dans le Tableau 501.

Tableau 503 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension pour produire une tension résiduelle

Valeurs préférentielles V		Autres valeurs (non préférentielles) V
100	110	200
$\frac{100}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{200}{\sqrt{3}}$
$\frac{100}{3}$	$\frac{110}{3}$	$\frac{200}{3}$

NOTE Lorsque les conditions du réseau sont telles que les valeurs préférentielles des tensions secondaires assignées produisent une tension résiduelle qui est trop basse, les valeurs non préférentielles peuvent être utilisées, mais l'attention est attirée sur la nécessité de prendre des mesures de sécurité.

5.501.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné

Le facteur de tension est déterminé par la tension de fonctionnement maximale qui dépend elle-même des conditions de mise à la terre du réseau.

Les facteurs de tension assignés appropriés aux différentes conditions de mise à la terre sont donnés dans le Tableau 502, ainsi que la durée admissible de l'application de la tension de fonctionnement maximale (c'est-à-dire la durée assignée).

**Tableau 504 – Valeurs normales du facteur de tension assigné
pour les exigences de précision et thermiques**

Facteur de tension assigné F_V	Durée assignée	Méthode de connexion de la borne primaire et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre effectivement mis à la terre (voir 3.2.7a de la CEI 61869-1)
1,5	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre non effectivement mis à la terre (voir 3.2.7b de la CEI 61869-1) avec déclenchement automatique sur défaut à la terre.
1,9	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre isolé (voir 3.2.4 de la CEI 61869-1) sans déclenchement automatique sur défaut à la terre ou dans un réseau résonant mis à la terre (voir 3.2.5 de la CEI 61869-1) sans déclenchement automatique sur défaut à la terre.
1,9	8 h	

NOTE 1 Des durées assignées réduites sont admissibles par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les exigences thermiques et de précision d'un transformateur condensateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée tandis que le niveau d'isolation assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

NOTE 3 La tension de fonctionnement maximale d'un transformateur condensateur de tension doit être inférieure ou égale à la tension la plus élevée pour le matériel $U_m/\sqrt{3}$ ou à la tension primaire assignée U_{Pr} multipliée par le facteur de tension assigné 1,2 pour le service continu, selon celle qui est la plus basse.

6 Conception et construction

6.1 Exigences relatives aux liquides utilisés dans l'équipement

L'Article 6 de la CEI 61869-1 est applicable avec les modifications suivantes:

6.1.4 Étanchéité au liquide

6.1.4.501 Étanchéité du diviseur de tension capacitif

L'unité de condensateur ou le diviseur de tension capacitif assemblé complet doit être étanche dans toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

6.1.4.502 Étanchéité de l'ensemble électromagnétique

L'ensemble électromagnétique doit être étanche sur toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

6.7 Exigences mécaniques

La CEI 61869-1 est applicable avec les notes complémentaires suivantes:

NOTE 501 Cette exigence ne s'applique pas aux transformateurs condensateurs de tension suspendus.

NOTE 502 Il convient que le système de suspension d'un transformateur condensateur de tension ou d'un diviseur capacitif soit conçu pour supporter une contrainte de traction égale au moins à la masse en kilogrammes d'un transformateur condensateur de tension ou d'un diviseur capacitif, affecté d'un facteur de sécurité de 2,5, qui multiplié par 9,81 exprime la force correspondante en Newtons.

NOTE 503 Si le transformateur condensateur de tension est utilisé pour supporter un circuit-bouchon de ligne, il convient que d'autres charges d'essai fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

6.8 Chocs coupés multiples sur les bornes primaires

Cet article n'est pas applicable au transformateur condensateur de tension.

6.9 Exigences concernant la protection contre un défaut d'arc interne

Cet article n'est pas applicable au transformateur condensateur de tension.

6.13 Marquages

L'Article 6.13 de la CEI 61869-1 est applicable avec le texte et les paragraphes supplémentaires suivants:

Les informations suivantes doivent être fournies sur la plaque signalétique de chaque unité de condensateur:

- 1) constructeur;
- 2) numéro de série et année de fabrication;
- 3) capacité assignée C_r en picofarads.

6.13.501 Marquage des bornes

Le marquage des bornes doivent être conformes aux Figures 502, 503, 504 et 505.

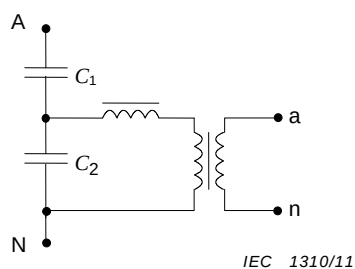


Figure 502 – TCT à un enroulement secondaire

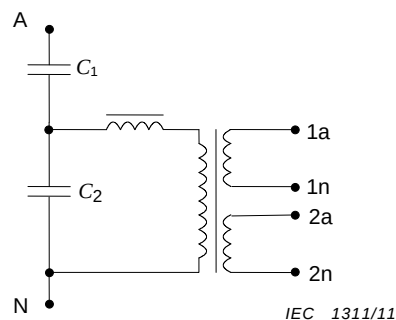


Figure 503 – TCT à deux enroulements secondaires

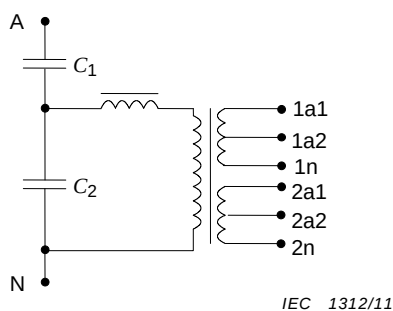


Figure 504 – TCT à deux enroulements secondaires à prise intermédiaire

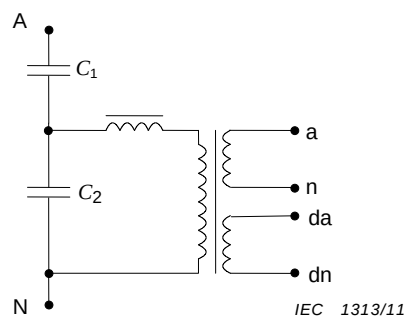


Figure 505 – TCT à un enroulement secondaire et un enroulement de tension résiduelle

6.13.502 Marquage de la plaque signalétique

Voir Tableau 505 pour marquage de la plaque signalétique.

Tableau 505 – Marquage sur la plaque signalétique

N°	Valeur assignée	Abréviation	M-TCT	(M + P)-TCT	Article/paragraphe
1	Nom du constructeur ou abréviation		X	X	6.13 (a) de la CEI 61869-1
2	Indication: transformateur condensateur de tension		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
3	Type, désignation		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
4	Année de fabrication		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
5	Numéro de série		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
6	Tension la plus élevée pour le matériel	U_m [kV]	X	X	6.13 (d) de la CEI 61869-1
7	Niveau d'isolation assigné basé sur U_m SIL /BIL /AC p.ex. $U_m < 300$ kV $U_m > 300$ kV		X	X	6.13 (e) de la CEI 61869-1
8	Fréquence assignée	f_R [Hz]	X	X	5.4
9	Facteur de tension assigné fonctionnent continu fonctionnent de courte durée	F_V	X X	X X	5.3.503
10	Capacité assignée du diviseur capacitif	C_r [pF]	X	X	3.1.518
11	Capacité assignée du condensateur haute tension	C_1 [pF]	X	X	3.1.518
12	Capacité assignée du condensateur à tension intermédiaire	C_2 [pF]	X	X	3.1.518
13	Nombre d'unités de condensateur		X	X	3.1.515
14	Numéro de série des unités de condensateur		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
15	Catégories de température ambiante		X	X	6.13 (f) de la CEI 61869-1
16	Diviseur capacitif: huile d'isolation (huile minérale ou synthétique)	Type Masse [kg]	X	X	
17	Ensemble électromagnétique: huile d'isolation (huile minérale ou synthétique)	Type Masse [kg]	X	X	

N°	Valeur assignée	Abréviation	M-TCT	(M + P)-TCT	Article/paragraphe
18	Masse du TCT complet	[kg]	X	X	6.13 (g) de la CEI 61869-1
19	Édition de la norme (année)	CEI 61869-5 (200X)	X	X	-
20	Courant I: connexion A1-A2	$I [A]$ $A_1 - A_2$	X	X	3.1.511
21	Tension primaire assignée et identification des bornes	A – N $U_{Pr} (V)$	X	X	3.2.501 6.13.501
22	Marquage des bornes des'enroulements secondaires	1a – 1n 2a – 2n 3a – 3n	X	X	6.13.501
23	Tension secondaire assignée	$U_{Sr} (V)$	X	X	5.3.502.2
24	Valeurs de puissance de précision assignée	VA	X	X	5.5.1
25	Classe de précision	M	X		5.6.501.2
26	Classe de précision	M P	X	X	5.6.501.2 5.6.502.2
27	Puissance simultanée maximale pour les enroulements d'un TCT complet en fonction de la classe de précision	VA M	X		5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
		VA M		X	5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
28	Puissance thermique limite	VA	X	X	5.5.2
29	Classes de réponse en régime transitoire			X	6.503.3
30	accessoires pour courant porteur Bobine de drainage Dispositif limiteur de tension BIL 1,2 / 50 μ s	mH kV	X X	X X	6.504.2 6.504.3
NOTE 1 Signification des abréviations: M: mesure P: protection (M + P): mesure et protection BIL: Niveau d'isolement aux chocs de foudre (en anglais Basic Impulse insulation Level) (réf. 5.2 Tableau 2, colonne 3 de la CEI 61869-1)) SIL: Niveau d'isolement aux chocs de manœuvre (en anglais Switching Impulse Level) (réf. 5.2 Tableau 2, colonne 4 de la CEI 61869-1)) NOTE 2 Les éléments concernant les accessoires pour courant porteur peuvent apparaître sur une plaque supplémentaire.					

Pour les transformateurs de tension ayant une charge de précision n'excédant pas 10 VA et une charge étendue jusqu'à 0 VA, ce marquage doit être indiqué immédiatement avant l'indication de la charge (par exemple, 0 VA -10 VA classe 0,2).

6.501 Capacité de tenue au court-circuit

Le transformateur condensateur de tension doit être conçu et réalisé pour supporter sans dommages, lorsqu'il est alimenté sous sa tension assignée, les effets mécaniques, électriques et thermiques d'un court-circuit externe du ou des enroulements secondaires pendant une durée d'une seconde.

6.502 Ferro-résonance

6.502.1 Généralités

Le transformateur condensateur de tension doit être conçu et réalisé pour empêcher les oscillations permanentes de ferro-résonance.

6.502.2 Transitoires des oscillations de ferro-résonance

Le transitoire de l'oscillation de ferro-résonance est défini par la formule suivante:

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_S \times T_F - \frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}}{\frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}} = \frac{k_r \times \hat{U}_S \times T_F - \sqrt{2} \times U_P}{\sqrt{2} \times U_P}$$

Erreur instantanée maximale $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée T_F

où

$\hat{\varepsilon}_F$ est l'erreur instantanée maximale

$\hat{U}_S$ est la tension secondaire (crête)

U_P est la tension primaire (valeur efficace)

U_{Pr} est la tension primaire assignée (valeur efficace)

k_r est le rapport de transformation

T_F est la durée de la ferro-résonance

Pour toute tension inférieure à $F_V \cdot U_{Pr}$ et pour toute charge comprise entre 0 et la charge assignée, après apparition d'un phénomène de ferro-résonance du transformateur condensateur de tension dues à des opérations de manœuvre ou à des transitoires sur les bornes primaires ou secondaires, les oscillations de ferro-résonance ne doivent pas se maintenir. L'erreur instantanée maximale $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée spécifiée T_F est indiquée dans les Tableaux 506a et 506b:

a) Réseau à neutre effectivement mis à la terre (voir 4.4 de la CEI 61869-1)

Tableau 506a – Exigences concernant la ferro-résonance

Tension primaire U_P (valeur efficace)	Durée de l'oscillation de ferro-résonance T_F s	Erreur $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

b) Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (voir Paragraphe 4.4 de la CEI 61869-1)

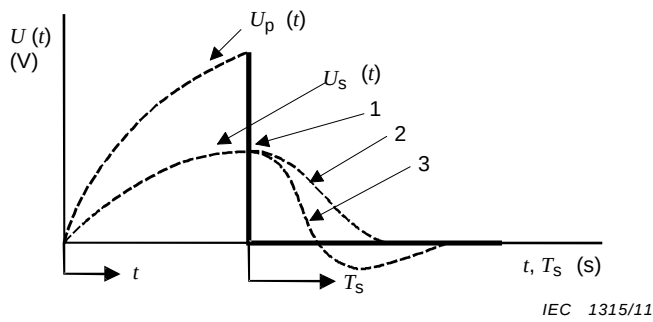
Tableau 506b – Exigences concernant la ferro-résonance

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée de l'oscillation de ferro-résonance T_F s	Erreur $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,9 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

6.503 Réponse en régime transitoire

6.503.1 Généralités

La caractéristique de la réponse en régime transitoire est donnée par le rapport entre la tension secondaire $U_S(t)$ à un temps spécifié T_S après application du court-circuit au primaire et la valeur crête de la tension secondaire $F_V \times \sqrt{2} \times U_{Sr}$ avant application du court-circuit au primaire. La tension secondaire $U_S = U_S(t)$ après un court-circuit de la tension primaire $U_P = U_P(t)$ peut être représentée comme suit:



Légende

- 1 Court-circuit de $U_p(t)$
- 2 Amortissement apériodique de $U_S(t)$
- 3 Amortissement périodique de $U_S(t)$

Figure 507 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension

6.503.2 Exigences concernant la réponse en régime transitoire

Après un court-circuit de l'alimentation entre la borne haute tension A et la borne basse tension N reliée à la terre, la tension secondaire instantanée d'un transformateur condensateur de tension doit décroître pendant un temps spécifié T_S jusqu'à une valeur spécifiée de la tension crête avant l'application du court-circuit (voir Figure 507).

6.503.3 Classes normales de réponse en régime transitoire

Les classes de réponse en régime transitoire sont définies dans le Tableau 507.

L'essai de type pour la réponse transitoire doit être effectué conformément au 7.2.504.

Tableau 507 – Valeurs et classes normales de réponse en régime transitoire

Temps T_S s	Rapport $\frac{ U_S(t) }{\sqrt{2} \times U_S} \times 100\%$		
	Classes		
	3PT1 6PT1	3PT2 6PT2	3PT3 6PT3
$10 \cdot 10^{-3}$	-	≤ 25	≤ 4
20×10^{-3}	≤ 10	≤ 10	≤ 2
40×10^{-3}	< 10	≤ 2	≤ 2
60×10^{-3}	< 10	$\leq 0,6$	≤ 2
90×10^{-3}	< 10	$\leq 0,2$	≤ 2
NOTE 1 Pour une classe spécifiée, la réponse en régime transitoire de la tension secondaire $U_S(t)$ peut être amortie apériodique ou périodique et un dispositif d'amortissement fiable peut être utilisé.			
NOTE 2 Pour les classes de réponse en régime transitoire 3PT3 et 6PT3, un transformateur condensateur de tension nécessite l'utilisation d'un dispositif d'amortissement.			
NOTE 3 D'autres valeurs de rapport et de temps T_S peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.			
NOTE 4 Le choix de la classe de réponse en régime transitoire dépend des caractéristiques des relais de protection spécifiés.			

Si un dispositif d'amortissement est utilisé, il convient que la preuve de la fiabilité de ce dispositif fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

6.504 Exigences concernant les accessoires pour courant porteur

6.504.1 Généralités

Les accessoires pour courant porteur, comprenant une bobine de drainage et un dispositif de protection, doivent être connectés entre la borne basse tension du diviseur de tension capacitif et la borne de terre. Le schéma type est représenté à la Figure 5A.2.

Lorsque un accessoire pour courant porteur est connecté par le constructeur dans le conducteur de terre du condensateur à tension intermédiaire, la précision du transformateur condensateur de tension doit rester dans la classe de précision spécifiée (voir Figure 5A.2).

Les exigences concernant le dispositif de couplage complet sont définies dans la CEI 60481.

6.504.2 Bobine de drainage

La bobine de drainage doit être conçue de la façon suivante:

- il convient que l'impédance à la fréquence industrielle entre la borne primaire et les bornes de terre du dispositif de couplage soit aussi basse que possible et qu'elle ne dépasse en aucun cas 20Ω ;
- la capacité de transport de courant à fréquence industrielle est comme suit:
 - fonctionnement continu: 1 A valeur efficace,
 - courant de courte durée: 50 A valeur efficace pendant 0,2 s;
- la bobine de drainage doit pouvoir supporter une tension de choc de $1,2/50 \mu s$ dont la valeur crête est égale à deux fois la valeur de la tension d'amorçage au choc du dispositif limiteur de tension.

6.504.3 Dispositif limiteur de tension

Le dispositif limiteur de tension peut être un éclateur ou tout autre type de limiteur de surtension ayant une tension d'amorçage à fréquence industrielle U_{SP} supérieure à dix fois la tension alternative maximale aux bornes de la bobine de drainage pendant des conditions de fonctionnement assigné.

La tension U_{SP} est donnée par la formule suivante:

$$U_{SP} \geq 10 \times F_V \times \frac{U_m}{\sqrt{3}} \times (2\pi f_R)^2 \times C_N \times L_D$$

où L_D est la valeur de la bobine de drainage en henry.

NOTE 501 Exemple de niveau d'isolement:

a) Tension de tenue à fréquence industrielle:

- éclateur à air: 2 kV valeur efficace;
- limiteur de surtension à résistance non linéaire à éclateur: tension assignée: environ 1 kV valeur efficace.

b) Tension de tenue au choc:

- éclateur à air et limiteur de surtension à résistance non linéaire à éclateur: à la tension de choc d'essai d'environ 4 kV, avec une forme d'onde de 8/20 μ s, il convient que le limiteur de surtension soit capable de supporter un courant de crête d'au moins 5 kA.

NOTE 502 Seuls l'éclateur à air et le limiteur de surtension à résistance non linéaire avec éclateur conviennent pour cette application.

7 Essais

7.1 Généralités

7.1.2 Liste des essais

Remplacer le Tableau 10 de la CEI 61869-1 par le suivant:

Tableau 10 – Liste des essais

Essais	Paragraphe
Essais de type	7.2
Essai d'échauffement	7.2.2
Essai au choc de foudre coupé	7.4.1
Essai de tension de choc sur les bornes primaires	7.2.3
Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur	7.2.4
Essais de compatibilité électromagnétique	7.2.5
Essai de précision	7.2.8
Vérification du degré de protection par les enceintes	6.10
Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	7.2.8
Essai de pression pour l'enveloppe	7.2.9
Mesure de la capacité et de $\tan \delta$ à fréquence industrielle	7.2.501
Essai de capacité de tenue au court-circuit	7.2.502
Essai de ferro-résonance	7.2.503
Essai de réponse transitoire (pour les transformateurs condensateurs pour protection)	7.2.504
Essais de type des accessoires pour courant porteur	7.2.505
Essais individuels de série	7.3
Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires	7.3.1
Mesure de décharges partielles	7.3.2
Essais de tenue de tension à fréquence industrielle entre sections	7.3.3
Essais de tenue de tension à fréquence industrielle sur les bornes secondaires	7.3.4
Essai de précision	7.3.5
Vérification des marquages	7.3.6
Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	7.3.7
Essai de pression pour l'enceinte	7.3.8
Contrôle de ferro-résonance	7.3.501
Essais individuels de série des accessoires pour courant porteur	7.3.502
Essais spéciaux	7.4
Essai de surtensions transmises	7.4.4
Essais mécaniques	7.4.5
Essai d'étanchéité de l'enveloppe à basse et haute températures	7.4.7
Essai du point de rosée du gaz	7.4.8
Essai de corrosion	7.4.9
Essai de risque incendie	7.4.10
Détermination du coefficient de température (T_C)	7.4.501
Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateur	7.4.502
Essais d'échantillons	7.5

7.1.3 Séquence des essais

Remplacer l'Article 7.1.3 de la CEI 61869-1 par le suivant:

Séquence d'essais considérant un ou deux appareils:

La séquence d'essais de l'organigramme doit être considérée comme obligatoire (voir Figures 508a et 508b).

NOTE 501 Une légère modification de la séquence d'essais peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

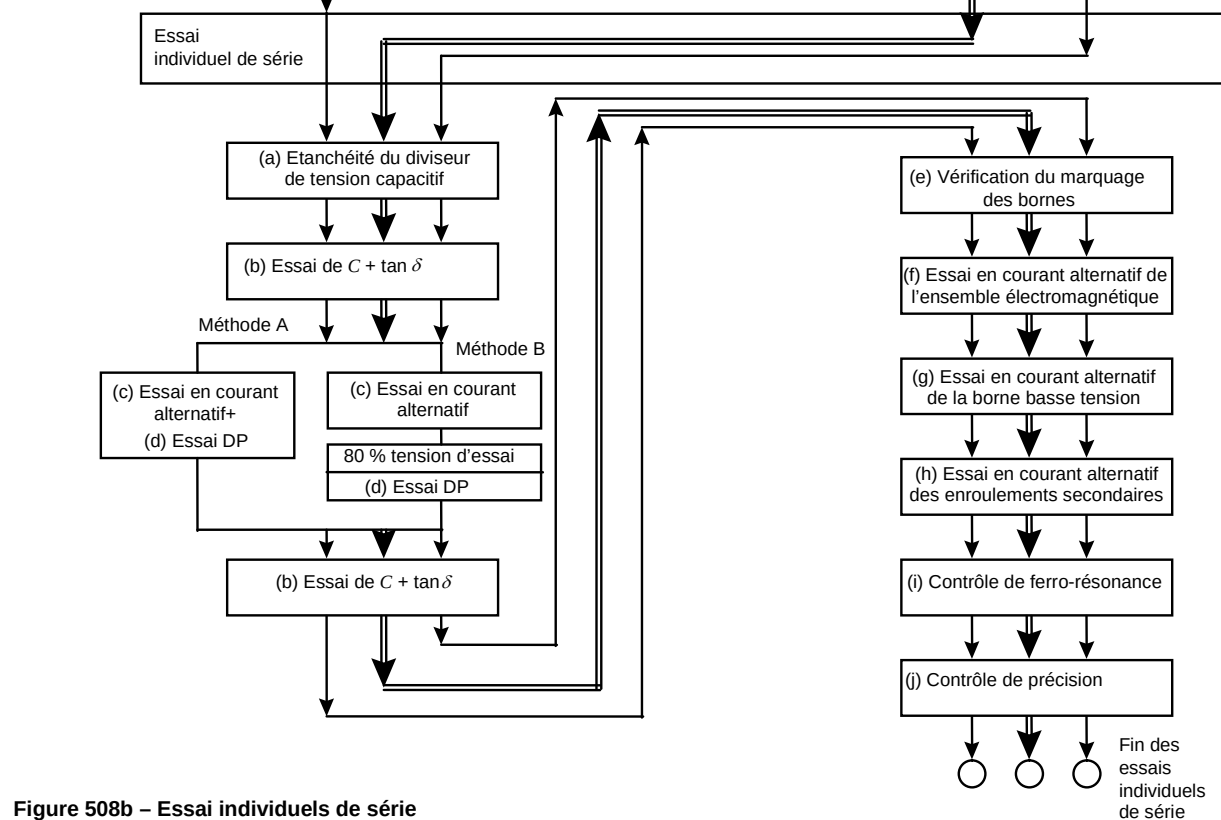
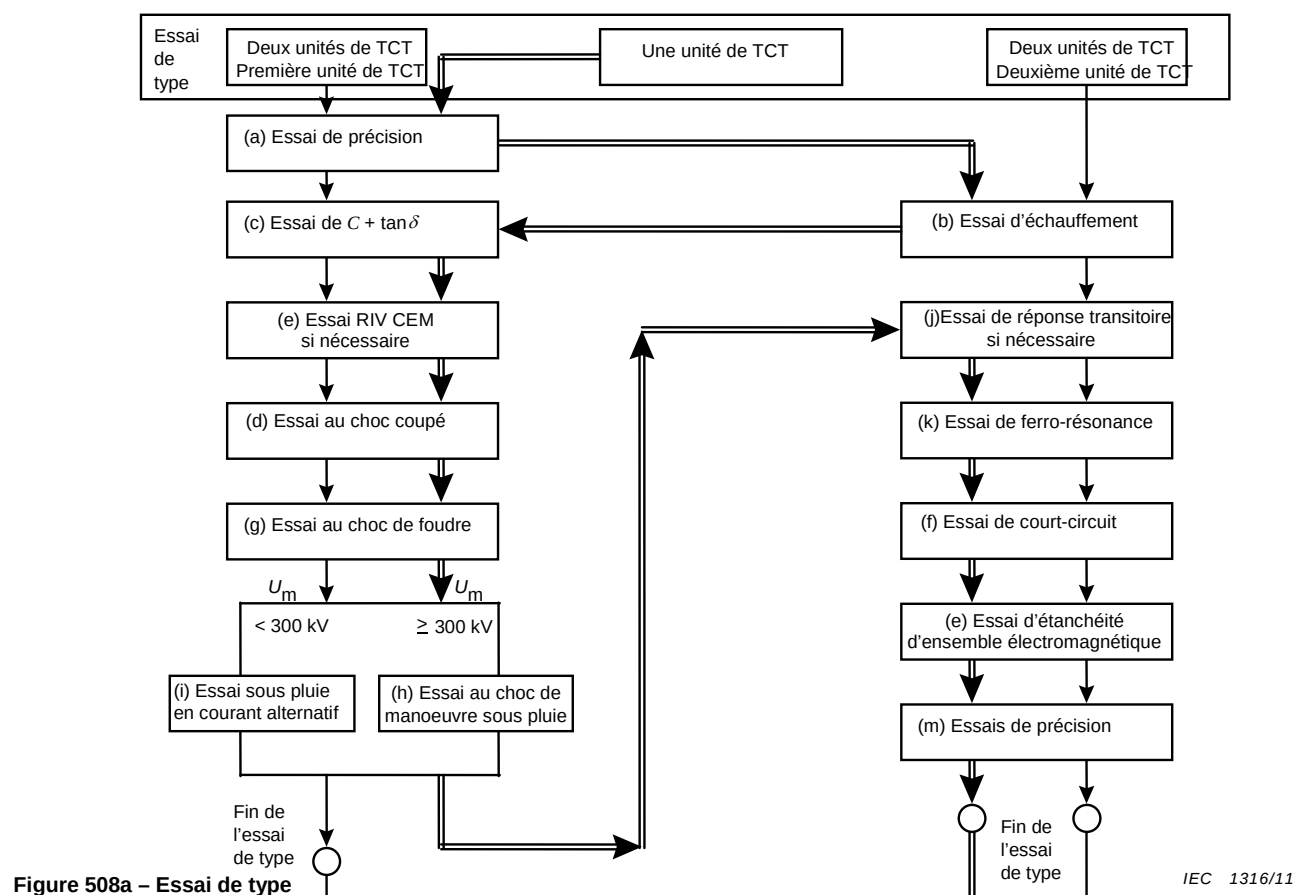


Figure 508 – Organigrammes de la séquence d'essais à appliquer pour les essais de type (Figure 508a) et les essais individuels de série (Figure 508b)

Les essais répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 80 % de la tension d'essai spécifiée. Les essais de type peuvent être effectués sur un ou deux transformateurs condensateurs de tension en conformité avec la séquence d'essai de l'organigramme fourni sur la Figure 508.

7.2 Essais de type

7.2.2 Essai d'échauffement

L'Article 7.2.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes supplémentaires suivants:

7.2.2.501 Essai d'échauffement sur les enroulements secondaires d'un TCT pour mesure ou protection

L'essai peut être réalisé sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur l'ensemble électromagnétique seul. Lorsque l'essai est réalisé sur le transformateur condensateur complet, la tension primaire U_P doit être réglée conformément au Tableau 2 de la CEI 61869-1:

Lorsque l'essai est réalisé sur l'ensemble électromagnétique, le transformateur intermédiaire doit être réglé de telle manière à avoir une tension secondaire $U_S(t)$ en conformité avec le Tableau 508.

L'essai d'échauffement doit être réalisé avec la charge assignée ou avec la charge assignée la plus élevée, s'il y a plusieurs charges assignées (voir 5.5). La température doit être enregistrée.

Lorsqu'il y a plusieurs enroulements secondaires, l'essai doit être réalisé avec la charge assignée appropriée connectée simultanément à chaque enroulement secondaire, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

L'enroulement de tension résiduelle doit être chargé conformément à 5.5.502.

La température ambiante sur le lieu de l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Les transformateurs condensateurs de tension ou l'ensemble électromagnétique seul doivent être essayés conformément aux points a), b) ou c) ci-dessous, comme il convient.

- a) Tous les transformateurs de tension, indépendamment du facteur de tension et de la durée assignée, doivent faire l'objet d'un essai à 1,2 fois la tension primaire assignée.

Si une valeur de puissance thermique limite est spécifiée, le transformateur doit faire l'objet d'un essai à la tension primaire assignée, avec une charge correspondant à la puissance thermique limite avec un facteur de puissance unitaire sans charger l'enroulement de tension résiduelle.

Si une valeur de puissance thermique limite est spécifiée pour un ou plusieurs enroulements secondaires, le transformateur doit faire l'objet d'un essai séparément avec chacun de ces enroulements connectés, un par un, avec une charge correspondant à la puissance thermique limite appropriée avec un facteur de puissance unitaire.

L'essai doit se poursuivre jusqu'à ce que la température du transformateur atteigne un état stable.

- b) Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,5 pendant 30 s ou de 1,9 pendant 30 s doivent faire l'objet d'un essai avec leur facteur de tension respectif pendant 30 s comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

En variante, ces transformateurs peuvent faire l'objet d'un essai avec leur facteur de tension respectif pendant 30 s en partant de l'état à froid; l'échauffement des enroulements ne doit pas alors dépasser 10 K.

NOTE Cet essai peut être omis s'il peut être prouvé par d'autres moyens que le transformateur est satisfaisant dans ces conditions.

- c) Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,9 pendant 8 h doivent faire l'objet d'un essai à 1,9 fois la tension assignée pendant 8 h comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

On peut considérer que l'ensemble électromagnétique est dans un état stable lorsque la vitesse d'échauffement ne dépasse pas 1 K par heure. L'échauffement des enroulements doit être déterminé par la méthode de variation de résistance.

La température ambiante peut être mesurée au moyen de thermomètres ou de thermocouples immergés dans un matériau isolé thermiquement, de sorte que le système ait une constante de temps thermique du même ordre que l'ensemble électromagnétique seul.

Tableau 508 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement

Charge	Charge assignée						Puissance thermique limite d'un enroulement secondaire	
Facteur de tension et durée du défaut	$F_V = 1.2$ continue		$F_V = 1.5$ ou 1.9 30 s		$F_V = 1.9$ 8 h		-	-
Configuration de l'essai	Ensemble électromagnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électromagnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électromagnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électromagnétique	Transformateur condensateur de tension complet
Tension d'essai jusqu'à ce que l'échauffement soit inférieur à 1 K/h	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_f}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_f}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_f}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_C = \frac{U_{Pr}}{K_C}$	$U_P = U_{Pr}$
Tension d'essai pendant la durée du défaut	–	–	$U_S = \frac{F_V \times U_{Pr}}{k_f}$	$U_P = F_V \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,9 \times U_{Pr}}{k_f}$	$U_P = 1,9 \times U_{Pr}$	–	–

Essai supplémentaire si une puissance thermique limite est spécifiée

7.2.2.502 Essai d'échauffement pour un enroulement de tension résiduelle du TCT

Si l'un des enroulements secondaires est utilisé comme enroulement de tension résiduelle, un essai doit être effectué conformément à 7.2.2.501, après l'essai décrit au mode opératoire a).

Pendant l'essai de préconditionnement à 1,2 fois la tension primaire U_{Pr} , l'enroulement de tension résiduelle n'est pas chargé.

Pendant l'essai, d'une durée de 8 h à 1,9 fois la tension primaire assignée, l'enroulement de tension résiduelle doit être chargé avec la charge correspondant à la puissance thermique limite assignée (voir 5.5.502), alors que les autres enroulements sont chargés à leur charge assignée.

Si pour d'autres enroulements secondaires une puissance thermique limite est spécifiée, un essai supplémentaire doit être effectué conformément à 7.2.2.501 à 1,2 fois la tension primaire U_{pr} , sans charger l'enroulement de tension résiduelle.

NOTE 501 La mesure de la tension est effectuée sur l'enroulement primaire, car la tension secondaire réelle peut être sensiblement inférieure à la tension secondaire assignée multipliée par le facteur de tension.

7.2.3 Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires

7.2.3.1 Généralités

L'Article 7.2.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec les exigences supplémentaires suivantes:

La borne de mise à la terre, l'enroulement primaire ou la borne de ligne ne faisant pas l'objet d'un essai au moins de chaque enroulement secondaire, la carcasse, le boîtier (s'il y a lieu) et le noyau (s'il est destiné à être mis à la terre) doivent être mis à la terre durant l'essai.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être conforme à la CEI 60060-1, mais le temps de montée peut être augmenté jusqu'à 8 μ s maximum, en raison des limitations du matériel d'essai.

Une défaillance du transformateur condensateur de tension sera détectée durant l'essai individuel de série final.

Les connexions à la terre peuvent être réalisées par l'intermédiaire de dispositifs d'enregistrement de courant adaptés.

Pour cet essai, les dispositifs limiteur de surtension doivent être déconnectés.

7.2.3.3 Essai de tension au choc de manoeuvre

7.2.3.3.1 Généralités

L'Article 7.2.3.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

L'essai doit être effectué sur un TCT complet. Les tensions d'essai sont données dans le Tableau 2.

7.2.4 Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur

L'Article 7.2.4 de la CEI 61869-1 est applicable avec le texte supplémentaire suivant:

Pendant l'essai sous pluie en courant alternatif, les dispositifs d'amortissement et de protection doivent être déconnectés. Si la connexion intermédiaire entre l'ensemble électromagnétique et le diviseur capacitif est de type intérieur, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté. Si la connexion intermédiaire entre l'ensemble électromagnétique et le diviseur capacitif est de type extérieur, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté mais il doit alors faire l'objet d'un essai sous pluie séparément avec la tension alternative et la durée spécifiées en 7.3.1.504.

7.2.6 Essai concernant la précision

7.2.6.501 Généralités

Les essais doivent être effectués à la fréquence assignée, à la température ambiante et aux deux températures extrêmes sur un transformateur condensateur de tension complet.

Le circuit équivalent peut être utilisé pour une classe ≥ 1 .

Pour les classes 0,5 et 0,2, l'utilisation du circuit équivalent, ou un calcul de l'influence de la température, doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE 501 Les essais effectués aux températures extrêmes sur un transformateur condensateur de tension complet sont plus sévères que les essais sur le circuit équivalent ou qu'un calcul de l'influence de la température, mais ils sont très difficiles à réaliser et sont coûteux. Les essais effectués sur un transformateur condensateur de tension complet donnent également les meilleures indications possibles concernant les erreurs de mesure qui peuvent apparaître en service par suite des variations de la température ambiante.

Si le circuit équivalent est utilisé, on doit effectuer deux mesures dans des conditions identiques de tension, de charge, de fréquence et de température, dans la plage de référence normale: une mesure sur l'appareil complet et une mesure sur le circuit équivalent.

La différence entre les résultats de ces deux mesures ne doit pas dépasser 20 % de la classe de précision (par exemple 0,1 % et 4 min pour la classe de précision 0,5). Cette différence doit être prise en compte par l'ajout d'une marge de 20 % lors de la détermination des erreurs du transformateur condensateur de tension complet aux limites de température et de fréquence.

Si l'on connaît les caractéristiques de température du diviseur capacitif sur la plage de référence de température, les erreurs aux valeurs extrêmes de température peuvent être déterminées par des calculs basés sur les résultats des mesures à une température donnée et sur le coefficient de température du diviseur capacitif. En variante, une mesure à la température ambiante ne peut être effectuée en circuit équivalent que si la capacité équivalente, par exemple un condensateur réalisé spécialement dans ce but, est adaptée aux valeurs de capacité qui correspondent aux valeurs de température extrêmes, en tenant compte du coefficient de température du diviseur capacitif réel.

Les essais à une valeur de température constante doivent être effectués aux valeurs de fréquence extrêmes.

Les valeurs réelles de la fréquence d'essai et de la température d'essai doivent figurer dans le rapport d'essai.

NOTE 502 Les essais montrent l'effet de la charge, de la tension et de la fréquence ainsi que de la température sur la capacité équivalente $C_1 + C_2$, sur la valeur de l'erreur. Il convient de veiller au fait qu'on ne peut déterminer l'effet de la température sur la réactance inductive et sur les résistances de l'enroulement de l'ensemble électromagnétique qu'à condition de soumettre l'ensemble électromagnétique réel aux températures extrêmes. Pour obtenir une indication supplémentaire concernant les variations du rapport du diviseur capacitif provoquées par la température, il est recommandé de mesurer les erreurs de tension et les déphasages avant et juste après ou pendant l'essai d'échauffement de 7.2.2 effectué en essai direct sur le transformateur condensateur de tension. Dans ce cas, la mesure ainsi que l'essai d'échauffement ne peuvent pas être effectués sur le circuit équivalent ou sur l'ensemble électromagnétique seul.

NOTE 503 Le retour d'expérience désormais acquise a montré que l'on pouvait utiliser de manière satisfaisante des transformateurs condensateurs de tension de la classe de précision 0,5. Les variations brutales de température, les conditions atmosphériques et de pollution particulières, les capacités parasites et les courants de fuite peuvent influencer sur les erreurs de tension et les déphasages. On ne peut évaluer ces influences qu'à partir de considérations théoriques. Elles sont principalement importantes pour les transformateurs condensateurs de tension des classes de précision supérieures.

7.2.6.502 Essais de type de précision du TCT de mesure

Afin de prouver la conformité avec 7.3.5.501 et 5.6.501, les essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, dans la gamme des valeurs normales de fréquence de référence pour la mesure et avec des valeurs conformes au Tableau 509 avec un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 de circuit inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet et aux puissances de précision assignées limites supérieure et inférieure.

Tableau 509 – Gammes de charges pour les essais de précision

Gamme de charges	Valeurs préférentielles de puissance de précision assignée VA	Valeurs d'essai de puissance de précision assignée %
I	1,0 2,5 5 10	0 et 100
II	10 25 50 100	25 et 100

7.2.6.503 Essais de type de précision du TCT pour protection

Afin de prouver la conformité avec 5.6.502.3, les essais de type doivent être effectués à 2 % 5 % et 100 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9), aux deux valeurs extrêmes de la gamme des fréquences normales de référence pour protection et avec des valeurs de puissance de précision assignée conformes au Tableau 509 avec un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 de circuit inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

Un enroulement de tension résiduelle n'est pas chargé pendant les essais effectués à des tensions allant jusqu'à 100 % de la tension assignée et il est chargé à la charge assignée durant l'essai effectué à une tension égale à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné.

7.2.6.504 Essais de type de précision des TCT pour mesure et protection

Afin de prouver la conformité avec 7.3.5.501, les essais de type doivent être effectués simultanément sur tous les enroulements de mesure et de protection comme spécifié en 7.2.6.502 et 7.2.6.503.

Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires ou plus, en raison de leur interdépendance, il convient que l'utilisateur spécifie des gammes de puissance, une pour chaque enroulement, la limite supérieure de chacune de ces gammes de puissance correspondant à une valeur normale de la puissance de précision assignée. Il convient que chaque enroulement soit conforme à ses exigences de précision dans sa gamme de puissance alors que, simultanément, le ou les autres enroulements ont une puissance de précision d'une valeur quelconque comprise entre 0 % et 100 % de la gamme de puissance de précision. Pour vérifier la conformité à cette exigence, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes uniquement. Si aucune spécification des gammes de puissance de précision n'est fournie, on estime que ces gammes sont conformes au Tableau 509.

7.2.8 Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante

7.2.8.501 Essai d'étanchéité d'un ensemble électromagnétique rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai de type effectué sur l'ensemble électromagnétique assemblé pour une utilisation normale, rempli du liquide spécifié. Une pression minimale de $(0,5 \pm 0,1) \cdot 10^5$ Pa au-dessus de la pression maximale de fonctionnement doit être maintenue pendant 8 h à l'intérieur de l'ensemble électromagnétique. On doit considérer que l'ensemble électromagnétique a réussi l'essai s'il n'y a aucune preuve de fuite.

7.2.501 Mesure de la capacité et de $\tan \delta$ à fréquence industrielle

7.2.501.1 Mesure de la capacité

L'essai peut être effectué sur le diviseur de tension capacitif, sur un empilage de condensateurs ou sur des unités séparés. Pendant cet essai, l'ensemble électromagnétique doit être déconnecté.

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. L'incertitude de la méthode de mesure doit être indiquée dans le rapport d'essai.

La mesure finale de la capacité doit être effectuée à $U_{Pr} \pm 10 \%$ après les essais diélectriques de type et/ou individuels de série. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

Afin de révéler tout changement de la capacité dû au claquage d'un ou plusieurs éléments, une mesure préliminaire de la capacité doit être effectuée avant les essais diélectriques de type et/ou individuels de série, à une tension suffisamment faible (moins de 15 % de la tension assignée) pour qu'il ne se produise pas de claquage d'élément.

NOTE 501 Lorsqu'une borne de tension intermédiaire est encore accessible lorsque le transformateur condensateur de tension est complètement assemblé, il convient de mesurer les capacités suivantes:

- a) la capacité entre les bornes de ligne et à basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre,
- b) la capacité entre les bornes intermédiaire et à basse tension ou entre les bornes intermédiaires et de terre.

NOTE 502 Si le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie en fonction de la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de la capacité après l'essai de tension à une tension égale à celle précédemment utilisée, puis à la tension de mesure, qui ne doit pas être inférieure à la tension assignée.

NOTE 503 Si l'unité faisant l'objet d'un essai contient un grand nombre d'éléments en série, il peut être difficile de s'assurer qu'aucun claquage ne s'est produit en raison des incertitudes suivantes:

- la reproductibilité de la mesure;
- la variation de la capacité due aux forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;
- la variation de la capacité due à la différence de la température du condensateur avant et après les essais.

Dans ce cas, il convient que le fabricant démontre qu'aucun claquage ne s'est produit, par exemple en comparant les variations de la capacité de condensateurs de même type et/ou en calculant la variation de la capacité due à l'augmentation de la température pendant l'essai. Pour diminuer l'incertitude de mesure, il peut être commode d'effectuer ces mesures sur chaque unité.

La capacité C d'un élément, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas varier de plus de $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_o}$ durant toutes les procédures d'essai.

NOTE 504 $C = \frac{C_o}{n}$

où

n est le nombre d'éléments en série;

C_o est la capacité d'un élément.

Le choix d'un ou de deux transformateurs est laissé au constructeur.

Le rapport de l'essai de type doit inclure les résultats des essais individuels de série.

NOTE 505 ΔC est la variation mesurée de la capacité C .

7.2.501.2 Mesure de $\tan \delta$

Les pertes d'un condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à $U_{Pr} \pm 10 \%$ lors des mesures de capacité, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure doit être indiquée. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord, entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

NOTE 501 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 502 La valeur de $\tan \delta$ dépend de la conception de l'isolation et de la tension, de la température et de la fréquence de mesure.

NOTE 503 La valeur de $\tan \delta$ de certains types de diélectriques est une fonction du temps d'excitation avant la mesure.

NOTE 504 Les pertes du condensateur sont une indication du processus de séchage et d'imprégnation.

7.2.502 Essai de tenue au court-circuit

Cet essai doit être effectué pour démontrer la conformité à 6.501. Pour cet essai, la température initiale du transformateur doit être comprise entre 10 °C et 30 °C. Le transformateur condensateur de tension doit être alimenté entre la borne à haute tension et la terre et le court-circuit doit être appliqué entre les bornes secondaires. Un court-circuit doit être appliqué pendant une durée d'une seconde. Le courant doit être mesuré et enregistré.

NOTE 501 Cette exigence s'applique également lorsque des fusibles font partie intégrante du transformateur.

Pendant le court-circuit, la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes du transformateur ne doit pas être inférieure à la tension primaire assignée U_{Pr} entre phase et terre.

Si les transformateurs comportent plusieurs enroulements secondaires, plusieurs sections d'enroulements secondaires, ou un enroulement secondaire à prises, les connexions pour l'essai doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

On doit considérer que le transformateur condensateur de tension a réussi cet essai si, après refroidissement jusqu'à la température ambiante, il satisfait aux exigences suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de façon visible;
- b) ses erreurs ne diffèrent pas des valeurs consignées avant les essais de plus de la moitié des valeurs limites d'erreur correspondant à sa classe de précision et la valeur de la capacité ne varie pas de manière significative;
- c) il supporte l'essai diélectrique de série spécifié à l'Article 7.1.2.
- d) à l'examen, l'isolation à proximité de la surface des enroulements primaire et secondaire de l'ensemble électromagnétique ne présente pas de détérioration significative (par exemple une carbonisation).

L'examen indiqué en d) n'est pas exigé si la densité de courant de l'enroulement ne dépasse pas 160 A/mm² pour un enroulement réalisé en cuivre de conductivité supérieure ou égale à 97 % de la valeur donnée dans la CEI 60028. La densité de courant doit être basée sur la valeur efficace mesurée du courant de court-circuit symétrique de l'enroulement secondaire.

NOTE 501 Pour l'examen de la variation de la capacité, voir 7.2.501.1.

7.2.503 Essais de ferro-résonance

Les essais suivants doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent pour démontrer la conformité aux exigences de 6.502.

Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur ou les condensateurs réels doivent être utilisés. Les essais doivent être effectués en court-circuitant les bornes secondaires pendant 0,1 s au moins. Le court-circuit sera ouvert par un dispositif de protection (par exemple un fusible, un disjoncteur etc.) choisi dans ce but par accord entre l'utilisateur et le constructeur. En l'absence d'accord, le choix est laissé au constructeur.

Si un fusible est utilisé comme dispositif de protection, la durée du court-circuit peut être plus courte que 0,1 s.

La charge du transformateur condensateur de tension après le court-circuit doit uniquement être celle qui est imposée par le matériel d'enregistrement et elle ne doit pas dépasser 1 VA. Au cours de l'essai, la tension de la source d'alimentation sur la borne à haute tension, la tension secondaire et le courant de court-circuit doivent être enregistrés. Les enregistrements doivent être inclus dans le rapport d'essai.

Pendant l'essai, la tension de la source ne doit pas différer de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit et doit rester sensiblement sinusoïdale. La chute de tension dans la boucle de court-circuit (résistance du contact fermé incluse), mesurée directement sur les bornes secondaires du transformateur condensateur de tension, doit être inférieure à 10 % de la tension entre ces mêmes bornes avant le court-circuit.

- a) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre effectivement mis à la terre (6.502.2; Tableau 506a): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 506a).
- b) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (6.502.2; Tableau 506b): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 506b).

NOTE 501 S'il est prévu d'utiliser en service une charge saturable, il convient qu'un accord soit établi entre l'utilisateur et le constructeur pour les essais devant être effectués à une charge égale à celle-ci ou voisine de celle-ci.

NOTE 502 Afin de s'assurer que, pendant l'essai, la tension de la source ne diffère pas de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit, il convient que l'impédance de court-circuit du circuit d'alimentation soit basse.

7.2.504 Essai de réponse transitoire

7.2.504.1 Généralités

L'essai ne doit être effectué que sur le transformateur condensateur de tension pour protection. L'essai peut être effectué sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent constitué des condensateurs réels.

L'essai doit être effectué en court-circuitant la source à haute tension, à la tension primaire réelle U_P ou à $U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ dans le cas d'un circuit équivalent, à une charge égale à 100 % et 25 % ou 0 % de la charge assignée.

La charge doit être l'une des suivantes:

- a) une charge série constituée d'une résistance pure (gamme I) et d'une réactance inductive connectées en série avec un facteur de puissance de 0,8 (gamme II);
- b) une charge de résistance pure.

La nature de la charge du transformateur condensateur de tension influe sur les résultats d'essai de réponse transitoire.

Il convient que les enroulements de mesure ou autres soient chargés comme lors du fonctionnement, mais pas à plus de 100 % de la charge spécifiée.

L'essai doit être effectué deux fois à la valeur de crête de la tension primaire et deux fois au passage par zéro de celle-ci. Le déphasage de la tension primaire ne doit pas différer de plus de $\pm 20^\circ$ du passage par la crête ou du passage par zéro.

NOTE 501 Les systèmes de protection modernes à microprocesseur ont un facteur de puissance de 1.

NOTE 502 Après accord entre le constructeur et l'acheteur, l'essai peut être effectué avec une charge connectée comme dans la pratique.

7.2.504.2 Valeurs d'essai de la tension primaire réelle (U_P)

U_P dépend du facteur de tension F_V spécifié.

- a) Fonctionnement continu: $1,0$ et $1,2 \cdot U_{Pr}$
- b) Surtensions de courte durée: $1,5$ ou $1,9 \cdot U_{Pr}$

Pour a) et b), voir Tableau 502.

Le circuit d'essai est illustré à la Figure 509.

Les tensions primaire et secondaire doivent être enregistrées avec un oscilloscope. Les enregistrements doivent être inclus dans le rapport d'essai.

NOTE 501 Les exigences concernant la réponse transitoire sont données en 6.503.2 et en 6.503.3.

NOTE 502 Pour mesurer la tension d'entrée U , un diviseur RC peut également être utilisé.

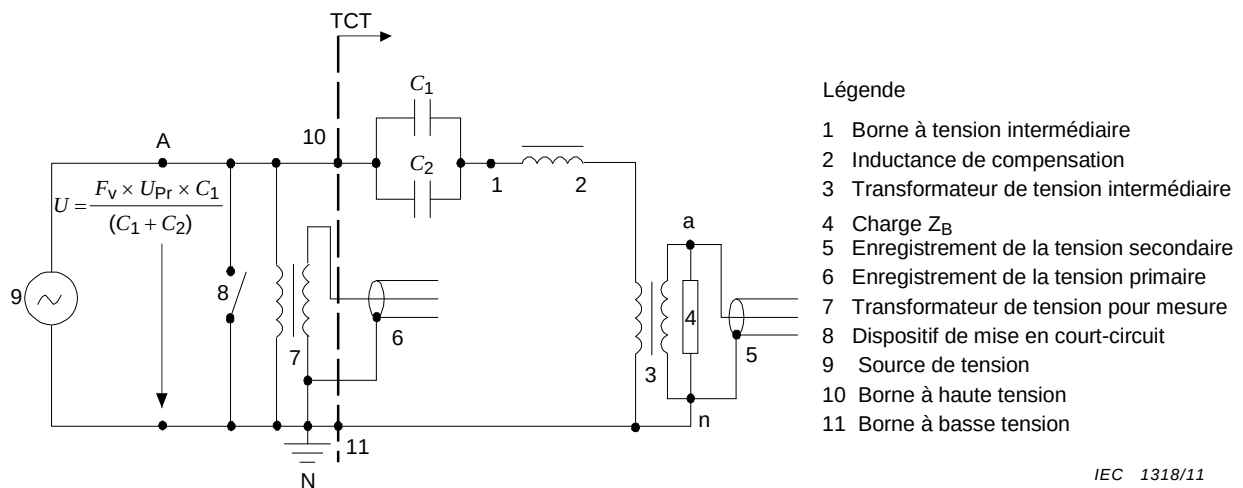


Figure 509 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent

Les charges pour l'essai de réponse transitoire sont indiquées sur les Figures 510 et 511.

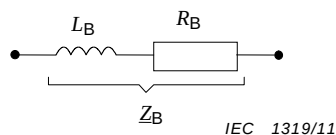


Figure 510 – Charge série

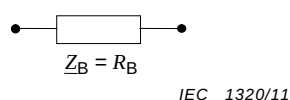


Figure 511 – Résistance pure

Les valeurs d'impédance pour la charge série pour l'essai de réponse transitoire sont les suivantes

$$|Z_B| = \frac{U_{Sr}^2}{S_r}$$

R_B	$\omega \cdot L_B$
$0,8 \cdot Z_B $	$0,6 \cdot Z_B $

où

S_r est la charge assignée en voltampères;

U_{Sr} est la tension secondaire assignée en volts;

$|Z_B|$ est l'impédance en ohms.

NOTE 501 L'impédance totale donnée par ces valeurs de R_B et de $\omega \cdot L_B$ a un facteur de puissance de 0,8 de circuit inductif.

NOTE 502 Il convient que la réactance inductive soit de type linéaire, par exemple une réactance à air. La résistance série est constituée de la résistance équivalente en série de la réactance inductive (résistance de l'enroulement) et d'une résistance séparée.

NOTE 503 Il convient que la tolérance de la charge soit inférieure à $\pm 5\%$ for $|Z_B|$ et inférieure à $\pm 0,03$ pour le facteur de puissance.

7.2.505 Essai de type pour accessoires pour courant porteur

7.2.505.1 Essais de type pour bobine de drainage

7.2.505.1.1 Essai de tension de choc

L'essai de tension de choc sur la bobine de drainage doit être effectué conformément au schéma de la Figure 5A.2, après avoir déconnecté le dispositif limiteur de tension. Une séquence de dix chocs de tension de 1,2/50 μ s doit être appliquée, cinq chocs négatifs et cinq chocs positifs (voir CEI 60060-1).

7.2.505.1.2 Essai de tenue en tension

L'essai de tenue en tension alternative doit être effectué en appliquant une tension à fréquence industrielle entre les bornes de la bobine de drainage. La tension d'essai doit être réglée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace). Durant cet essai, l'échauffement ΔT doit être mesuré et l'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que la température ait atteint un état stable ($\Delta T < 1$ K/h). L'échauffement ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

7.2.505.2 Essai de type pour dispositif limiteur de tension

Un essai de tension de choc est prescrit.

L'essai doit être effectué avec une bobine de drainage connectée conformément au schéma de la Figure 5A.2.

Pour les limiteurs de surtension à air et les limiteurs de surtension non linéaires avec éclateur, on doit appliquer successivement cinq impulsions négatives et cinq impulsions positives de surtension d'amorçage de 8/20 μ s.

NOTE Des essais complémentaires tels que des essais d'affaiblissement composite et d'affaiblissement d'adaptation, concernant des dispositifs de couplage complets pour les systèmes CPL sont couverts par la CEI 60481. Ces essais s'appliquent seulement aux transformateurs condensateurs de tension équipés des accessoires pour CPL.

7.3 Essais individuels de série

7.3.1 Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires

L'Article 7.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes supplémentaires suivants:

7.3.1.501 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesure de la capacité, de $\tan \delta$ et de la décharge partielle

L'essai doit être effectué à des tensions ayant une forme d'onde pratiquement sinusoïdale. La tension doit être augmentée rapidement d'une valeur relativement basse à la valeur de tension d'essai, maintenue pendant 1 min, sauf accord contraire, puis réduite rapidement à une valeur relativement basse avant d'être coupée. Pour cet essai, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté du diviseur de tension capacitif.

Les mesures de la capacité C , de $\tan \delta$ (voir 7.2.501) et des décharges partielles (voir 7.3.2) peuvent être effectuées pendant l'essai en courant alternatif du diviseur capacitif ou sur les sous-systèmes.

7.3.1.502 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesure de C et de $\tan \delta$ sur un diviseur de tension capacitif ou sur des sous-systèmes

Chaque diviseur de tension capacitif, empilage de condensateurs ou unité de condensateur doit faire l'objet d'un essai en courant alternatif et de mesures de C et de $\tan \delta$. La tension d'essai est appliquée entre la borne à haute tension et les bornes de terre lors d'un essai sur un empilage de condensateurs, et entre les bornes lors d'un essai sur une unité. Lorsqu'une borne à basse tension est présente, pendant cet essai, elle doit être connectée à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une basse impédance. Pendant l'essai, il ne doit se produire ni claquage (voir 7.2.501.1) ni contournement.

La capacité C doit être mesurée à une tension inférieure à 15 % de la tension primaire assignée U_{Pr} et sert de référence avant et après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai de l'empilage} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

pour l'essai d'un simple unité faisant partie d'un empilage.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai du TCT complet} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT complet}}$$

pour l'essai d'un empilage faisant partie d'un transformateur condensateur de tension complet.

Les tensions d'essai pour les TCT avec $U_m < 300$ kV (gamme I) ou $U_m \geq 300$ kV (gamme II) doivent avoir les valeurs appropriées indiquées dans le Tableau 2 de la CEI 61869-1, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

NOTE 501 Un exemple de valeurs d'essai des unités et empilages pour un transformateur condensateur de tension à 525 kV est donné dans le Tableau 510.
Tension la plus élevée pour le matériel: $U_m = 525$ kV;
Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle: 680 kV.

Tableau 510 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet

Nombre		Tension d'essai (valeur efficace)		
		kV		
Unités	Empilages	Unité	Empilage	Transformateur condensateur de tension complet
2	-	340 x 1,05	-	680
4	2	170 x 1,05	340 x 1,05	680
6	3	113 x 1,05	227 x 1,05	680

La capacité C et tan δ doivent être mesurées à:

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

ou

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT complet}}$$

7.3.1.503 Essai de tenue à fréquence industrielle sur la borne basse tension du diviseur de tension capacitif

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne à basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai appliquée entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 10 kV (valeur efficace). Si la borne à basse tension n'est pas exposée aux intempéries ou si un dispositif de couplage pour courant porteur avec protection contre les surtensions fait partie du transformateur condensateur de tension, la tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

- Durant cet essai, l'ensemble électromagnétique n'est pas déconnecté.

NOTE La tension d'essai est applicable aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur équipés de systèmes de protection contre les surtensions.

- Si un système de protection par éclateur est incorporé entre la borne basse tension et la terre, il convient de l'empêcher de fonctionner durant l'essai. Il convient de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolation des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

7.3.1.504 Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'ensemble électromagnétique

7.3.1.504.1 Essai d'isolation de l'ensemble électromagnétique

La tension d'essai doit être appliquée entre la borne intermédiaire et la terre. La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle doit être de

$$U_{\text{Pr}} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}$$

La fréquence de la tension d'essai peut être augmentée au-dessus de la valeur assignée afin d'éviter une saturation du noyau. La durée de l'essai doit être de 1 min. Toutefois, si la fréquence d'essai dépasse de deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être réduite par rapport à 1 min comme suit:

$$\text{Durée de l'essai} = 60 \times \frac{\text{deux fois la fréquence assignée}}{\text{fréquence d'essai}} \quad [\text{s}]$$

avec un minimum de 15 s.

NOTE 501 Si un dispositif de protection est inséré aux bornes de l'ensemble électromagnétique, il convient de l'empêcher de fonctionner pendant les essais. Pendant les essais, il convient de court-circuiter tout éclateur de protection placé aux bornes des accessoires pour courant porteur.

7.3.2 Mesure de décharges partielles

7.3.2.2 Procédure d'essai de décharge partielle

L'Article 7.3.2.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec les compléments suivants:

Si seules des parties du diviseur de tension capacitif font l'objet d'un essai, la valeur de la tension d'essai sera égale à:

$$1,05 \cdot \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

ou

$$1,05 \cdot \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

7.3.5 Essai de précision

7.3.5.501 Contrôle de la précision

Le contrôle de la précision doit être effectué à la fréquence industrielle assignée, à la température ambiante et sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent pour les classes de précision ≥ 1 selon le Tableau 511.

Tableau 511 – Points de contrôle de la précision (exemple)

Enroulement(s) secondaire(s)	Tension d'essai	Gammes d'essai de puissance de précision assignée			
		%			
		Gamme I Facteur de puissance 1 Valeurs normales de tension assignée		Gamme II Facteur de puissance 0,8 (inductif) Valeurs normales de tension assignée	
		1 et 10 VA		10 et 100 VA	
		Mesure	Protection	Mesure	Protection
Un enroulement de mesure	$1 \times U_{Pr}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
Un enroulement de protection	$0,05 \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
Un enroulement de mesure et un enroulement de protection	Mesure	0	0	25	0
	$1 \times U_{Pr}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$0,05 \times U_{Pr}$	100	100	100	100
	Protection	0	0	0	25
	$F_V \times U_{Pr}$	100	100	100	100

NOTE 501 Notes pour le circuit équivalent:

- a) Le circuit équivalent peut être utilisé si une comparaison entre l'essai de précision sur un transformateur complet durant l'essai de type et l'essai de précision sur le circuit équivalent a montré que la différence entre les valeurs mesurées est inférieure à 20 % des limites de classe de précision.
- b) Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur réel ou différents condensateurs peuvent être utilisés. Lorsque différents condensateurs sont utilisés, ils doivent être réglés sur les valeurs réelles mesurées

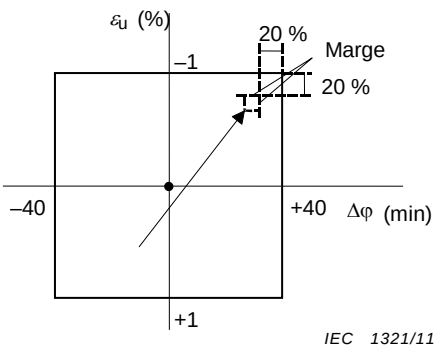


Figure 512 – Exemple de diagramme d'erreur d'un TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec le circuit équivalent

NOTE 502 TCT complet et circuit équivalent:

- a) La marge permet de prendre en compte les variations d'erreur résultant de la température et de la fréquence lorsque le transformateur est utilisé dans ses domaines de référence de températures et de fréquences. La tolérance est déterminée en considérant le cas le plus défavorable de l'influence simultanée de la température et de la fréquence. Cette marge dépend du type de diélectrique du condensateur et de la conception. Sur le diagramme d'erreur de la Figure 512, la marge de +20 % est indiquée. La marge sera définie par le constructeur.
- b) Si le contrôle de précision est effectué sur un transformateur condensateur de tension complet, une certaine marge sera définie par le fabricant et sera ajoutée pour l'effet combiné de la fréquence et de la température.

7.3.5.502 Essais individuels de série pour la précision du TCT pour mesure

Les essais individuels de série pour le contrôle de précision doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir 5.6.501.3, Tableau 511) à condition qu'il ait été prouvé par des essais de type, effectués sur un transformateur condensateur de tension similaire, que ce nombre réduit d'essais suffit pour prouver la conformité avec 5.6.501.3.

7.3.5.503 Essais individuels de série pour la précision du TCT pour protection

Les essais individuels de série pour le contrôle de précision doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir 5.6.502.3 et Tableau 511) à condition qu'il ait été prouvé par des essais de type, effectués sur un transformateur condensateur de tension similaire, que ce nombre réduit d'essais suffit pour prouver la conformité avec 5.6.502.3.

7.3.7 Essai d'étanchéité des enveloppes à température ambiante

7.3.7.501 Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai individuel de série effectué sur le diviseur de tension capacitif ou sur des unités séparées. L'essai d'étanchéité doit être effectué pendant 8 h avec une pression du liquide supérieure à la pression de fonctionnement, selon le type de dispositif d'expansion des unités de condensateur.

NOTE 501 Après accord entre constructeur et acheteur, un essai spécial peut être spécifié pour démontrer la conception d'étanchéité des unités de condensateur.

7.3.8 Essai de pression de l'enveloppe

7.3.501 Contrôle de ferro-résonance

Ces essais doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent.

La tension d'essai primaire U_p , le nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires et les limites des transitoires d'oscillations de ferro-résonance sont spécifiés dans le Tableau 512.

Tableau 512 – Contrôle de ferro-résonance

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires	Oscillation de ferro- résonance Durée T_F s	Erreur $\hat{\varepsilon}_F$ [%] après la durée T_F
$0,8 U_{Pr}$	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V U_{Pr}$	3	≤ 2	≤ 10

La procédure d'essai doit être conforme à 7.2.503 sauf en ce qui concerne le nombre de tensions et de courts-circuits. Le transformateur condensateur de tension a réussi le contrôle de ferro-résonance si la durée et l'erreur ne dépassent pas les limites spécifiées dans le Tableau 512.

7.3.502 Essais individuels de série pour accessoires pour courant porteur

7.3.502.1 Essais individuels de série pour bobines de drainage

Des essais individuels de série pour bobines de drainage sont indiqués ci-après:

a) Mesure de l'impédance à la fréquence industrielle;

b) Essai en courant alternatif.

L'essai doit être effectué, en appliquant pendant 1 min une tension à la fréquence industrielle entre les bornes de la bobine de drainage. La tension d'essai doit être réglée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace).

7.3.502.2 Essai individuel de série pour dispositifs limiteur de tension

L'essai individuel de série suivant est spécifié selon les cas ci-dessous:

a) Limiteur de surtension à air:

Mesure de la surtension d'amorçage à la fréquence industrielle.

b) Limiteur de surtension non linéaire à éclateur:

Essai en courant alternatif avec tension de tenue permanente assignée. La tension d'essai doit être supérieure ou égale à 1 kV efficace en CA.

7.4 Essais spéciaux**7.4.1 Essai de tenue à l'onde de tension de choc coupée sur les bornes primaires**

L'Article 7.4.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Pour les transformateurs condensateurs de tension, ceci est un essai de type.

La tension doit être un choc de foudre normal comme défini dans la CEI 60060-1, coupé après avoir atteint la valeur de crête entre 1,2 μ s et 8 μ s.

NOTE 501 L'essai au choc coupé remplace l'essai de décharge de la CEI 60358.

7.4.2 Essai aux chocs coupés multiples sur les bornes primaires

N'est pas applicable au transformateur condensateur de tension

7.4.3 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

L'Article 7.4.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Pour les transformateurs condensateurs de tension, cet essai est un essai individuel de série.

7.4.6 Essai de défaut d'arc interne

N'est pas applicable au transformateur condensateur de tension

7.4.501 Détermination du coefficient de température (TC)

La détermination des coefficients de température pour les valeurs de capacité de C_1 et C_2 ainsi que leurs valeurs de $\tan(\delta)$ doit être effectuée selon la CEI 60358.

7.4.502 Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateur

Cet essai est effectué pour démontrer la qualité de la conception de l'étanchéité des unités de condensateur et la conformité avec les exigences données en 6.1.4.

NOTE 501 Cet essai n'est pas un essai de vieillissement. Il n'est pas destiné à résoudre les problèmes d'étanchéité dus au vieillissement qui ont été observés avec des conceptions particulières d'unités de diviseurs de tension capacitifs.

L'essai doit être effectué à une pression du liquide supérieure d'au moins 10^5 Pa à la pression de fonctionnement maximale pouvant être atteinte dans des conditions normales de fonctionnement et à une température de 80 °C pendant 8 h.

Le diviseur de tension capacitif doit être monté comme pour le service normal. Le dispositif d'expansion de l'unité de condensateur peut être spécialement ajusté pour l'essai à une température de 80 °C. Un agencement approprié peut être réalisé pour supporter les déformations mécaniques dues à la surpression de 10^5 Pa.

On doit estimer que le diviseur de tension capacitif rempli de liquide a réussi l'essai s'il n'y a aucune preuve de fuite pendant et après l'essai.

Annexe 5A (normative)

Schéma type d'un transformateur condensateur de tension

Voir Figures 5A.1 et 5A.2 pour un schéma type d'un transformateur condensateur de tension.

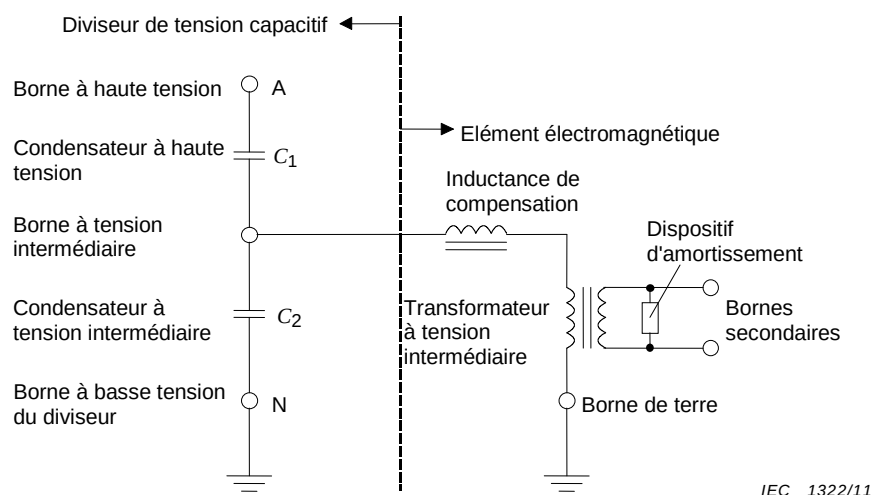


Figure 5A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension

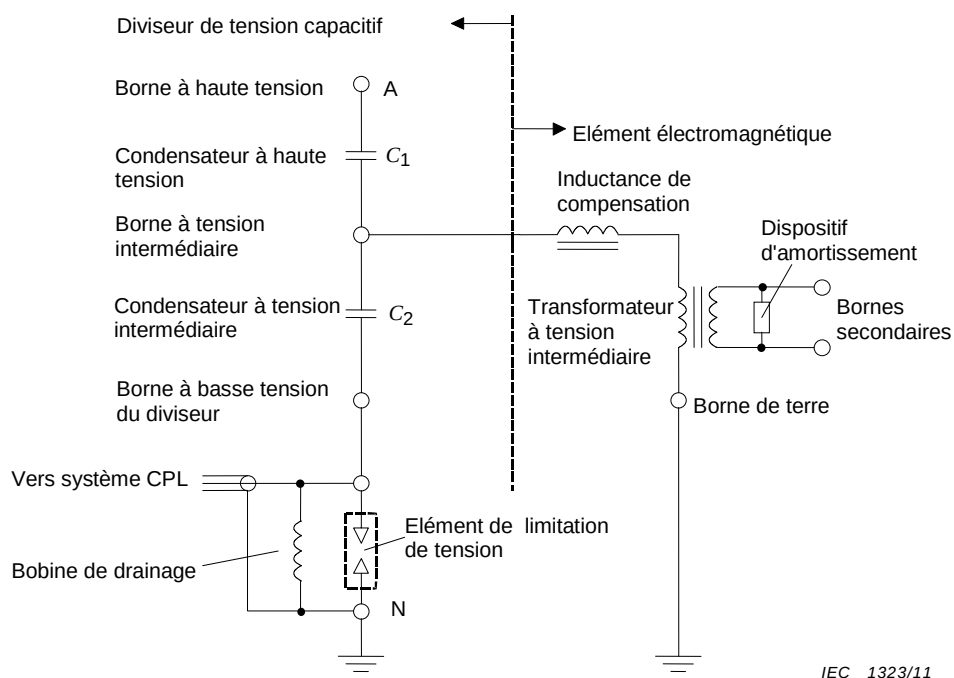


Figure 5A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur

Annexe 5B (informative)

Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut

Le problème le plus important lié à l'état transitoire pour un transformateur condensateur de tension utilisant un diviseur capacitif pur comme capteur haute tension est le phénomène de « charges piégées ».

Durant une mise hors circuit d'une ligne, des charges peuvent y être piégées. Si la ligne n'est pas volontairement mise à la terre ou n'est pas déchargée par un dispositif basse impédance qui lui est connecté, les charges peuvent demeurer pendant plusieurs jours. Le niveau des charges dépend de la position de phase de la tension au moment de la mise hors circuit. Le plus mauvais moment est lorsque la tension atteint sa valeur de crête $\sqrt{2} \times U_P$, de sorte que le condensateur primaire du diviseur C_1 reste chargé à la charge $q_1 = C_1 \times \sqrt{2} \times U_P$, alors que le condensateur secondaire C_2 est déchargé par l'ensemble électromagnétique connecté en parallèle. Lorsque la ligne est de nouveau mise en circuit, C_2 est de nouveau chargé.

$$U_{C2}(t) = \frac{-q_1}{C_1 + C_2} = -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \approx -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_2}$$

Cette tension, qui décroît de manière exponentielle avec la constante de temps basée sur l'ensemble électromagnétique, est superposée au signal sinusoïdal et donne une erreur très importante.

Annexe 5C (normative)

Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension

Dans la CEI 60358, les caractéristiques à haute fréquence, les exigences et les essais essentiels pour l'application des transformateurs condensateurs de tension dans des réseaux pour courant porteur sont décrits et spécifiés.

Contenu de la CEI 60358:

- Capacité et résistance-série équivalente à haute fréquence
- Capacité et conductance parasites de la borne basse tension
- Courant à haute fréquence dans un condensateur de couplage
- Mesure de la capacité et de la résistance série équivalente à haute fréquence

La CEI 60358 doit être appliquée pour les exigences et les essais pour les transformateurs condensateurs de tension concernant les caractéristiques hautes fréquences.

Bibliographie

CEI 60422, *Guide de maintenance et de surveillance des huiles minérales isolantes en service dans les matériels électriques*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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