

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-7

Première édition
First edition
1999-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 7:
Transformateurs de tension électroniques**

Instrument transformers –

**Part 7:
Electronic voltage transformers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60044-7:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-7

Première édition
First edition
1999-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 7:
Transformateurs de tension électroniques**

Instrument transformers –

**Part 7:
Electronic voltage transformers**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Schéma bloc général des transformateurs de tension électroniques.....	12
2 Définitions.....	14
2.1 Définitions générales.....	14
2.2 Définitions complémentaires pour les transformateurs de tension électroniques monophasés de protection	26
2.3 Index des symboles.....	26
3 Prescriptions générales	28
3.1 Généralités	28
3.2 Informations à fournir lors de la spécification d'un transformateur de tension électronique	30
4 Conditions de service normales et spéciales.....	30
4.1 Conditions de service normales.....	30
4.2 Conditions de service spéciales.....	34
4.3 Système de mise à la terre.....	36
5 Valeurs normales	36
5.1 Valeurs normales des tensions assignées	36
5.2 Valeurs normales de la puissance de précision.....	38
5.3 Valeurs normales du facteur de tension assigné	38
5.4 Valeurs normales de la tension d'alimentation auxiliaire.....	40
5.5 Domaine de référence normal des autres paramètres d'influence	40
6 Prescriptions relatives à la conception.....	42
6.1 Prescriptions relatives à l'isolement du capteur de tension primaire	42
6.2 Prescriptions relatives à l'isolement des composants basse tension.....	50
6.3 Tenue au court-circuit	52
6.4 Tenue à la surcharge thermique	52
6.5 Prescriptions relatives aux interférences radioélectriques	52
6.6 Prescriptions relatives à la transmission de surtensions.....	54
6.7 Prescriptions de compatibilité électromagnétique.....	54
6.8 Fiabilité	58
6.9 Tenue aux conditions de fonctionnement anormales	60
6.10 Signalisation des conditions de fonctionnement anormales	60
6.11 Prescriptions mécaniques	60
6.12 Bornes de mise à la terre	62
7 Classification des essais	62
7.1 Essais de type.....	62
7.2 Essais individuels.....	64
7.3 Essais spéciaux	64

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 General.....	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references.....	9
1.3 General block diagram of electronic voltage transformers	13
2 Definitions.....	15
2.1 General definitions.....	15
2.2 Additional definitions for single-phase electronic protective voltage transformers	27
2.3 Index of symbols.....	27
3 General requirements	31
3.1 General.....	29
3.2 Information to be given for enquiries, tenders and orders.....	31
4 Normal and special service conditions	31
4.1 Normal service conditions	31
4.2 Special service conditions.....	35
4.3 Earthing system.....	37
5 Ratings	37
5.1 Standard values of rated voltages.....	37
5.2 Standard values of rated output	39
5.3 Standard values of rated voltage factor.....	39
5.4 Standard values of rated auxiliary power supply voltage	41
5.5 Standard reference values of other influencing parameters.....	41
6 Design requirements.....	43
6.1 Insulation requirements for primary voltage sensor	43
6.2 Insulation requirements for low-voltage components.....	51
6.3 Short-circuit withstand capability.....	53
6.4 Limits of temperature rise	53
6.5 Radio interference voltage requirements.....	53
6.6 Transmitted overvoltage requirements	55
6.7 Electromagnetic compatibility requirements	55
6.8 Reliability.....	59
6.9 Abnormal conditions withstand capability.....	61
6.10 Abnormal conditions signalling.....	61
6.11 Mechanical requirements	61
6.12 Earthing terminals.....	63
7 Classification of tests	63
7.1 Type tests.....	63
7.2 Routine tests	65
7.3 Special tests	65

Articles	Pages
8 Essais de type.....	64
8.1 Essai au choc sur les bornes du primaire	64
8.2 Essai sous pluie pour transformateurs de tension électroniques de type extérieur..	68
8.3 Essais concernant la précision	68
8.4 Essai de tenue aux conditions anormales de fonctionnement.....	70
8.5 Essai d'interférence radioélectrique.....	72
8.6 Essai de transmission de surtensions.....	72
8.7 Essais de compatibilité électromagnétique	72
8.8 Essai de tenue à la tension de choc des composants basse tension	78
8.9 Essais de fonctionnement en régime transitoire.....	80
9 Essais individuels.....	80
9.1 Vérification du marquage des bornes.....	80
9.2 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les bornes de tension du primaire et mesure des décharges partielles	80
9.3 Essai de tenue à la fréquence industrielle pour les composants basse tension.....	84
9.4 Essais concernant la précision	86
10 Essais spéciaux	86
10.1 Essai au choc coupé sur les bornes du capteur de tension primaire.....	86
10.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique	88
10.3 Essais mécaniques	88
11 Marquage.....	90
11.1 Marquage de la plaque signalétique	90
11.2 Marquage des bornes.....	94
12 Prescriptions pour la précision des transformateurs de tension électroniques monophasés pour la mesure	94
12.1 Prescriptions générales.....	94
12.2 Prescriptions relatives à la maintenance.....	96
12.3 Désignation de la classe de précision d'un transformateur de tension électronique pour la mesure	96
12.4 Classes de précision normales pour transformateurs de tension électroniques pour la mesure.....	96
12.5 Limites de l'erreur de tension et du déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la mesure	98
13 Prescriptions complémentaires pour les transformateurs de tension électroniques pour la protection	98
13.1 Prescriptions générales.....	98
13.2 Prescriptions relatives à la maintenance.....	100
13.3 Désignation de la classe de précision pour les transformateurs de tension électroniques pour la protection.....	100
13.4 Classes de précision normales pour transformateurs de tension électroniques pour la protection	100
13.5 Limites de l'erreur de tension et du déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la protection.....	100
13.6 Prescriptions relatives aux performances en régime transitoire.....	102
Annexe A (normative) Charges pour les essais de performance en régime transitoire	104
Annexe B (informative) Informations techniques concernant les transformateurs de tension électroniques	108
Annexe C (informative) Bibliographie	136

Clause	Page
8 Type tests	65
8.1 Impulse test on primary voltage terminals	65
8.2 Wet test for outdoor type electronic voltage transformers.....	69
8.3 Tests for accuracy	69
8.4 Test for abnormal conditions withstand capability	71
8.5 Radio interference voltage test	73
8.6 Transmitted overvoltage test.....	73
8.7 Electromagnetic compatibility tests	73
8.8 Impulse voltage withstand test for low-voltage components	79
8.9 Transient performance tests	81
9 Routine tests.....	81
9.1 Verification of terminal markings	81
9.2 Power-frequency withstand tests on primary voltage terminals and partial discharge measurement	81
9.3 Power-frequency voltage withstand test for low-voltage components	85
9.4 Tests for accuracy	87
10 Special tests	87
10.1 Chopped lightning-impulse test on primary voltage terminals	87
10.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor	89
10.3 Mechanical strength tests	89
11 Markings	91
11.1 Rating plate markings	91
11.2 Terminal markings	95
12 Accuracy requirements for single-phase electronic measuring voltage transformers.....	95
12.1 General requirements	95
12.2 Maintenance requirement.....	97
12.3 Accuracy class designation for electronic measuring voltage transformers.....	97
12.4 Standard accuracy classes for electronic measuring voltage transformers	97
12.5 Limits of voltage error and phase displacement for electronic measuring voltage transformers	99
13 Additional requirements for single-phase electronic protective voltage transformers	99
13.1 General requirements	99
13.2 Maintenance requirements.....	101
13.3 Accuracy class designation for electronic protective voltage transformers.....	101
13.4 Standard accuracy classes for electronic protective voltage transformers	101
13.5 Limits of voltage error and phase displacement for electronic protective voltage transformers	101
13.6 Transient performance requirements.....	103
 Annex A (normative) Burdens for the transient response test	 105
Annex B (informative) Technical information for electronic voltage transformers.....	109
Annex C (informative) Bibliography	137

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 7: Transformateurs de tension électroniques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60044-7 a été établie par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/242/FDIS	38/243/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/IEC, Partie 3.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2002. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –**Part 7: Electronic voltage transformers**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60044-7 has been prepared by IEC technical committee 38:
Instrument transformers

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

FDIS	Report on voting
38/242/FDIS	38/243/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 3.

The committee has decided that this publication remains valid until 2002. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 7: Transformateurs de tension électroniques

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la Norme internationale CEI 60044 est applicable aux transformateurs de tension électroniques nouvellement construits, ayant une sortie analogique, et destinés à être utilisés avec des appareils de mesure électriques et des dispositifs électriques de protection de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

NOTE 1 Les transformateurs de tension utilisant des configurations optiques incluent généralement des composants électroniques, et sont par conséquent considérés comme faisant partie du domaine d'application de la présente norme.

NOTE 2 Des informations détaillées sont données dans l'annexe B.

NOTE 3 Bien que la présente norme ne comporte aucun article relatif aux exigences particulières pour les transformateurs de tension électroniques triphasés, il a été estimé que les prescriptions générales des articles 3 à 11 pourraient leur être applicables. C'est pourquoi l'on trouve dans ces articles quelques références à leur cas (voir par exemple 2.1.5, 5.1.1, 5.2, 11.2.1 et 11.2.2).

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60044. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60044 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60044-2:1997, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension*

CEI 60050(161):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60050(321):1986, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 321: Transformateurs de mesure*

CEI 60050(601):1985, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060 (toutes les parties), *Technique des essais à haute tension*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 7: Electronic voltage transformers

1 General

1.1 Scope

This part of International Standard IEC 60044 applies to newly manufactured electronic voltage transformers with analogue output, for use with electrical measuring instruments and electrical protective devices at frequencies from 15 Hz to 100 Hz.

NOTE 1 Optical arrangements usually include electronic components and are therefore considered to be within the application of this standard.

NOTE 2 Detailed information is given in annex B.

NOTE 3 Requirements specific to three-phase voltage transformers are not included in this standard but, so far as they are relevant, the requirements in clauses 3 to 11 apply to these transformers and a few references to them are included in those clauses (e.g. see 2.1.5, 5.1.1, 5.2, 11.2.1 and 11.2.2).

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60044. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60044 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60044-2:1997, *Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers*

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60050(321):1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 321: Instrument transformers*

IEC 60050(601):1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060 (all parts), *High-voltage techniques*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

CEI 60186:1987, *Transformateurs de tension*

CEI 60255-5:1977, *Relais électriques – Partie 5: Essais d'isolement des relais électriques*

CEI 60255-6:1988, *Relais électriques – Partie 6: Relais de mesure et dispositifs de protection*

CEI 60255-11:1979, *Relais électriques – Partie 11: Interruptions et composante alternative des grandeurs d'alimentation auxiliaires à courant continu pour relais de mesure*

CEI 60255-22-1:1988, *Relais électriques – Partie 22: Essais d'influence électrique concernant les relais de mesure et dispositifs de protection – Section 1: Essais à l'onde oscillatoire amortie à 1 MHz*

CEI 60270:1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 60617-1:1985. *Symboles graphiques pour schémas – Partie 1: Généralités, index général. Tables de correspondance*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

CEI 60815:1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 61000 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

CEI 61000-4-1:1992, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 1: Vue d'ensemble sur les tests d'immunité. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-3:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 3: Essais d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 5: Essais d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-8:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 8: Essais d'immunité aux champs magnétiques à fréquence du réseau. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-9:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 9: Essais d'immunité au champ magnétique impulsionnel. Publication fondamentale en CEM*

CEI 61000-4-10:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 10: Essais d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti. Publication fondamentale en CEM*

IEC 60186:1987, *Voltage transformers*

IEC 60255-5:1977, *Electrical relays – Part 5: Insulation tests for electrical relays*

IEC 60255-6:1988, *Electrical relays – Part 6: Measuring relays and protection equipment*

IEC 60255-11:1979, *Electrical relays – Part 11: Interruptions to and alternating component (ripple) in d.c. auxiliary energizing quantity of measuring relays*

IEC 60255-22-1:1988, *Electrical relays – Part 22: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Section 1: 1 MHz burst disturbance tests*

IEC 60270:1981, *Partial discharges measurements*

IEC 60617-1:1985, *Graphical symbols for diagrams – Part 1: General information, general index. Cross-reference tables*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 61000 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61000-4-1:1992, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 1: Overview of immunity test. Basic EMC publication*

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test. Basic EMC publication*

IEC 61000-4-3:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic immunity test*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test. Basic EMC publication*

IEC 61000-4-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test*

IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 8: Power frequency magnetic field immunity test. Basic EMC publication*

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

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

CEI 61000-4-11:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 11: Essais d'immunité relatifs aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

CEI 61000-4-12:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essais et de mesure – Section 12: Essai d'immunité aux ondes oscillatoires. Publication fondamentale en CEM*

CISPR 11 (EN 55011), *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

EN 50081-2:1993, *Compatibilité électromagnétique – Norme générique d'émission – Partie 2: Environnement industriel*

1.3 Schéma bloc général des transformateurs de tension électroniques

La technique utilisée influe sur le choix des parties nécessaires à la réalisation d'un transformateur de tension électronique, c'est-à-dire qu'il n'est pas indispensable que toutes les parties décrites soient dans le transformateur (voir figures 1 et 2).

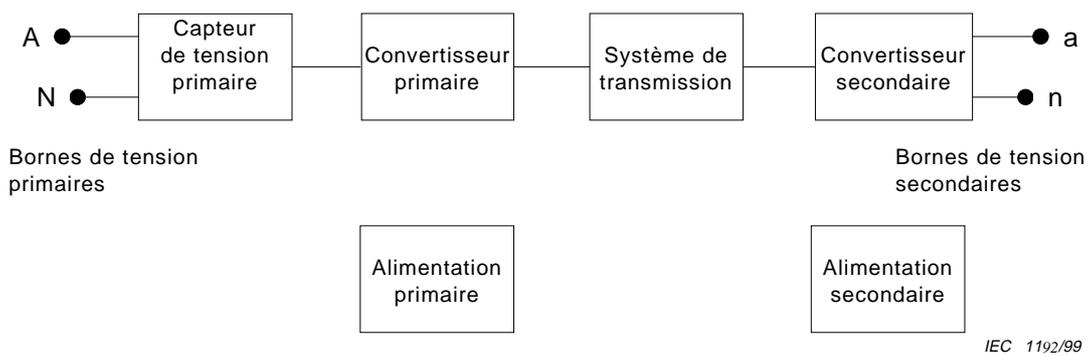


Figure 1 – Schéma bloc général des transformateurs de tension électroniques monophasés mis à la terre

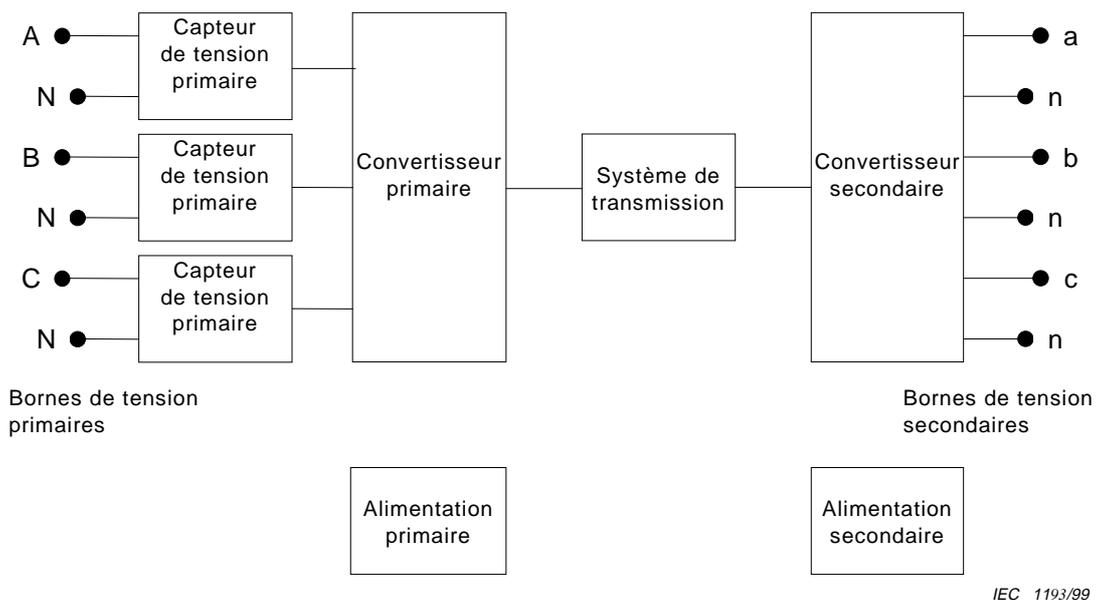


Figure 2 – Schéma bloc général des transformateurs de tension électroniques triphasés mis à la terre

IEC 61000-4-11:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 11: Voltage dips, short interruption and voltage variation immunity test*

IEC 61000-4-12:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 12: Oscillatory waves immunity tests. Basic EMC publication*

CISPR 11 (EN 55011), *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

EN 50081-2:1993, *Electromagnetic compatibility – Generic immunity standard – Part 2: Industrial environment*

1.3 General block diagram of electronic voltage transformers

The applied technology decides which parts are necessary for realisation of an electronic voltage transformer, i.e. it is not absolutely essential that all parts described be in the transformer (see figures 1 and 2).

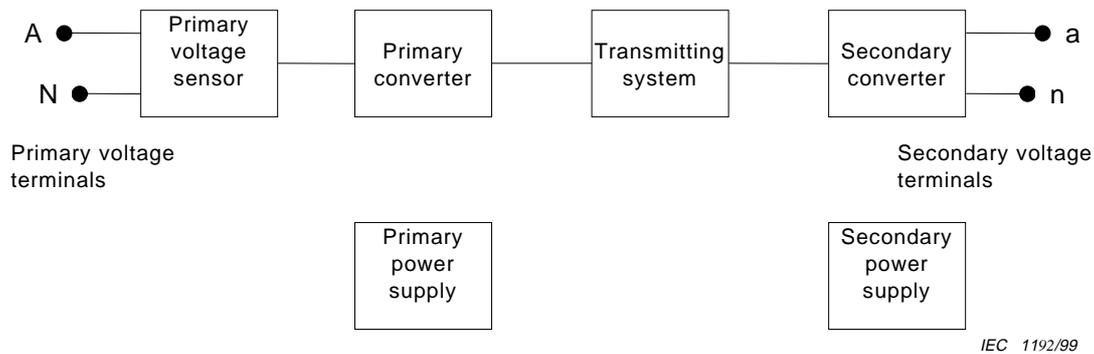


Figure 1 – General block diagram of earthed single-phase electronic voltage transformers

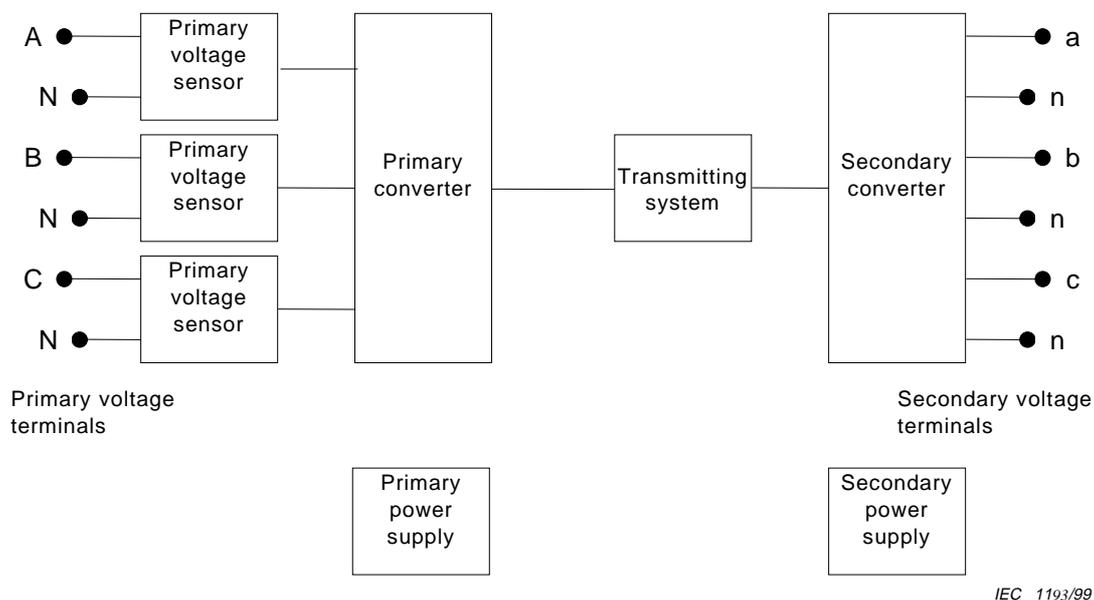


Figure 2 – General block diagram of earthed three-phase electronic voltage transformers

2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60044, les définitions suivantes s'appliquent.

2.1 Définitions générales

2.1.1

transformateur de mesure électronique

dispositif qui consiste en un ou plusieurs capteurs de courant ou de tension qui peuvent être raccordés à un système de transmission et un convertisseur secondaire, et qui sont destinés à transmettre une grandeur de mesure en une grandeur proportionnelle afin d'alimenter des appareils de mesure, des compteurs et des dispositifs de protection ou de commande

2.1.2

transformateur de tension électronique

transformateur de mesure électronique dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions

2.1.3

transformateur de tension électronique pour la mesure

transformateur de tension électronique destiné à transmettre un signal d'information aux instruments de mesure et aux compteurs

2.1.4

transformateur de tension électronique non mis à la terre

transformateur de tension électronique dont toutes les parties de son capteur de tension primaire, y compris les bornes, sont isolées par rapport à la terre à un niveau qui correspond à son niveau d'isolement assigné

2.1.5

transformateur de tension électronique mis à la terre

transformateur de tension électronique monophasé destiné à avoir l'une de ses bornes de tension du primaire reliée directement à la terre, ou transformateur de tension électronique triphasé qui doit avoir le point neutre primaire relié directement à la terre

2.1.6

circuit secondaire

circuit extérieur qui reçoit les signaux d'information fournis par le convertisseur secondaire d'un transformateur de tension électronique [VEI 321-01-08 modifiée]

2.1.7

tension primaire assignée (U_{pn})

valeur efficace de la composante à fréquence f_n de la tension primaire et d'après laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement d'un transformateur de tension électronique [VEI 321-01-12 modifiée]

NOTE Voir article B.2.

2.1.8

tension secondaire assignée (U_{sn})

valeur efficace de la composante à la fréquence f_n de la tension secondaire et d'après laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement d'un transformateur de tension électronique [VEI 321-01-16 modifiée]

NOTE Voir article B.2.

2 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60044, the following definitions apply.

2.1 General definitions

2.1.1

electronic instrument transformer

an arrangement consisting of one or more current or voltage sensors which may be connected to a transmitting system and a secondary converter, all intended to transmit a measuring quantity in a proportional quantity to supply measuring instruments, meters and protective or control devices

2.1.2

electronic voltage transformer

an electronic instrument transformer in which the secondary voltage in normal conditions of use 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

2.1.3

electronic measuring voltage transformer

an electronic voltage transformer intended to transmit an information signal to measuring instruments and meters

2.1.4

unearthed electronic voltage transformer

an electronic voltage transformer in which all parts of the primary voltage sensor, including terminals, are insulated from earth to a level corresponding to its rated insulation level

2.1.5

earthed electronic voltage transformer

a single-phase electronic voltage transformer intended to have one primary voltage terminal directly earthed, or a three-phase electronic voltage transformer intended to have the primary star-point directly earthed

2.1.6

secondary circuit

the external circuit receiving the information signals supplied by the secondary converter of an electronic voltage transformer [IEV 321-01-08 modified]

2.1.7

rated primary voltage (U_{pn})

the r.m.s. value of the component at frequency f_n of the primary voltage on which the performance of an electronic voltage transformer is based [IEV 321-01-12 modified]

NOTE See clause B.2.

2.1.8

rated secondary voltage (U_{sn})

the r.m.s. value of the component at frequency f_n of the secondary voltage on which the performance of an electronic voltage transformer is based [IEV 321-01-16 modified]

NOTE See clause B.2.

2.1.9**tension résiduelle**

somme vectorielle de toutes les tensions phase/terre dans un réseau triphasé [VEI 321-03-09 modifiée]

2.1.10**facteur de tension assigné (k_U)**

facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée 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 [VEI 321-03-12]

2.1.11**rapport de transformation réel**

rapport de la tension primaire réelle à la tension secondaire réelle [VEI 321-01-18 modifiée]

2.1.12**rapport de transformation assigné (K_n)**

rapport de la tension primaire assignée à la tension secondaire assignée [VEI 321-01-20 modifiée]

2.1.13**charge**

admittance du circuit secondaire [VEI 321-01-25 modifiée]

NOTE La charge est généralement exprimée par la puissance apparente en voltampères, absorbée à un facteur de puissance spécifié et sous la tension secondaire assignée.

2.1.14**charge de précision**

valeur de la charge sur laquelle sont basées les conditions de précision [VEI 321-01-26 modifiée]

2.1.15**puissance de précision (S_n)**

valeur de la puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié) que le transformateur de tension électronique peut fournir au circuit secondaire à la tension secondaire assignée lorsqu'il est raccordé à sa charge de précision [VEI 321-01-27 modifiée]

2.1.16**classe de précision**

désignation appliquée à un transformateur de tension électronique dont l'erreur de tension et le déphasage restent dans les limites spécifiées pour des conditions d'emploi spécifiés [VEI 321-01-24 modifiée]

2.1.17**fréquence assignée (f_n)**

valeur de la fréquence sur laquelle sont basées les prescriptions de la présente norme

2.1.18**tension d'alimentation auxiliaire assignée (U_{an})**

valeur de la tension d'alimentation auxiliaire assignée sur laquelle sont basées les prescriptions de la présente norme

2.1.9**residual voltage**

the vector sum of all phase-to-earth voltages in a three-phase system [IEV 321-03-09 modified]

2.1.10**rated voltage factor (k_u)**

the multiplying factor to be applied to the rated primary voltage 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 [IEV 321-03-12]

2.1.11**actual transformation ratio**

the ratio of the actual primary voltage to the actual secondary voltage [IEV 321-01-18 modified]

2.1.12**rated transformation ratio (K_n)**

the ratio of the rated primary voltage to the rated secondary voltage [IEV 321-01-20 modified]

2.1.13**burden**

the admittance of the secondary circuit [IEV 321-01-25 modified]

NOTE The burden is usually expressed as the apparent power in volt-amperes, absorbed at a specified power factor and at the rated secondary voltage.

2.1.14**rated burden**

the value of the burden on which the accuracy requirements of a specification are based [IEV 321-01-26]

2.1.15**rated output (S_n)**

the value of the apparent power (in volt-amperes at a specified power factor) which the electronic voltage transformer is intended to supply to the secondary circuit at the rated secondary voltage and with rated burden connected to it [IEV 321-01-27 modified]

2.1.16**accuracy class**

a designation assigned to an electronic voltage transformer, the voltage error and phase displacement of which remain within specified limits under prescribed conditions of use [IEV 321-01-24 modified]

2.1.17**rated frequency (f_n)**

the value of frequency on which the requirements of this standard are based

2.1.18**rated auxiliary power supply voltage (U_{an})**

the auxiliary power supply voltage value on which the requirements of this standard are based

2.1.19

tension la plus élevée pour le matériel (U_m)

valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolement ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel [VEI 604-03-01]

NOTE C'est la valeur maximale de la tension la plus élevée du réseau sur lequel le matériel peut être utilisé.

2.1.20

niveau d'isolement assigné

combinaison des valeurs de tension qui caractérise l'isolation du transformateur en ce qui concerne son aptitude à supporter les contraintes diélectriques

2.1.21

facteur de défaut à la terre

en un emplacement donné d'un réseau triphasé, et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre d'une part la tension efficace la plus élevée, à la fréquence du réseau, entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre affectant une phase quelconque ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau, et d'autre part la valeur efficace de la tension entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut [VEI 604-03-06]

2.1.22

réseau à neutre isolé

réseau dont le point neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure [VEI 601-02-24 modifié]

2.1.23

réseau compensé par bobine d'extinction

réseau dont un ou plusieurs points neutres sont reliés à la terre par des réactances compensant approximativement la composante capacitive du courant de défaut monophasé à la terre [VEI 601-02-27]

2.1.24

réseau à neutre directement mis à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre [VEI 601-02-25]

2.1.25

réseau à neutre non directement mis à la terre

réseau dont le ou les point neutres sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'impédances destinées à limiter les courants de défaut à la terre [VEI 601-02-26]

2.1.26

réseau à neutre mis à la terre

réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection sélective contre les défauts à la terre

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement n'excédant pas 1,4.

NOTE Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à trois et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à un pour toutes les configurations du réseau.

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 1,4

2.1.19**highest voltage for equipment (U_m)**

the highest r.m.s. value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed in respect of its insulation as well as other characteristics relating to this voltage in the relevant equipment standards [IEV 604-03-01]

NOTE It is the maximum value of the highest voltage of the system for which the equipment may be used.

2.1.20**rated insulation level**

the combination of voltage values which characterizes the isolation of a transformer with regard to its capability to withstand dielectric stresses

2.1.21**earth fault factor**

at a given location of a three phase-system, and for a given system configuration, the ratio of the highest r.m.s. phase-to-earth power-frequency voltage on a healthy phase during a fault to earth affecting one or more phases at any point on the system to the r.m.s. value of phase-to-earth power-frequency voltage which would be obtained at the given location in the absence of any such fault [IEV 604-03-06]

2.1.22**isolated neutral system**

system where the neutral point is not intentionally connected to earth, with the exception of high impedance connections for protection or measurement purposes [IEV 601-02-24]

2.1.23**resonant earthed (neutral) system**

system in which one or more neutral points are connected to earth through reactances which approximately compensate the capacitive component of a single-phase-to-earth fault current [IEV 601-02-27]

2.1.24**solidly earthed (neutral) system**

system whose neutral point or points are directly earthed [IEV 601-02-25]

2.1.25**impedance earthed (neutral) system**

system whose neutral point or points are earthed through impedances to limit earth fault currents [IEV 601-02-26]

2.1.26**earthed neutral system**

system in which the neutral is connected to earth either solidly or through a resistance or reactance of low enough value to reduce transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth-fault protection

- a) A three-phase system with effectively earthed neutral at a given location is a system characterised by an earth-fault factor at this point which does not exceed 1,4.

NOTE This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than three and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one.

- b) A three-phase system with non-effectively earthed neutral at a given location is a system characterised by an earth-fault factor at this point that may exceed 1,4

2.1.27

installation en situation exposée

installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

NOTE Les installations de ce type sont généralement connectées à des lignes aériennes directement ou par l'intermédiaire de câbles de faible longueur, et non protégées par des parafoudres.

2.1.28

installation en situation non exposée

installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

2.1.29

tension en régime permanent

la tension primaire et la tension secondaire en régime permanent de fonctionnement électrique, comme définies respectivement par les équations suivantes:

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

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

où

U_p est la valeur efficace de la tension primaire lorsque $U_{p\ dc} = 0$ et $u_{p\ res}(t) = 0$;

U_s est la valeur efficace du convertisseur secondaire lorsque $U_{s\ dc} = 0$ et $u_{s\ res}(t) = 0$;

f est la fréquence de la composante fondamentale du réseau;

$U_{p\ dc}$ est la tension primaire continue;

$U_{s\ dc}$ est la tension secondaire continue;

φ_p est l'angle de phase primaire;

φ_s est l'angle de phase secondaire;

$u_{p\ res}(t)$ est la tension résiduelle primaire y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques;

$u_{s\ res}(t)$ est la tension résiduelle secondaire y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques;

t est la valeur instantanée du temps.

f , U_p , U_s , $U_{p\ dc}$, $U_{s\ dc}$, φ_p , φ_s étant constants en régime de fonctionnement permanent.

NOTE 1 Le régime de fonctionnement permanent est un cas particulier de la situation générale décrite en 2.2.4 et dans l'annexe B.

NOTE 2 Les transformateurs de tension électroniques peuvent présenter des caractéristiques spécifiques telles que tension de décalage, temps de retard assigné, etc. C'est pourquoi, bien qu'absentes de la CEI 60044-2, les équations ci-dessus sont nécessaires à une présentation précise des prescriptions relatives aux transformateurs de tension électroniques. Les définitions relatives aux erreurs sont aussi améliorées par rapport avec celles de la CEI 60044-2, tout en leur restant compatibles.

2.1.30

tension continue secondaire de décalage ($U_{s\ dc0}$)

composante de tension continue de la tension secondaire d'un transformateur de tension électronique lorsque $U_p(t) = 0$

2.1.31

erreur de tension en régime permanent (ϵ_u)

erreur que le transformateur introduit dans la mesure d'une tension et qui provient de ce que le rapport de transformation n'est pas égal au rapport de transformation assigné [IEV 321-01-22 modifiée]

L'erreur de tension, exprimée en pour-cent, est donnée par la formule:

2.1.27**exposed installation**

installation in which the apparatus is subject to overvoltages of atmospheric origin

NOTE Such installations are usually connected to overhead transmission lines, either directly, or through a short length of cable, and not protected by surge arresters.

2.1.28**non-exposed installation**

installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin

2.1.29**voltage in steady state condition**

the primary voltage and the secondary voltage in an electrical steady state condition, as defined respectively by the following equations:

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

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

where

U_p is the r.m.s. value of primary voltage when $U_{p\ dc} = 0$ and $u_{p\ res}(t) = 0$;

U_s is the r.m.s. value of secondary converter when $U_{s\ dc} = 0$ and $u_{s\ res}(t) = 0$;

f is the fundamental frequency of the network;

$U_{p\ dc}$ is the primary direct voltage;

$U_{s\ dc}$ is the secondary direct voltage;

φ_p is the primary phase displacement;

φ_s is the secondary phase displacement;

$u_{p\ res}(t)$ is the primary residual voltage including harmonic and subharmonic components;

$u_{s\ res}(t)$ is the secondary residual voltage including harmonic and subharmonic components;

t is the instantaneous value of time.

f , U_p , U_s , $U_{p\ dc}$, $U_{s\ dc}$, φ_p , φ_s being constant for steady-state condition.

NOTE 1 Steady-state condition is a particular case of the general situation described in 2.2.4 and in annex B.

NOTE 2 Electronic voltage transformers can exhibit specific characteristics as voltage offset, delay time, etc. Hence, while not present within IEC 60044-2, the above equations are required for an accurate presentation of the requirements related to electronic voltage transformers. The definitions of errors, while compatible with those of IEC 60044-2, are also improved.

2.1.30**secondary direct voltage offset ($U_{s\ dc0}$)**

direct voltage component of the secondary voltage of an electronic voltage transformer when $U_p(t) = 0$

2.1.31**voltage error for steady-state conditions (ε_u)**

the error which a transformer introduces into the measurement of a voltage and which arises when the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio

[IEV 321-01-22 modified]

The voltage error, expressed in per cent, is given by the formula:

$$\text{Erreur de tension \%} = \frac{K_n U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

où

K_n est le rapport de transformation assigné;

U_p est la tension primaire;

U_s est la tension secondaire correspondant à la tension U_p dans les conditions de la mesure.

NOTE Cette définition est relative à la composante à la fréquence assignée des tensions primaire et secondaire et ne prend pas en considération les composantes continues des tensions. Cette définition est compatible avec la CEI 60044-2.

2.1.32 déphasage en régime permanent (φ_u)

$$\varphi_u = \varphi_s - \varphi_p$$

différence de phase entre les vecteurs de tension primaire et secondaire, le sens des vecteurs étant choisi de façon que cet angle soit nul pour un transformateur parfait. Le déphasage est considéré comme positif lorsque le vecteur de la tension secondaire est en avance sur le vecteur de la tension primaire. Il est exprimé habituellement en minutes ou en centiradians. φ_u peut être considéré comme étant constitué de deux composantes: le décalage de phase assigné (φ_{0n}) et le temps de retard assigné (t_{dn}) [VEI 321-01-23 modifiée]

2.1.33 décalage de phase assigné (φ_{0n})

valeur constante du déphasage d'un transformateur de tension électronique

2.1.34 temps de retard assigné (t_{dn})

le temps t_d nécessaire pour la transmission et le traitement des données numériques effectués dans certains transformateurs de tension électronique

2.1.35 erreur de déphasage (φ_e)

le déphasage réel sans le déphasage causé par le décalage de phase assigné et le temps de retard assigné. L'erreur de déphasage est exprimée en unité angulaire à la fréquence nominale

$$\begin{aligned} \varphi_e &= \varphi - \varphi_{0r} + 2 \pi \cdot f \cdot t_{dr} \\ &= \varphi_s - \varphi_p - \varphi_{0r} + 2 \pi \cdot f \cdot t_{dr} \end{aligned}$$

L'erreur de déphasage est exprimée habituellement en minutes ou en centiradians [IEV 321-01-23 modifiée]

2.1.36 courant limite au secondaire

valeur maximale du courant secondaire que le transformateur de tension électronique peut fournir de façon continue

2.1.37 tenue au court circuit

capacité d'un transformateur de tension électronique à supporter, sans dommage, un court-circuit entre les bornes secondaires

2.1.38 point de raccordement

point spécifié par le constructeur et fourni à l'utilisateur, servant à raccorder les câbles électriques lors de l'installation sur site et pour les besoins des essais. Lorsqu'un câble coaxial est utilisé, l'écran extérieur seul est considéré comme point de raccordement

$$\text{Voltage error \%} = \frac{K_n U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

where

K_n is the rated transformation ratio;

U_p is the actual primary voltage;

U_s is the actual secondary voltage when U_p is applied under the conditions of measurement.

NOTE This definition is only related to components at rated frequency of both primary and secondary voltages, and does not take into account direct voltage components. This definition is compatible with IEC 60044-2.

2.1.32 phase displacement for steady-state conditions (φ_u)

$$\varphi_u = \varphi_s - \varphi_p$$

the difference in phase between the primary voltage and the secondary voltage phasors, the direction of the phasors being so chosen that the angle is zero for a perfect transformer. The phase displacement is said to be positive when the secondary voltage leads the primary voltage phasor. It is usually expressed in minutes or centiradians. φ_u can be considered to be made up of two components: the rated phase offset φ_{0n} and the rated delay time t_{dn} [IEV 321-01-23 modified]

2.1.33 rated phase offset (φ_{0n})

constant phase displacement value of the electronic voltage transformer

2.1.34 rated delay time (t_{dn})

time t_d needed for digital data transmission and processing, included by some electronic voltage transformers

2.1.35 phase error (φ_e)

the actual phase displacement without the displacement caused by the rated phase offset and the rated delay time. The phase error is expressed in angular units relative to the rated frequency

$$\begin{aligned} \varphi_e &= \varphi - \varphi_{0r} + 2 \pi \cdot f \cdot t_{dr} \\ &= \varphi_s - \varphi_p - \varphi_{0r} + 2 \pi \cdot f \cdot t_{dr} \end{aligned}$$

The phase error is usually expressed in minutes or centiradians [IEV 321-01-23 modified].

2.1.36 secondary limiting current

maximum secondary current at rated primary voltage which the transformer can supply continuously

2.1.37 short circuit withstand capability

capability of an electronic voltage transformer to withstand a short circuit between the secondary terminals without damage

2.1.38 connecting point

point specified by the manufacturer and provided to the user for connecting electrical cables at site installation or for testing purposes. Where a coaxial cable is used, only the external shield is considered to be a connecting point

2.1.39

bornes de tension primaires

bornes par lesquelles la tension primaire est fournie au transformateur de tension électronique

2.1.40

capteur de tension primaire

dispositif électrique, électronique, optique ou autre, destiné à transmettre aux équipements secondaires, soit directement, soit au moyen d'un convertisseur primaire, un signal qui correspond à la tension entre les bornes primaires

2.1.41

convertisseur primaire

disposition qui convertit le signal venant d'un ou de plusieurs capteurs de tension primaires en un signal adapté au système de transmission

2.1.42

alimentation du primaire

alimentation du convertisseur primaire et/ou du capteur de tension primaire (peut se combiner avec l'alimentation secondaire)

2.1.43

système de transmission

dispositif de couplage entre les parties primaire et secondaire destiné à transmettre le signal sur une longueur plus ou moins importante. Selon la technique employée, le système de transmission peut servir à transporter aussi de l'énergie

2.1.44

convertisseur secondaire

dispositif qui convertit le signal fourni par le réseau de transmission en une grandeur proportionnelle à la tension entre les bornes primaires, afin d'alimenter des appareils de mesure, des compteurs ou des dispositifs de protection et de commande

2.1.45

alimentation du secondaire

alimentation du convertisseur secondaire (peut se combiner avec l'alimentation primaire)

2.1.46

bornes de tension secondaires

bornes par lesquelles les circuits de tension des appareils de mesure, des compteurs ou des dispositifs de protection et de commande sont alimentés

2.1.47

composants basse tension

tous les composants à l'exception du capteur de tension primaire

2.1.48

courant d'alimentation assigné (I_{an})

valeur du courant nécessaire à l'alimentation auxiliaire dans les conditions assignées

2.1.49

courant d'alimentation maximal ($I_{a \max}$)

valeur maximale du courant nécessaire à l'alimentation auxiliaire dans les conditions les plus sévères

2.1.39**primary voltage terminals**

terminals by means of which the primary voltage is supplied to the electronic voltage transformer

2.1.40**primary voltage sensor**

electric, electronic, optical or other device intended to transmit to the secondary equipment, either directly or by means of a primary converter, a signal corresponding to the voltage between the primary voltage terminals

2.1.41**primary converter**

arrangement that converts the signal, coming from one or more primary voltage sensors into a signal suitable for the transmitting systems

2.1.42**primary power supply**

power supply to the primary converter and/or primary voltage sensor (can be combined with the secondary power supply)

2.1.43**transmitting system**

short- or long-distance coupling arrangement between primary and secondary parts intended to transmit the signal. Depending on the technology used, the transmitting system can also be used for power transmission

2.1.44**secondary converter**

arrangement that converts the signal transmitted through the transmitting system into a quantity proportional to the voltage between the primary terminals, in order to supply measuring instruments, meters and protective or control devices

2.1.45**secondary power supply**

power supply to the secondary converter (can be combined with the primary power supply)

2.1.46**secondary voltage terminals**

terminals by means of which the voltage circuits of measuring instruments, meters and protective or control devices are supplied

2.1.47**low-voltage components**

all components other than the primary voltage sensor

2.1.48**rated supply current (I_{an})**

value of the current required by the auxiliary power supply in the rated conditions

2.1.49**maximum supply current ($I_{a\ max}$)**

maximum value of the current required by the auxiliary power supply in the worst conditions

2.2 Définitions complémentaires pour les transformateurs de tension électroniques monophasés de protection

2.2.1

transformateur de tension électronique de protection

transformateur de tension électronique destiné à transmettre un signal d'information aux dispositifs de protection et de commande

2.2.2

transformateur de tension électronique pour la tension résiduelle

transformateur de tension électronique triphasé ou ensemble de trois transformateurs de tension électroniques monophasés destiné à transmettre un signal d'information représentatif de la tension résiduelle existant dans les tensions triphasées appliquées aux bornes primaires

2.2.3

réponse en régime transitoire

réponse de la tension secondaire à un changement transitoire de la tension primaire

2.2.3.1

court-circuit primaire

décroissance de la tension secondaire d'un transformateur de tension électronique dans le cas d'un court-circuit entre une borne à haute tension et la terre

2.2.3.2

refermeture sur charges piégées

réponse transitoire d'un transformateur de tension électronique soumis à une charge continue retenue par une ligne aérienne, résultant de l'ouverture et la refermeture du disjoncteur adjacent

2.2.4

tension en régime transitoire

en régime transitoire, les tensions primaire et secondaire sont définies comme suit:

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

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

NOTE Les régimes transitoires sont induits par un changement brutal d'un ou de plusieurs paramètres de l'équation de tension primaire donnée en 2.1.29 (voir article B.4).

2.2.5

erreur instantanée de tension en régime transitoire

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_n \cdot u_s(t) - u_p(t - t_{dn})}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

où $u_p(t)$ et $u_s(t)$ sont décrits pour un domaine de temps limité, par les équations données en 2.2.4.

L'origine du temps choisie est l'instant où les paramètres décrits en 2.2.4 changent brutalement.

NOTE Voir article B.4.

2.3 Index des symboles

f	fréquence	2.1.29
f_n	fréquence assignée	2.1.17
I_{an}	courant d'alimentation assigné	2.1.48

2.2 Additional definitions for single-phase electronic protective voltage transformers

2.2.1

electronic protective voltage transformer

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

2.2.2

electronic residual voltage transformer

three-phase electronic voltage transformer or group of three single-phase electronic voltage transformers intended to transmit an information signal representative of the residual voltage existing in the three-phase voltages applied to the primary terminals

2.2.3

transient response

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

2.2.3.1

short circuit on the primary

decay of the secondary voltage of an electronic voltage transformer in the event of a short-circuit between a high-voltage terminal and earth

2.2.3.2

reclosing on a line with trapped charges

transient response of an electronic voltage transformer subjected to a d.c. charge retained by an overhead line, due to the opening and subsequent reclosing of the adjacent circuit-breaker

2.2.4

voltage in transient conditions

in the transient condition, primary and secondary voltages are defined as follows:

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

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

NOTE Transient conditions are induced by a sudden change of one or more parameters of the primary voltage equation given in 2.1.29 (see clause B.4).

2.2.5

instantaneous voltage error for transient conditions

$$\text{Voltage error } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_n \cdot u_s(t) - u_p(t - t_{dn})}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

where $u_p(t)$ and $u_s(t)$ are described for a limited range of time by the equations given in 2.2.4.

The chosen origin of the time is the instant of the sudden change of the parameters described in 2.2.4.

NOTE See clause B.4.

2.3 Index of symbols

f	frequency	2.1.29
f_n	rated frequency	2.1.17
I_{an}	rated supply current	2.1.48

$I_{a \max}$	courant d'alimentation maximal	2.1.49
k_u	facteur de tension assigné	2.1.10
K_n	rapport de transformation assigné d'un transformateur de tension électronique	2.1.12
S_n	puissance de précision	2.1.15
t	valeur instantanée du temps	2.1.29
t_{dn}	temps de retard assigné	2.1.34
U_{an}	tension d'alimentation auxiliaire assignée	2.1.18
U_m	tension la plus élevée pour le matériel	2.1.19
U_p	valeur efficace de la tension primaire en régime de fonctionnement permanent lorsque $U_{p \text{ dc}} = 0$ et $u_{p \text{ res}}(t) = 0$	2.1.29
$U_{p \text{ dc}}$	tension continue primaire	2.1.29
U_{pn}	tension primaire assignée	2.1.7
$u_p(t)$	tension primaire	2.1.29 et 2.2.4
$u_{p \text{ res}}(t)$	tension résiduelle primaire y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques	2.1.29
U_s	valeur efficace de la tension de sortie du convertisseur secondaire lorsque $U_{s \text{ dc}} = 0$ et $u_{s \text{ res}}(t) = 0$	2.1.29
$U_{s \text{ dc}}$	tension continue secondaire	2.1.29
$U_{s \text{ dc}0}$	tension continue secondaire de décalage	2.1.30
U_{sn}	tension secondaire assignée	2.1.8
$u_s(t)$	tension secondaire	2.1.29 et 2.2.4
$u_{s \text{ res}}(t)$	tension résiduelle secondaire y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques	2.1.29
φ_p	angle de phase primaire	2.1.29
φ_s	angle de phase secondaire	2.1.29
φ	angle de phase en régime de fonctionnement permanent	2.1.32
φ_{0n}	décalage de phase assigné	2.1.33
φ_e	erreur de déphasage	2.1.35
ε_u	erreur de tension en régime permanent	2.1.31
$\varepsilon_u(t)$	erreur de tension instantanée en régime transitoire	2.2.5

3 Prescriptions générales

3.1 Généralités

Tous les transformateurs de tension électroniques doivent convenir aux mesures, mais certains peuvent convenir également aux usages de protection. Les transformateurs de tension électroniques utilisés à la fois pour les mesures et pour la protection doivent être conformes à tous les articles de la présente norme.

$I_{a \max}$	maximum supply current	2.1.49
k_U	rated voltage factor	2.1.10
K_n	rated transformation ratio of an electronic voltage transformer	2.1.12
S_n	rated output	2.1.15
t	instantaneous value of time	2.1.29
t_{dn}	rated delay time	2.1.34
U_{an}	rated auxiliary power supply voltage	2.1.18
U_m	highest voltage for equipment	2.1.19
U_p	r.m.s. value of primary voltage in steady-state condition, when $U_{p \text{ dc}} = 0$ and $u_{p \text{ res}}(t) = 0$	2.1.29
$U_{p \text{ dc}}$	primary direct voltage	2.1.29
U_{pn}	rated primary voltage	2.1.7
$u_p(t)$	primary voltage	2.1.29 and 2.2.4
$u_{p \text{ res}}(t)$	primary residual voltage including harmonic and subharmonic components	2.1.29
U_s	r.m.s. value of secondary converter output voltage when $U_{s \text{ dc}} = 0$ and $u_{s \text{ res}}(t) = 0$	2.1.29
$U_{s \text{ dc}}$	secondary direct voltage	2.1.29
$U_{s \text{ dc}0}$	secondary direct voltage offset	2.1.30
U_{sn}	rated secondary voltage	2.1.8
$u_s(t)$	secondary voltage	2.1.29 and 2.2.4
$u_{s \text{ res}}(t)$	secondary residual voltage including harmonic and subharmonic components	2.1.29
φ_p	primary phase displacement	2.1.29
φ_s	secondary phase displacement	2.1.29
φ	phase displacement for steady-state conditions	2.1.32
φ_{0n}	rated phase displacement offset	2.1.33
φ_e	phase error	2.1.35
ε_u	voltage error for steady-state conditions	2.1.31
$\varepsilon_u(t)$	instantaneous voltage error for transient conditions	2.2.5

3 General requirements

3.1 General

All electronic voltage transformers shall be suitable for measuring purposes, but, in addition, certain types may be suitable for protection purposes. Electronic voltage transformers for the dual purpose of measurement and protection shall comply with all clauses of this standard.

3.2 Informations à fournir lors de la spécification d'un transformateur de tension électronique

Au moment de la spécification d'un transformateur de tension électronique, lors d'une demande d'information ou d'une commande, les détails qui se trouvent dans le tableau 1 sont nécessaires pour déterminer ses performances.

Tableau 1 – Informations nécessaires à la spécification d'un transformateur de tension électronique

Spécifications	Abréviation	Définition	Article ou paragraphe
Charge d'essai de tenue statique	F_R		6.11
Tension la plus élevée pour le matériel	U_m	2.1.19	6.1
Niveau d'isolement assigné		2.1.20	6.1
Conditions de service			4
Fréquence assignée	f_n	2.1.17	5.5.1
Tension primaire assignée	U_{pn}	2.1.7	5.1.1
Tension secondaire assignée	U_{sn}	2.1.8	5.1.2
Facteur de tension assigné	k_u	2.1.10	5.3
Durée admissible associée			5.3
Courant limite au secondaire		2.1.36	
Puissance de précision	S_n	2.1.15	5.2
Classe de précision		2.1.16	12
Tension d'alimentation auxiliaire assignée	U_{an}	2.1.18	5.5.2
Décalage de phase assigné, temps de retard assigné	φ_{0n}, t_{dn}	2.1.33, 2.1.34	12

4 Conditions de service normales et spéciales

Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données dans la série des CEI 60721.

4.1 Conditions de service normales

4.1.1 Température ambiante de l'air

Les transformateurs de tension électroniques sont classés en trois catégories comme indiqué au tableau 2.

Tableau 2 – Catégories de température

Catégorie	Température minimale	Température maximale
	°C	°C
-5/40	-5	40
-25/40	-25	40
-40/40	-40	40

NOTE Dans le choix de la catégorie de température, il convient également de tenir compte des conditions de stockage et de transport.

3.2 Information to be given for enquiries, tenders and orders

When specifying an electronic voltage transformer for an enquiry or an order, the listed items in table 1 are necessary to determine its performances.

Table 1 – Designation of an electronic voltage transformer

Rating	Abbreviation	Definition	Clause or subclause
Rated mechanical strength	F_R		6.11
Highest voltage for equipment	U_m	2.1.19	6.1
Rated insulation level		2.1.20	6.1
Service conditions			4
Rated frequency	f_n	2.1.17	5.5.1
Rated primary voltage	U_{pn}	2.1.7	5.1.1
Rated secondary voltage	U_{sn}	2.1.8	5.1.2
Rated voltage factor	k_u	2.1.10	5.3
Corresponding permissible duration			5.3
Secondary limiting current		2.1.36	
Rated output	S_n	2.1.15	5.2
Accuracy class		2.1.16	12
Rated auxiliary power supply voltage	U_{an}	2.1.18	5.5.2
Rated phase offset and rated delay time	φ_{0n}, t_{dn}	2.1.33, 2.1.34	12

4 Normal and special service conditions

Detailed information concerning the classification of environmental conditions is given in the IEC 60721 series.

4.1 Normal service conditions

4.1.1 Ambient air temperature

Voltage transformers are classified in three categories as given in table 2.

Table 2 – Temperature categories

Category	Minimum temperature °C	Maximum temperature °C
–5/40	– 5	40
–25/40	– 25	40
–40/40	– 40	40

NOTE When choosing the temperature category, storage and transportation conditions should also be considered.

4.1.2 Altitude

L'altitude ne dépasse pas 1 000 m.

4.1.3 Vibrations ou tremblements de terre

Les vibrations dues à des causes externes au transformateur de tension électronique ou aux tremblements de terre sont négligeables. Cependant, il doit être tenu compte du fait que certains modes de réalisation peuvent être sensibles aux vibrations. Des essais appropriés de tenue aux vibrations peuvent alors être spécifiés par un accord entre constructeur et acheteur.

4.1.4 Autres conditions de service pour des transformateurs de tension électroniques de type intérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- a) l'influence du rayonnement solaire peut être négligée;
- b) l'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par la poussière, la fumée, les gaz corrosifs, les vapeurs ou le sel;
- c) les conditions d'humidité sont les suivantes:
 - 1) la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée pendant une période de 24 h, ne dépasse pas 95 %;
 - 2) la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, pendant une période de 24 h, ne dépasse pas 2,2 kPa;
 - 3) la valeur moyenne de l'humidité relative pendant une période d'un mois ne dépasse pas 90 %;
 - 4) la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau pendant une période d'un mois ne dépasse pas 1,8 kPa.

Avec de telles conditions, l'apparition de condensation est possible occasionnellement.

NOTE 1 On peut s'attendre à de la condensation lors de brusques changements de température se produisant dans des périodes de forte humidité.

NOTE 2 Pour supporter les effets d'une forte humidité et de la condensation, tels que la détérioration de l'isolation ou la corrosion des parties métalliques, il convient d'utiliser des transformateurs de tension conçus pour de telles conditions.

NOTE 3 La condensation peut être évitée par une conception spéciale de l'habillage, par une ventilation et un chauffage appropriés ou par l'utilisation de déshumidificateurs.

4.1.5 Autres conditions de service pour des transformateurs de tension électroniques de type extérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- a) la valeur moyenne de la température de l'air ambiant, mesurée sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C;
- b) il convient de tenir compte du rayonnement solaire jusqu'à un niveau de 1 000 W/m² (par une journée claire à midi);
- c) l'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel. La pollution ne dépasse pas les niveaux de pollution donnés au tableau 8;
- d) la pression du vent ne dépasse pas 700 Pa (ce qui correspond à une vitesse de l'air de 34 m/s);
- e) il convient de prendre en compte la présence de condensation ou de précipitations.

4.1.2 Altitude

The altitude does not exceed 1 000 m.

4.1.3 Vibrations or earth tremors

Vibrations due to causes external to the electronic voltage transformer or earth tremors are negligible. However, it should be realised that some designs of electronic voltage transformers may be sensitive to vibrations. Appropriate vibration tests may be specified by agreement between manufacturer and purchaser.

4.1.4 Other service conditions for indoor electronic voltage transformers

Other considered service conditions are as follows:

- a) the influence of solar radiation may be neglected;
- b) the ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt;
- c) the conditions of humidity are as follows:
 - 1) the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h does not exceed 95 %;
 - 2) the average value of the water vapour pressure for a period of 24 h does not exceed 2,2 kPa;
 - 3) the average value of the relative humidity for a period of one month does not exceed 90 %;
 - 4) the average value of the water vapour pressure for a period of one month does not exceed 1,8 kPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 2 In order to withstand the effects of high humidity and condensation, such as the breakdown of insulation or the corrosion of metallic parts, electronic voltage transformers designed for such conditions should be used.

NOTE 3 Condensation may be prevented by special design of the housing, by suitable ventilation and heating or by the use of dehumidifying equipment.

4.1.5 Other service conditions for outdoor electronic voltage transformers

Other considered service conditions are as follows:

- a) the average value of the ambient air temperature, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C;
- b) solar radiation up to a level of 1 000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered;
- c) the ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt. The pollution does not exceed the pollution levels given in table 8;
- d) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to a 34 m/s wind speed);
- e) the presence of condensation or precipitation should be taken into account.

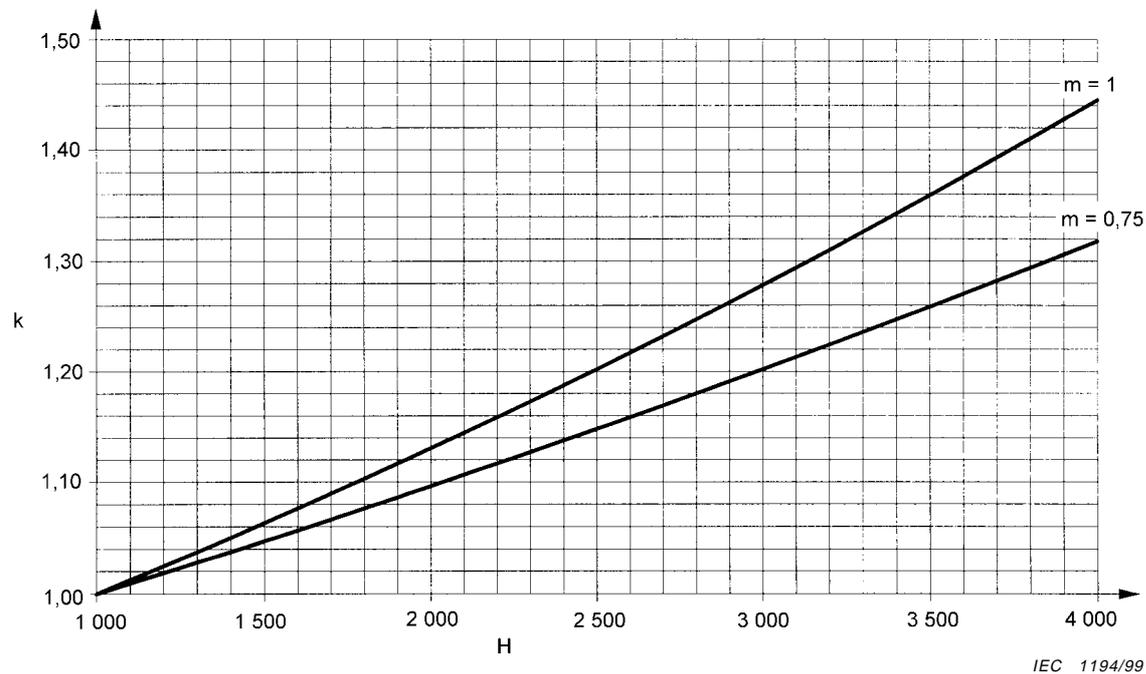
4.2 Conditions de service spéciales

Lorsque des transformateurs de tension électroniques peuvent être utilisés dans des conditions différentes des conditions normales de service données en 4.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent à des seuils normalisés dans les paragraphes suivants.

4.2.1 Altitude

Pour des installations à une altitude supérieure à 1 000 m, la distance d'arc dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée en multipliant les tensions de tenue requises en conditions de service par un facteur k selon la figure 3.

NOTE Comme pour l'isolation interne, la rigidité diélectrique n'est pas affectée par l'altitude. Il convient que la méthode de vérification de l'isolation externe fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.



Ces facteurs peuvent être calculés à partir de l'équation qui suit:

$$k = e^{m(H - 1\,000)/8\,150}$$

où

H est l'altitude en mètres;

m = 1 pour la fréquence industrielle et la tension de choc de foudre;

m = 0,75 pour la tension de choc de manoeuvre.

Figure 3 – Facteurs correctifs pour l'altitude

4.2.2 Température ambiante

Pour les installations situées là où la température ambiante peut s'écarter de manière significative des conditions de service normales fixées en 4.1.1, il convient que les gammes préférentielles de température minimale et maximale à spécifier soient

- 50 °C et 40 °C pour les climats très froids;
- 5 °C and 50 °C pour les climats très chauds.

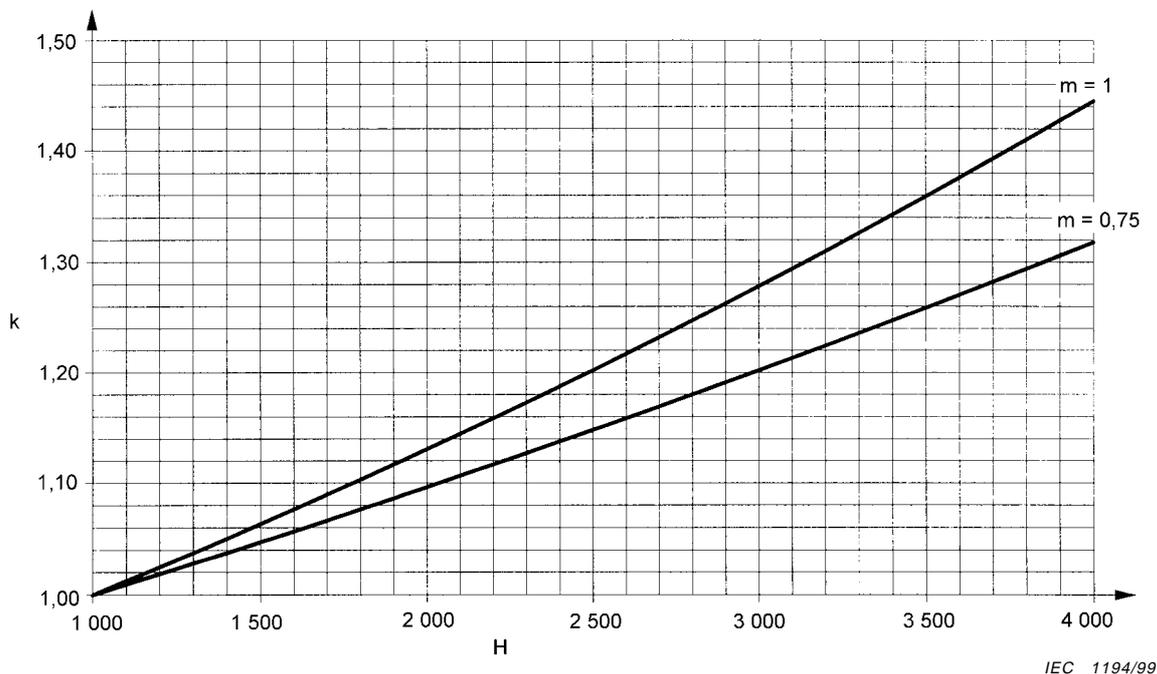
4.2 Special service conditions

When electronic voltage transformers may be used under conditions different from the normal service conditions given in 4.1, the user's requirements should refer to standardised steps given hereafter.

4.2.1 Altitude

For installations at an altitude higher than 1 000 m, the arcing distance under the standardised reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the withstand voltages required at the service location by a factor k in accordance with figure 3.

NOTE As for the internal insulation, the dielectric strength is not affected by altitude. The method used for checking the external insulation should be agreed between manufacturer and purchaser.



These factors can be calculated using the following equation:

$$k = e^{m(H - 1000)/8150}$$

where

H is the altitude in meters;

$m = 1$ for power-frequency and lightning impulse voltage;

$m = 0,75$ for the switching impulse voltage.

Figure 3 – Altitude correction factor

4.2.2 Ambient temperature

For installations located in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 4.1.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be

- a) -50 °C and 40 °C for very cold climates;
- b) -5 °C and 50 °C for very hot climates.

Dans certaines régions où l'apparition de vents chauds et humides est fréquente, de brusques variations de température peuvent entraîner l'apparition de condensations même à l'intérieur des bâtiments.

NOTE Dans certaines conditions de rayonnement solaire, des mesures appropriées, comme par exemple la couverture, la ventilation forcée etc., peuvent être nécessaires afin de ne pas dépasser les échauffements spécifiés.

4.2.3 Tremblements de terre

Des prescriptions et des essais sont à l'étude.

4.3 Système de mise à la terre

4.3.1 Généralités

Les installations de mise à la terre considérées sont les suivantes:

- a) réseau à neutre isolé (voir 2.1.22);
- b) réseau compensé par bobine d'extinction (voir 2.1.23);
- c) réseau à neutre mis à la terre (voir 2.1.26):
 - 1) réseau à neutre mis directement à la terre;
 - 2) réseau à neutre mis à la terre par impédance.

5 Valeurs normales

5.1 Valeurs normales des tensions assignées

5.1.1 Tension primaire assignée

Les valeurs normales de la tension primaire assignée des transformateurs triphasés et des transformateurs monophasés pour utilisation sur un réseau monophasé, ou entre phases sur un réseau triphasé, doivent être choisies parmi les valeurs des tensions assignées de réseaux désignés comme étant des valeurs usuelles de la CEI 60038. Les valeurs normales de la tension primaire assignée des transformateurs monophasés utilisés entre une phase d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre et la terre sont $1/\sqrt{3}$ fois les valeurs des tensions assignées de réseaux.

NOTE Le fonctionnement d'un transformateur électronique de tension utilisé en transformateur de mesure ou en transformateur de protection est basé sur la tension primaire assignée, tandis que le niveau d'isolement assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevés pour le matériel de la CEI 60038.

5.1.2 Tension secondaire assignée

Les valeurs normales de la tension secondaire assignée indiquées dans la CEI 60044-2 sont également applicables aux transformateurs de tension électroniques.

De plus, les valeurs indiquées en volts, ci-dessous, sont considérées comme des valeurs normales pour des transformateurs monophasés utilisés sur un réseau monophasé ou montés entre phases sur des réseaux triphasés et pour des transformateurs triphasés:

1,625 – 2 – 3,25 – 4 – 6,5

Pour les transformateurs monophasés destinés à être montés entre phase et terre dans les réseaux triphasés, pour lesquels la tension primaire est un nombre divisé par $\sqrt{3}$, les valeurs en volts, ci-dessous, sont considérées comme normales.

In certain regions with a frequent occurrence of warm humid winds, sudden changes of temperature may occur, resulting in condensation, even indoors.

NOTE Under certain conditions of solar radiation, appropriate measures, e.g. roofing, forced ventilation, etc., may be necessary, in order not to exceed the specified temperature rises.

4.2.3 Earthquakes

Requirements and testing are under consideration.

4.3 Earthing system

4.3.1 General

The considered earthing systems are as follows:

- a) isolated neutral system (see 2.1.22);
- b) resonant earthed system (see 2.1.23);
- c) earthed neutral system (see 2.1.26):
 - 1) solidly earthed neutral system;
 - 2) impedance earthed neutral system.

5 Ratings

5.1 Standard values of rated voltages

5.1.1 Rated primary voltage

The standard rated primary voltage values of three-phase and single-phase transformers for use in a single-phase system, or between lines in a three-phase system, shall be one of the nominal system voltage values designated as usual by IEC 60038. The standard rated primary voltage values of a single-phase 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 one of the nominal system voltage values.

NOTE The performance of an electronic voltage transformer as a measuring or protection transformer is based on the rated primary voltage, whereas the rated insulation level is based on one of the highest voltages for equipment of IEC 60038.

5.1.2 Rated secondary voltage

The standard values of rated secondary voltage given in IEC 60044-2 are applicable to electronic voltage transformers also.

In addition the following values, in volts, are considered standard values for single-phase transformers in single-phase systems or connected line-to-line in three-phase systems, and for three-phase transformers:

$$1,625 - 2 - 3,25 - 4 - 6,5$$

For single-phase transformers intended to be used line-to-ground in three-phase systems where the rated primary voltage is a number divided by $\sqrt{3}$, the following values, in volts, are considered standard values.

$$1,625/\sqrt{3} - 2/\sqrt{3} - 3,25/\sqrt{3} - 4/\sqrt{3} - 6,5/\sqrt{3}$$

Pour les bornes secondaires destinées à être connectées en triangle ouvert en vue de délivrer une image de la tension résiduelle, les tensions secondaires normales, en volts, sont données ci-dessous

Pour les réseaux triphasés

$$1,625/3 - 2/3 - 3,25/3 - 4/3 - 6,5/3$$

Pour les réseaux biphasés

$$1,625/2 - 2/2 - 3,25/2 - 4/2 - 6,5/2$$

NOTE Des explications quant aux valeurs de basse tension sont données dans l'article B.2.

5.2 Valeurs normales de la puissance de précision

Les valeurs normales de puissance de précision, sont données ci-dessous en voltampères, selon l'annexe A.

$$0,001 - 0,01 - 0,1 - 0,5 - 1 - 2,5 - 5 - 10 - 15 - 25 - 30$$

Les valeurs recommandées de puissance de précision sont données ci-dessous en voltampères:

Pour un transformateur de tension électronique dont la tension secondaire est ≤ 10 V

$$0,001 - 0,01 - 0,1 - 0,5$$

Pour un transformateur de tension électronique dont la tension secondaire est > 10 V

$$1 - 2,5 - 5 - 10 - 15 - 25 - 30$$

Dans certains cas spéciaux, d'autres valeurs peuvent être utilisées. La puissance de précision d'un transformateur électronique de tension triphasé est égale à celle requise pour une phase.

NOTE 1 L'attention est attirée sur le fait que

- l'augmentation de la puissance de précision induit:
 - une décroissance de la fiabilité;
 - une consommation d'énergie augmentée;
 - une augmentation du prix;
- la réduction de la puissance de précision augmente la sensibilité aux perturbations électromagnétiques.

NOTE 2 Pour un transformateur de tension électronique donné, pourvu que l'une des valeurs de puissance de précision assignée soit normale et associée à une classe normale, la déclaration des autres puissances de précision assignées, qui peuvent ne pas être normales mais correspondant à des classes de précision de puissance normales, peuvent être omises.

5.3 Valeurs normales du facteur de tension assigné

5.3.1 Transformateurs de tension électroniques mis à la terre

Le facteur de tension assigné pour un transformateur de tension électronique mis à la terre dépend du facteur de défaut à la terre du réseau triphasé.

$$1,625/\sqrt{3} - 2/\sqrt{3} - 3,25/\sqrt{3} - 4/\sqrt{3} - 6,5/\sqrt{3}$$

Rated secondary voltages for terminals intended to be connected in broken-delta with similar terminals to produce a residual voltage are as given below, in volts.

For three-phase networks

$$1,625/3 - 2/3 - 3,25/3 - 4/3 - 6,5/3$$

For two-phase networks

$$1,625/2 - 2/2 - 3,25/2 - 4/2 - 6,5/2$$

NOTE Explanations regarding low-voltage values are given in clause B.2.

5.2 Standard values of rated output

The standard values of rated output, with reference to annex A, are given in voltamperes below.

$$0,001 - 0,01 - 0,1 - 0,5 - 1 - 2,5 - 5 - 10 - 15 - 25 - 30$$

The recommended rated output values are given in voltamperes below.

For an electronic voltage transformer with a secondary voltage ≤ 10 V

$$0,001 - 0,01 - 0,1 - 0,5$$

For an electronic voltage transformer with a secondary voltage > 10 V

$$1 - 2,5 - 5 - 10 - 15 - 25 - 30$$

In special cases other values may be used. The rated output of a three-phase transformer shall be the rated output per phase.

NOTE 1 Attention is drawn to the fact that

- increasing the rated output induces:
 - decreased reliability;
 - increased power consumption;
 - price increase;
- decreasing the rated output increases sensitivity to electromagnetic disturbances.

NOTE 2 For a given electronic voltage transformer, provided one of the values of rated output is standard and associated with a standard accuracy class, the declaration of the other rated outputs, which may be non-standard values, but associated with other standard output accuracy classes, is not precluded.

5.3 Standard values of rated voltage factor

5.3.1 Earthed electronic voltage transformers

The rated voltage factor for an earthed electronic voltage transformer depends on the earth-fault factor of the three-phase system.

Les facteurs de tension normaux qui correspondent aux différentes conditions de mise à la terre sont indiqués dans le tableau 3 ci-dessous avec, également, la durée admissible.

Tableau 3 – Valeurs normales du facteur de tension assigné (k_U)

Facteur de tension assigné	Durée assignée	Mode de connexion des bornes primaires et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre phases d'un réseau quelconque Entre point neutre de transformateur en étoile et terre dans un réseau quelconque
1,2 1,5	Continue 30 s	Entre phase et terre dans un réseau à neutre effectivement à la terre (2.1.26 a)
1,2 1,9	Continue 30 s	Entre phase et terre dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (2.1.26 b) avec élimination automatique du défaut à la terre
1,2 1,9	Continue 8 h	Entre phase et terre dans un réseau à neutre isolé (2.1.22) sans élimination automatique du défaut à la terre, ou dans un réseau compensé par bobine d'extinction (2.1.23) sans élimination automatique du défaut à la terre
NOTE Des durées assignées réduites sont admissibles par accord entre le constructeur et l'utilisateur.		

5.3.2 Transformateurs de tension électroniques non mis à la terre

Le facteur de tension assigné pour des transformateurs de tension électroniques non mis à la terre est 1,2 en fonctionnement continu.

5.4 Valeurs normales de la tension d'alimentation auxiliaire

Les valeurs standard indiquées en 3.2 de la CEI 60255-6 sont applicables.

NOTE Il n'est pas d'usage de faire référence à une autre norme de produit. Une référence à des clauses communes aux équipements électroniques de poste sera faite dès que la norme correspondante sera disponible.

5.5 Domaine de référence normal des autres paramètres d'influence

5.5.1 Domaine de référence normal de la fréquence

Le domaine de référence des fréquences s'étend de 99 % à 101 % de la fréquence assignée pour la mesure, et de 96 % à 102 % de la fréquence assignée pour la protection.

NOTE Ceci est applicable à tous les types de transformateurs de tension électroniques. Des gammes de fréquence étendues sont à l'étude en vue de répondre aux besoins de nouvelles applications telles que la qualimétrie, pour laquelle la mesure des sous-harmoniques et des harmoniques est nécessaire.

5.5.2 Domaine de référence normal de la tension d'alimentation auxiliaire

Le domaine de référence de l'alimentation auxiliaire s'étend de 80 % à 110 % de la tension d'alimentation auxiliaire assignée.

5.5.3 Domaine de référence normal de la charge

Le domaine de référence de la charge s'étend de 25 % jusqu'à 100 % de la charge de précision à un facteur de puissance de 0,8 inductif pour des puissances de précision assignées supérieures ou égales à 5 VA. Pour une puissance de précision inférieure à 5 VA, les transformateurs électroniques de tension doivent présenter une erreur qui reste dans la classe de précision assignée, et ce quel que soit le déphasage introduit par la charge de précision.

NOTE Les valeurs de facteur de puissance ci-dessus ne prennent pas en compte les effets de la capacité des câbles de connexion. Pour des valeurs de puissance de précision basses, cet effet peut être négligé également car la longueur des câbles de connexion est en général très courte.

The standard voltage factors corresponding to the different earthing conditions are given in table 3 below, together with the permissible duration.

Table 3 – Standard values of rated voltage factor (k_u)

Rated voltage factor	Rated time	Method of connecting the primary terminals and system earthing conditions
1,2	Continuous	Between phases in any network Between transformer star point and earth in any network
1,2 1,5	Continuous 30 s	Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (2.1.26 a)
1,2 1,9	Continuous 30 s	Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (2.1.26 b) with automatic earth-fault tripping
1,2 1,9	Continuous 8 h	Between phase and earth in an isolated neutral system (2.1.22) without automatic earth-fault tripping or in a resonant earthed system (2.1.23) without automatic earth-fault tripping
NOTE Reduced rated times are permissible by agreement between manufacturer and user.		

5.3.2 Unearthed electronic voltage transformers

The rated voltage factor for unearthed electronic voltage transformers is 1,2 with continuous operation.

5.4 Standard values of rated auxiliary power supply voltage

Standard values given in subclause 3.2 of IEC 60255-6 are applicable.

NOTE It is not a common practice to refer to an other product standard. A reference to common clauses applicable to all electronic equipments within substations will be made when the relevant standard will be available.

5.5 Standard reference values of other influencing parameters

5.5.1 Standard reference range of frequency

The standard reference range of frequencies shall be from 99 % to 101 % of the rated frequency for the accuracy classes for measurement, and from 96 % to 102 % for the accuracy classes for protection.

NOTE This applies to all types of electronic voltage transformers. Extended frequency ranges are under consideration, in order to cope with new applications like supply quality metering, for which the measurement of sub-harmonics and harmonics is required.

5.5.2 Standard reference range of auxiliary power supply voltage

The standard reference range of auxiliary power supply shall be from 80 % to 110 % of the rated auxiliary power supply voltage.

5.5.3 Standard reference range of burden

The standard reference range of burden shall be from 25 % up to 100 % of the rated burden at a power factor of 0,8 lagging for rated outputs greater than or equal to 5 VA. For a rated burden below 5 VA, the electronic voltage transformers shall have an error that is within the class limit for any phase angle of the rated burden.

NOTE The above power factor values do not take into account the effect of the capacitance of connecting cables. For low-rated output values, this effect can also be neglected because the length of connecting cables is generally very short.

5.5.4 Domaine de référence normal de la température

Sauf spécification contraire, le domaine de référence normal de la température s'étend depuis la limite inférieure jusqu'à la limite supérieure de la température ambiante de l'air indiquées en 4.1.1.

6 Prescriptions relatives à la conception

6.1 Prescriptions relatives à l'isolement du capteur de tension primaire

Les présentes prescriptions s'appliquent à tous les types de transformateurs de tension électroniques. Des prescriptions complémentaires (à l'étude) peuvent être nécessaires pour les transformateurs de tension électroniques à isolation gazeuse.

6.1.1 Niveaux d'isolement assignés pour les bornes primaires

Le niveau d'isolement assigné de l'enroulement primaire d'un transformateur de tension inductif doit être basé sur sa tension la plus élevée pour le matériel, U_m .

La tension primaire assignée multipliée par le facteur de tension assigné ne doit pas être supérieure à U_m .

6.1.1.1 Pour $U_m = 0,72 \text{ kV}$ ou $1,2 \text{ kV}$

Dans le cas des enroulements primaires pour lesquels U_m est égale à 0,72 kV ou 1,2 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par la tension de tenue assignée à fréquence industrielle conformément au tableau 4.

6.1.1.2 Pour $3,6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

Dans le cas des enroulements primaires pour lesquels U_m est égale ou supérieure à 3,6 kV mais inférieure à 300 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par les tensions de tenue assignées au choc de foudre et à fréquence industrielle et doit être choisi conformément au tableau 4.

En ce qui concerne le choix entre les différents niveaux pour la même valeur de U_m , voir la CEI 60071-1.

6.1.1.3 Pour $U_m \geq 300 \text{ kV}$

Dans le cas des enroulements primaires pour lesquels U_m est égale ou supérieure à 300 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par les tensions de tenue assignées au choc de manoeuvre et au choc de foudre et doit être choisi conformément au tableau 5.

En ce qui concerne le choix entre les différents niveaux pour la même valeur de U_m , voir la CEI 60071-1.

5.5.4 Standard reference range of temperature

Unless otherwise specified, the standard reference range of temperature shall be from the lower limit to the upper limit of ambient air temperature given 4.1.1.

6 Design requirements

6.1 Insulation requirements for primary voltage sensor

Requirements apply to all types of electronic voltage transformers. For gas-insulated electronic voltage transformers supplementary requirements may be necessary. These are currently under consideration.

6.1.1 Rated insulation levels for primary terminals

The rated insulation level of the primary voltage sensor of an electronic voltage transformer shall be based on its highest voltage for equipment U_m .

The rated primary voltage multiplied by the rated voltage factor shall not exceed U_m .

6.1.1.1 For $U_m = 0,72 \text{ kV}$ or $1,2 \text{ kV}$

For primary terminals having $U_m = 0,72 \text{ kV}$ or $1,2 \text{ kV}$, the rated insulation level is determined by the rated power-frequency withstand voltage, according to table 4.

6.1.1.2 For $3,6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

For primary terminals having $U_m \geq 3,6 \text{ kV}$ but less than 300 kV , the rated insulation level is determined by the rated lightning-impulse and power-frequency withstand voltages and shall be chosen in accordance with table 4.

When choosing between the alternative levels for the same values of U_m , see IEC 60071-1.

6.1.1.3 For $U_m \geq 300 \text{ kV}$

For primary terminals having $U_m \geq 300 \text{ kV}$, the rated insulation level is determined by the rated switching and lightning-impulse withstand voltages and shall be chosen in accordance with table 5.

When choosing between the alternative levels for the same values of U_m , see IEC 60071-1.

Tableau 4 – Niveaux d'isolement assignés pour les bornes primaires des transformateurs de tension électroniques pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est inférieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV
0,72	3	–
1,2	6	–
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050

NOTE Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir les niveaux d'isolement les plus élevés.

Table 4 – Rated insulation levels for electronic voltage transformers with primary terminals having highest voltage for equipment $U_m < 300$ kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV	Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s.) kV	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak) kV
0,72	3	–
1,2	6	–
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050

NOTE For exposed installations, it is recommended to choose the highest insulation level.

Tableau 5 – Niveaux d'isolement assignés pour les bornes primaires des transformateurs de tension électroniques pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de manoeuvre (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 150	1 425
	1 175	1 550
765	1 425	1 950
	1 550	2 100

NOTE 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir les niveaux d'isolement les plus élevés.

NOTE 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'ont pas encore été fixés définitivement, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manoeuvre et au choc de foudre pourront être nécessaires.

Tableau 6 – Tension de tenue à fréquence industrielle pour les bornes primaires des transformateurs de tension électroniques pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV

Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 950	880
2 100	975

6.1.2 Autres prescriptions pour l'isolement entre les bornes du primaire

6.1.2.1 Tension de tenue à fréquence industrielle

Les enroulements pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est égale ou supérieure à 300 kV doivent, conformément au tableau 6, supporter la tension de tenue à fréquence industrielle correspondant à la tension de tenue au choc de foudre choisie.

Table 5 – Rated insulation levels for electronic voltage transformers with primary terminals having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV	Rated switching-impulse withstand voltage (peak) kV	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak) kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 050	1 425
	1 175	1 550
765	1 425	1 950
	1 550	2 100

NOTE 1 For exposed installation, it is recommended to choose the highest insulation levels.

NOTE 2 As the test voltage levels for $U_m = 765$ kV have not as yet been finally settled, some interchange between switching and lightning impulse test levels may become necessary.

Table 6 – Power-frequency withstand voltages for electronic voltage transformers with primary terminals having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV

Rated lightning-impulse withstand voltage (peak) kV	Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s.) kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 950	880
2 100	975

6.1.2 Other requirements for insulation between primary terminals

6.1.2.1 Power-frequency withstand voltage

Primary terminals having a highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV shall withstand the power-frequency withstand voltage corresponding to the selected lightning impulse withstand voltage, according to table 6.

6.1.2.2 Tension de tenue à fréquence industrielle de la borne mise à la terre

La borne de l'enroulement primaire destinée à être mise à la terre doit, lorsqu'elle est isolée de la cuve ou du châssis, être capable de supporter la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace), pendant 1 min.

6.1.2.3 Décharges partielles

Les prescriptions relatives aux décharges partielles sont applicables aux transformateurs de tension électroniques pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est égale ou supérieure à 7,2 kV.

Les niveaux de décharges partielles ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 7, pour les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures 9.2.4.

Tableau 7 – Tensions d'essais de décharges partielles et niveaux admissibles

Type de mise à la terre du réseau	Raccordement de l'enroulement primaire	Tension d'essai de décharges partielles (valeurs efficaces) kV	Niveau admissible de décharges partielles pC	
			Type d'isolation	
			Immergée dans un liquide	Solide
Réseau à neutre mis à la terre (facteur de mise à la terre $\leq 1,5$)	Entre phase et terre	U_m	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Entre phases	$1,2 U_m$	5	20
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de mise à la terre $> 1,5$)	Entre phase et terre	$1,2 U_m$	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Entre phases	$1,2 U_m$	5	20

NOTE 1 Si le système de neutre n'est pas défini, les valeurs indiquées pour les réseaux à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre sont valables.

NOTE 2 Le niveau admissible de décharges partielles est aussi valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée.

NOTE 3 Lorsque la tension assignée d'un transformateur de tension électronique est beaucoup plus faible que sa valeur déclarée de tension la plus élevée pour le matériel, U_m , des tensions de précontrainte et de mesure plus faibles peuvent être convenues entre constructeur et acheteur.

6.1.2.4 Choc de foudre coupé

Si cela est spécifié en complément, l'enroulement primaire doit aussi pouvoir supporter une tension de choc de foudre coupé d'une valeur de crête égale à 115 % de celle de la tension de choc de foudre plein.

NOTE Des valeurs plus faibles de tension d'essai peuvent être convenues entre constructeur et acheteur.

Bien que cela ne soit pas un essai nécessaire pour essayer le capteur haute tension en lui-même, le choc de foudre coupé permet de déterminer l'aptitude du convertisseur secondaire à supporter le stress induit par la haute tension. Le circuit d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

6.1.2.2 Power-frequency withstand voltage for earthed terminal

The terminal of the primary voltage sensor intended to be earthed shall, when insulated from the case or frame, be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV (r.m.s.) for 1 min.

6.1.2.3 Partial discharges

Partial discharge requirements are applicable to electronic voltage transformers having $U_m \geq 7,2$ kV.

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in table 7, at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a prestressing performed according to the procedures of 9.2.4.

Table 7 – Partial discharge test voltages and permissible levels

Type of earthing of the system	Connections of the primary terminals	Partial discharge test voltage (r.m.s.) kV	Permissible partial discharge level pC	
			Type of insulation	
			Immersed in liquid	Solid
Earthed neutral system (earth-fault factor $\leq 1,5$)	Phase-to-earth	U_m	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Phase-to-phase	$1,2 U_m$	5	20
Isolated or non effectively earthed neutral system (earth-fault factor $> 1,5$)	Phase-to-earth	$1,2 U_m$	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Phase-to-phase	$1,2 U_m$	5	20

NOTE 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non-effectively earthed systems are valid.

NOTE 2 The permissible partial discharge level is also valid for frequencies different from rated.

NOTE 3 When the rated voltage of an electronic voltage transformer is considerably lower than its highest system voltage U_m , lower prestress voltages and measuring voltages may be agreed between manufacturer and purchaser.

6.1.2.4 Chopped lightning impulse

If additionally specified, the primary voltage terminals shall also be capable of withstanding a chopped lightning-impulse voltage which has a peak value of 115 % of the full lightning-impulse voltage.

NOTE Lower values of test voltage may be agreed between manufacturer and purchaser.

Even if this is not required by the technology of the high-voltage sensor itself, the chopped lightning-impulse test is helpful to check the ability of the secondary converter to withstand the high-voltage stress induced. The test arrangement shall be agreed between manufacturer and purchaser.

6.1.2.5 Capacité et facteur de dissipation diélectrique

Ces prescriptions s'appliquent seulement aux transformateurs comportant une isolation de l'enroulement primaire immergée dans un liquide pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est égale ou supérieure à 72,5 kV.

Les valeurs de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$) doivent se référer à la fréquence assignée et à un niveau de tension dans la plage de 10 kV à $U_m/\sqrt{3}$.

NOTE 1 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 2 Le facteur de dissipation diélectrique dépend de la conception de l'isolation et à la fois de la tension et de la température. Sa valeur à $U_m/\sqrt{3}$ et à la température ambiante ne doit normalement pas dépasser 0,005.

NOTE 3 Pour certains types de conception de transformateur, l'interprétation des résultats peut être difficile à établir.

6.1.3 Prescriptions pour l'isolation externe

6.1.3.1 Pollution

Dans le cas des transformateurs de tension électroniques pour l'extérieur, avec des isolateurs en céramique, susceptibles de pollution, les lignes de fuite pour des niveaux de pollution donnés sont indiquées au tableau 8.

Tableau 8 – Longueurs de la ligne de fuite

Niveau de pollution	Valeur nominale minimale de la ligne de fuite unitaire mm/kV ^{1) 2)}	Ligne de fuite Distance d' arc
I Léger	16	≤3,5
II Moyen	20	
III Fort	25	≤4,0
IV Très fort	31	
<p>¹⁾ Rapport de la ligne de fuite entre phase et terre à la valeur efficace entre phases de la tension la plus élevée pour le matériel (voir la CEI 60071-1).</p> <p>²⁾ Pour plus d'informations et pour les tolérances de fabrication sur la ligne de fuite, voir la CEI 60815.</p>		
<p>NOTE 1 Il est reconnu que les performances de l'isolation de surface sont fortement affectées par la forme de l'isolateur.</p> <p>NOTE 2 Dans les régions très légèrement polluées, des lignes de fuite unitaires nominales inférieures à 16 mm/kV peuvent être utilisées en fonction de l'expérience acquise en service. La valeur de 12 mm/kV semble être une limite inférieure.</p> <p>NOTE 3 Dans des cas de sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite unitaire nominale de 31 mm/kV peut s'avérer insuffisante. En fonction de l'expérience acquise en service et/ou des résultats d'essai en laboratoire, une valeur plus élevée de la ligne de fuite unitaire peut être utilisée mais, dans certains cas, l'utilisation du lavage peut être envisagé.</p>		

6.2 Prescriptions relatives à l'isolement des composants basse tension

Les composants basse tension comprennent généralement plusieurs circuits séparés avec une isolation galvanique entre eux. Cette isolation doit être capable de répondre aux prescriptions suivantes.

6.2.1 Tenue à la tension de fréquence industrielle

Niveau de tenue à la tension: 2 kV eff.

6.1.2.5 Capacitance and dielectric dissipation factor

These requirements apply only to electronic voltage transformers with liquid-immersed primary voltage sensor insulation having $U_m \geq 72,5$ kV.

The values of capacitance and dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be referred at the rated frequency and at a voltage level within the range from 10 kV to $U_m / \sqrt{3}$.

NOTE 1 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 2 The dielectric dissipation factor is dependent on the insulation design and on both voltage and temperature. Its value at $U_m / \sqrt{3}$ and at ambient temperature does not normally exceed 0,005.

NOTE 3 For some types of electronic voltage transformer designs the interpretation of the results may be difficult to assess.

6.1.3 Requirements for external insulation

6.1.3.1 Pollution

For outdoor electronic voltage transformers, with ceramic insulator, which are susceptible to contamination, the creepage distances for given pollution levels are given in table 8.

Table 8 – Creepage distances

Pollution level	Minimum nominal specific creepage mm/kV ^{1) 2)}	Creepage distance
		Arcing distance
I Light	16	≤3,5
II Medium	20	
III Heavy	25	≤4,0
IV Very heavy	31	
¹⁾ Ratio of the creepage distance between phase and earth over the r.m.s. phase to phase value of the highest voltage for the equipment (see IEC 60071-1).		
²⁾ For other information and manufacturing tolerances on the creepage distance, see IEC 60815.		
NOTE 1 It is recognised that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape.		
NOTE 2 In very lightly polluted areas, specific nominal creepage distances lower than 16 mm/kV can be used depending on service experience. 12 mm/kV seems to be a lower limit.		
NOTE 3 In cases of exceptional pollution severity, a specific nominal creepage distance of 31 mm/kV may not be adequate. Depending on service experience and/or on laboratory test results, a higher value of specific creepage distance can be used, but in some cases the practicability of washing may have to be considered.		

6.2 Insulation requirements for low-voltage components

Low-voltage components generally include several separated circuits with galvanic insulation between them. This insulation shall be capable of meeting the requirements given below.

6.2.1 Power-frequency voltage withstand capability

Withstand voltage level: 2 kV r.m.s.

6.2.2 Tenue à la tension de choc

Niveau de tenue à la tension: 5 kV.

6.3 Tenue au court-circuit

Le transformateur de tension électronique doit être conçu, puis construit pour supporter sans dommage les effets mécaniques et thermiques d'un court-circuit externe entre les bornes de tension du secondaire pour une durée de 60 s, lorsque celles-ci sont alimentées à la tension assignée.

Le constructeur doit indiquer le type de limitation du courant de sortie (s'il y a lieu). Par exemple, le courant de sortie est un signal rectangulaire alternatif, dont la valeur de crête est 1,2 fois la valeur de crête du courant de sortie alternatif maximal.

L'acheteur doit être conscient que dans le cas d'une limitation du courant de sortie, une coupure du court-circuit par fusibles n'est pas efficace. Pour cette raison le transformateur de tension électronique doit être capable de supporter un court-circuit plus longtemps qu'il ne faudrait pour faire fondre un fusible.

Le constructeur doit indiquer le temps nécessaire au rétablissement de la tension de sortie secondaire (dans les limites de la classe de précision), après élimination du court-circuit (voir les prescriptions complémentaires indiquées en 6.9 et 6.10).

6.4 Tenue à la surcharge thermique

6.4.1 Prescriptions générales

Le transformateur de tension électronique doit être conçu, et ensuite construit pour supporter, sans dommage, et sans excéder les limites d'échauffement spécifiées de ses composants, les effets thermiques dus aux conditions suivantes:

- température ambiante maximale spécifiée;
- fréquence assignée;
- 1,2 fois la tension primaire assignée;
- la combinaison de la tension d'alimentation auxiliaire et de la charge secondaire responsable de la dissipation maximale de la puissance interne du convertisseur secondaire.

6.4.2 Prescriptions complémentaires

Le transformateur de tension électronique doit être conçu et construit pour supporter, sans dommage, les effets thermiques dus aux conditions décrites en 6.4.1, mais avec le facteur de tension spécifié pour la durée indiquée dans le tableau 3.

6.5 Prescriptions relatives aux interférences radioélectriques

Le but de cet essai est de contrôler l'émission de décharges corona engendrées par le transformateur de tension électronique. Les principales sources de ces décharges sont les parties au potentiel de la haute tension et les décharges partielles à la surface de l'isolateur. Cet essai s'applique aux transformateurs de tension électroniques pour lesquels $U_m \geq 123$ kV.

La procédure d'essai est à l'étude.

6.2.2 Impulse voltage withstand capability

Withstand voltage level: 5 kV.

6.3 Short-circuit withstand capability

The electronic voltage transformer shall be designed and constructed to withstand without damage the mechanical and thermal effects of an external short circuit between secondary voltage terminals for the duration of 60 s, when energised at rated voltage.

The manufacturer shall indicate the type of limitation of the output current used (if any), e.g. the output current is an a.c. square wave, the peak value of which is 1,2 times the peak value of the maximum a.c. output current.

The purchaser shall be aware that in the case of output current limitation, a clearance of short circuit by fuses is not effective. For this reason the electronic voltage transformer shall be able to withstand a short circuit for a longer time duration than is necessary to blow a fuse.

The manufacturer shall indicate the time needed for restoration of the secondary output voltage (within the accuracy class limits), after removal of the short circuit (see 6.9 and 6.10 for additional requirements).

6.4 Limits of temperature rise

6.4.1 General requirements

The electronic voltage transformer shall be designed and constructed to withstand, without exceeding the specified limits for temperature rise of components and without damage, the thermal effects caused by the following conditions:

- maximum specified ambient temperature;
- rated frequency;
- 1,2 times the rated primary voltage;
- the combination of auxiliary power supply voltage and secondary burden which causes the maximum internal power dissipation of the secondary converter.

6.4.2 Additional requirements

The electronic voltage transformer shall be designed and constructed to withstand without damage the thermal effects caused by the conditions described in clause 6.4.1, but with the specified voltage factor for the duration described in table 3.

6.5 Radio interference voltage requirements

The purpose of the radio interference voltage test is to verify the emission of corona discharges created by the electronic voltage transformer. The main cause of corona discharges are high-voltage parts and partial discharges at the surface of the insulator housing. This test is relevant for electronic voltage transformers having $U_m \geq 123$ kV.

The test procedure is under consideration.

6.6 Prescriptions relatives à la transmission de surtensions

Le but de cet essai est de contrôler l'émission de surtensions transmises depuis l'équipement primaire jusqu'au convertisseur secondaire ou jusqu'à l'alimentation secondaire. La principale cause de surtensions est la manoeuvre d'appareils haute tension.

La procédure d'essai est à l'étude.

6.7 Prescriptions de compatibilité électromagnétique

La compatibilité électromagnétique est l'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement (VEI 161-01-07). Pour estimer le comportement d'un transformateur de tension électronique dans cet environnement électromagnétique spécifique, il est nécessaire de définir des limites appropriées pour l'émission et l'immunité. L'objet de chacun des essais destinés à vérifier ces limites est décrit dans les paragraphes ci-après.

NOTE Voir B.5.2.

6.7.1 Prescriptions relatives à l'émission

Les prescriptions relatives à l'émission, couvertes par les essais de transmission de surtensions et par les essais d'interférences radioélectriques, ne suffisent pas. Les prescriptions d'émissions couvertes par le CISPR 11 sont également applicables et il convient d'effectuer les essais correspondants.

6.7.2 Prescriptions relatives à l'immunité

Une liste des essais de type applicables aux transformateurs de tension électroniques, ainsi que les classes de sévérité et les critères d'acceptation associés sont donnés au tableau 9.

D'autres essais qui pourraient concerner cette application sont à l'étude.

6.7.2.1 Perturbations dues aux harmoniques et interharmoniques

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux composantes harmoniques et interharmoniques de son alimentation secondaire basse tension. Cet essai n'est applicable qu'aux transformateurs électroniques de tension utilisant une alimentation secondaire en alternatif.

6.7.2.2 Variations lentes de la tension d'alimentation

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux variations lentes de la tension d'alimentation basse tension. Cet essai est applicable aux transformateurs électroniques de tension utilisant une alimentation secondaire en continu ou en alternatif.

6.6 Transmitted overvoltage requirements

The purpose of the transmitted overvoltages test is to verify the emission of overvoltages transmitted from the primary of the electronic voltage transformer to the secondary output or to the power supply. The main cause of overvoltages is the switching of high-voltage equipment.

The test procedure is under consideration.

6.7 Electromagnetic compatibility requirements

EMC is the ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances into anything in that environment (IEV 161-01-07). In order to assess the behaviour of an electronic voltage transformer in this specific electromagnetic environment, it is necessary to set appropriate limits for emission and immunity. The purpose of each of the relevant tests is described hereafter.

NOTE See B.5.2.

6.7.1 Emission requirements

Besides the emission requirements which are considered to be covered with a radio interference voltage test (RIV test) and a transmitted overvoltage test, for electronic voltage transformers emission limits considered in CISPR 11 are also relevant and shall be tested accordingly.

6.7.2 Immunity requirements

A list of type tests which can be considered relevant for electronic voltage transformers with the associated severity class and assessment criteria is given in table 9.

Other tests which can be of interest for this application are still under consideration.

6.7.2.1 Harmonic and interharmonic disturbance

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

6.7.2.2 Slow voltage variation

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

Tableau 9 – Prescriptions d'essais d'immunité

Essai	Norme de référence	Classe de sévérité	Critère d'acceptation
Harmoniques et interharmoniques ¹⁾	A l'étude [1]*	2	A
Variations lentes de la tension d'alimentation ¹⁾	CEI 61000-4-11	de +12 % à -15 %	A
Variations lentes de la tension d'alimentation ²⁾	A l'étude [2]	–	A
Creux de tensions et coupures brèves ¹⁾	CEI 61000-4-11	30 % durant 0,02 s 100 % durant 0,1 s	A
Creux de tensions et coupures brèves ²⁾	CEI 61000-4-29 [2]	50 % durant 0,1 s 100 % durant 0,05 s	A
Ondes de chocs	CEI 61000-4-5	4	B
Transitoires électriques rapides en salve	CEI 61000-4-4	4	B
Ondes oscillatoires amorties	CEI 61000-4-12	3	B
Décharges électrostatiques	CEI 61000-4-2	2	B
Champs magnétiques à fréquence industrielle	CEI 61000-4-8	5	A
Impulsions de champ magnétique	CEI 61000-4-9	5	B
Onde de champ magnétique oscillatoire amortie	CEI 61000-4-10	5	B
Champs électromagnétiques rayonnés à fréquence radioélectrique	CEI 61000-4-3	3	A
¹⁾ Applicable uniquement aux transformateurs de tension électroniques à alimentation auxiliaire de type a.c. ²⁾ Applicable uniquement aux transformateurs de tension électroniques à alimentation auxiliaire de type d.c.			
NOTE A Performances normales dans les limites des spécifications. NOTE B Une dégradation temporaire des performances relatives à la mesure ou à l'autodiagnostic est permise si le retour à la normale est automatique. Aucune surtension supérieure à 500 V ne doit être transmise en sortie. Aucune dégradation des performances n'est permise dans le cas de transformateurs de tension électroniques pour la protection.			

6.7.2.3 Creux de tension et coupures brèves

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux creux de tension et coupures brèves de la tension d'alimentation basse tension. Cet essai est applicable aux transformateurs électroniques de tension utilisant une alimentation secondaire en continu ou en alternatif.

6.7.2.4 Ondes de choc

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux transitoires unidirectionnels causés par des surtensions dues aux manoeuvres sur le réseau et aux coups de foudre (directs or indirects). Cet essai est très important pour les installations à haute et très haute tension du fait de leur exposition à la foudre.

6.7.2.5 Transitoires électriques rapides en salves

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux salves de transitoires rapides engendrés par des manoeuvres sur des charges inductives faibles, des rebonds sur les contacts des relais (interférences conduites) ou des manoeuvres d'appareillage haute tension, particulièrement les appareils isolés au SF₆ ou au vide (interférences rayonnées).

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

Table 9 – Immunity test requirements

Test	Reference standard	Severity class	Assessment criterion
Harmonic and interharmonic ¹⁾	Under consideration [1]*	2	A
Slow voltage variation ¹⁾	IEC 61000-4-11	From +12 % to –15 %	A
Slow voltage variation ²⁾	Under consideration [2]	–	A
Voltage dips and short interruptions ¹⁾	IEC 61000-4-11	30 % for 0,02 s 100 % for 0,1 s	A
Voltage dips and short interruptions ²⁾	IEC 61000-4-29 [2]	50 % for 0,1 s 100 % for 0,05 s	A
Surge immunity	IEC 61000-4-5	4	B
Electrical fast transient / burst	IEC 61000-4-4	4	B
Oscillatory wave immunity	IEC 61000-4-12	3	B
Electrostatic discharge	IEC 61000-4-2	2	B
Power frequency magnetic field immunity	IEC 61000-4-8	5	A
Pulse magnetic field immunity	IEC 61000-4-9	5	B
Damped oscillatory magnetic field immunity	IEC 61000-4-10	5	B
Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity	IEC 61000-4-3	3	A
¹⁾ Applicable only to electronic voltage transformers with a.c. auxiliary power supply.			
²⁾ Applicable only to electronic voltage transformers with d.c. auxiliary power supply.			
NOTE A Normal performance within the specification limits.			
NOTE B Temporary degradation of metering or self-diagnosis performances which are self-recovered is allowed. No output overvoltage greater than 500 V is allowed. No degradation of performance is allowed for protective electronic voltage transformers.			

6.7.2.3 Voltage dips and short interruptions

The purpose of this test is to verify the immunity of the electronic voltage transformer against voltage dips or voltage interruption of the low-voltage power supply of the electronic voltage transformer. The requirement applies to cases of a.c. or d.c. power supply.

6.7.2.4 Surge immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the electronic voltage transformer against unidirectional transients caused by overvoltages due to switching in the power network and lightning strokes (direct or indirect). This test is very important for high-voltage and high voltage installations because of the high probability of lightning exposure.

6.7.2.5 Electrical fast transient / burst

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

* Figures in square brackets refer to the bibliography.

6.7.2.6 Ondes oscillatoires

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux ondes oscillatoires amorties, appliquées de façon répétée sur les circuits basse tension. Ces ondes sont dues aux manoeuvres dans les postes haute tension (isolateurs haute tension, stations haute tension en ouvert, particulièrement manoeuvres sur des départs haute tension) ou à des défauts dans la partie haute tension ou le réseau haute tension.

6.7.2.7 Décharges électrostatiques

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux décharges électrostatiques (DES) engendrées par un opérateur touchant (de façon directe ou avec un outil)l'équipement ou s'approchant de lui. Ce n'est pas en général un problème important car les parties électroniques d'un transformateur de tension électronique (à l'intérieur ou à l'extérieur) sont en général placées sur un sol de béton nu, sans moquette synthétique ni meuble à proximité. De plus, ces ensembles électroniques sont placées dans un rack métallique, relié correctement à un réseau de terre bien contrôlé, pour des raisons de sécurité. Cela rend les probabilités de décharges électrostatiques extrêmement faibles.

6.7.2.8 Champs magnétiques à fréquence industrielle

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux champs magnétiques à fréquence industrielle. Ces champs sont liés à la proximité des conducteurs électriques, des transformateurs, etc. lors du fonctionnement normal ou en défaut. Cet essai est important du fait de la faible distance séparant les ensembles électroniques des circuits principaux à l'intérieur du transformateur électronique de tension.

6.7.2.9 Impulsions de champ magnétique

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux impulsions de champ magnétique engendrées par des coups de foudre sur les bâtiments, les structures métalliques et les réseaux de terre. Cet essai concerne les parties haute tension ainsi que les installations haute tension du fait de leur exposition particulière à la foudre.

6.7.2.10 Onde de champ magnétique oscillatoire amortie

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux ondes de champ magnétique engendrées par les manoeuvres de sectionneurs sur les jeux de barre haute tension. Cet essai concerne surtout les équipements installés dans les sous-stations haute tension.

6.7.2.11 Champs électromagnétiques radiofréquence rayonnés

Le but de cet essai est de contrôler l'immunité du transformateur électronique de tension aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques. Ces champs sont générés par des émetteurs radio ainsi que par tout matériel produisant de l'énergie par rayonnement électromagnétique. Le plus gros souci dans les installations haute tension prend sa source dans l'usage de talkies-walkies et de téléphones portables, puisque la probabilité de trouver des radioamateurs ou des stations de radio aux abords immédiats d'une installation haute tension est, en général, très faible.

6.8 Fiabilité

La fiabilité d'un transformateur électronique de tension est comparable à celle des autres ensembles électroniques de la sous-station. A ce titre, la fiabilité du transformateur électronique de tension doit être envisagée de la même façon.

6.7.2.6 Oscillatory wave immunity

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

6.7.2.7 Electrostatic discharge

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

6.7.2.8 Power frequency magnetic field immunity

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

6.7.2.9 Pulse magnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the electronic voltage transformer when subjected to an impulse magnetic field generated by lightning strokes on buildings, metal structures and earth networks. This test is relevant to high voltage and high-voltage installations because of the increased lightning exposure.

6.7.2.10 Damped oscillatory magnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the electronic voltage transformer when subjected to damped oscillatory magnetic field generated by the switching of high-voltage busbars by isolators. This test is mainly applicable to electronic equipment installed in high-voltage substations.

6.7.2.11 Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity

The purpose of this test is to verify the immunity of the electronic voltage transformer against electromagnetic fields generated by radio transmitters or any other device emitting wave-radiated electromagnetic energy. The most important concern in high-voltage installations comes from the possibility of using walkie-talkies and portable phones, as the probability of broadcasting stations or amateur radios in the vicinity is generally very low.

6.8 Reliability

The reliability aspects of electronic voltage transformers are comparable to those of the electronic components in substations. Hence, the reliability of electronic voltage transformers shall be treated similarly.

6.9 Tenue aux conditions de fonctionnement anormales

Selon la technique utilisée, la tenue au court-circuit et la tenue aux conditions thermiques extrêmes s'appliquent uniquement au convertisseur secondaire.

NOTE Il va sans dire que le capteur de tension primaire ainsi que d'autres parties du transformateur de tension électronique, à l'exception du convertisseur secondaire, doivent répondre aux seules prescriptions pour les conditions normales à moins que cela soit spécifié autrement.

6.10 Signalisation des conditions de fonctionnement anormales

Afin d'éviter des déclenchements intempestifs des relais de protection, le transformateur de tension électronique doit produire une information auxiliaire, pouvant être utilisée pour inhiber le relais de protection lors de l'occurrence

- d'un court circuit secondaire;
- d'une défaillance interne, si elle est détectée par un dispositif d'autodiagnostic;
- d'une baisse ou d'une disparition de la tension d'alimentation.

Le signal indicateur doit être délivré en un temps plus petit que 4 ms.

6.11 Prescriptions mécaniques

Les présentes prescriptions s'appliquent seulement aux transformateurs de tension électroniques pour lesquels la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 72,5 kV.

Le tableau 10 donne des informations sur les charges statiques que les transformateurs de tension électroniques doivent pouvoir supporter. Les valeurs comprennent les charges dues au vent et à la glace.

Les charges d'essai spécifiées sont destinées à être appliquées sur les bornes primaires, dans toutes les directions.

Lorsqu'on utilise des appareils sous enveloppe, des essais de résistance aux vibrations peuvent être définis par accord entre constructeur et acheteur.

Tableau 10 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel, U_m kV	Charge de tenue statique F_R N		
	Transformateurs de tension électroniques avec des bornes de type: tension	courant traversant	
		Charge classe I	Charge classe II
72,5 à 100	500	1 250	2 500
123 à 170	1 000	2 000	3 000
245 à 362	1 250	2 500	4 000
≥420	1 500	4 000	5 000

NOTE 1 Il convient que la somme des charges effectives dans les conditions de fonctionnement habituelles ne dépasse pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée.

NOTE 2 Dans certaines applications, il convient que les transformateurs de tension électroniques avec bornes de type courant traversant supportent des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple des courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge de tenue statique.

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

6.9 Abnormal conditions withstand capability

Depending on the technology used, the short-circuit withstand capability and overheating withstand capability only apply to the secondary converter.

NOTE It is assumed that the primary voltage sensor and other parts of the electronic voltage transformer, with the exception of the secondary converter, shall meet only the requirements for normal conditions unless it is explicitly specified otherwise.

6.10 Abnormal conditions signalling

In order to avoid spurious tripping of protective relays, the electronic voltage transformer shall deliver an auxiliary indication that can be used to inhibit the protective relay in the occurrence of

- a secondary short circuit;
- an internal failure, if detected by self-diagnostic;
- an interruption or deficit of auxiliary voltage.

The indication signal shall be set in a time shorter than 4 ms.

6.11 Mechanical requirements

These requirements apply only to electronic voltage transformers which have a highest voltage for equipment of 72,5 kV and above.

In table 10 guidance is given as to the static loads that electronic voltage transformers shall be capable of withstanding. The figures include loads due to wind and ice.

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

Where enclosed electrical switchgear is used, a vibration test may be specified according to an agreement between manufacturer and purchaser.

Table 10 – Static withstand test loads

Highest voltage for equipment U_m kV	Static withstand test load F_R N		
	Voltage terminals	Electronic voltage transformers with Through-current terminals	
		Load class I	Load class II
72,5 to 100	500	1 250	2 500
123 to 170	1 000	2 000	3 000
245 to 362	1 250	2 500	4 000
≥420	1 500	4 000	5 000

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

NOTE 2 In some applications electronic voltage transformers with through-current terminals should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short circuits) not exceeding 1,4 times the static test load.

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

6.12 Bornes de mise à la terre

6.12.1 Mise à la terre du capteur de tension et du convertisseur primaires

Dans le cas d'un transformateur de tension électronique dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 1,2 kV, les parties métalliques (s'il y a lieu) doivent être dotées de bornes de terre fiables avec une ou plusieurs vis de serrage facilement accessibles pour le raccordement à un conducteur de terre qui convient aux conditions de défaut spécifiées.

Le diamètre des vis de serrage doit être d'au moins 8 mm pour $U_m < 36$ kV, et d'au moins 12 mm pour $U_m \geq 36$ kV.

6.12.2 Mise à la terre du convertisseur secondaire

Les bornes secondaires d'un transformateur de tension électronique dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 1,2 kV, doivent être conçues de telle manière que chaque borne puisse être reliée à la terre à tour de rôle et indépendamment, sans gêner les connexions au circuit secondaire.

7 Classification des essais

Les essais spécifiés dans la présente norme sont classés en essais de type, essais individuels et essais spéciaux.

7.1 Essais de type

Essais exécutés sur un transformateur de chaque type pour apporter la preuve que tous les transformateurs construits suivant la même spécification répondent aux exigences non couvertes par les essais individuels.

NOTE Un essai de type exécuté sur un transformateur qui présente des différences mineures peut également, par accord entre le constructeur et l'acheteur, être considéré comme valable.

Les essais suivants sont des essais de type. Pour les détails, se référer aux "paragraphes correspondants.

- a) Essai au choc de foudre (voir 8.1.2)
- b) Essai au choc de manoeuvre (voir 8.1.3)
- c) Essai sous pluie pour transformateurs de tension électroniques utilisés à l'extérieur des bâtiments (voir 8.2)
- d) Essais concernant la précision (voir 8.3)
- e) Essai de tenue aux conditions anormales de fonctionnement (voir 8.4)
- f) Essai d'interférence radioélectrique (voir 8.5)
- g) Essai de transmission de surtensions (voir 8.6)
- h) Essais de compatibilité électromagnétique: émission (voir 8.7.1)
- i) Essais de compatibilité électromagnétique: immunité (voir 8.7.2)
- j) Essai de tenue à la tension de choc des composants basse tension (voir 8.8)
- k) Essais de fonctionnement en régime transitoire (voir 8.9):
 - 1) court-circuit au primaire (voir 8.9.1);
 - 2) refermeture sur une ligne contenant des charges piégées (voir 8.9.2).

Tous les essais diélectriques de type doivent être effectués sur le même transformateur, sauf spécification contraire.

6.12 Earthing terminals

6.12.1 Earthing of the primary voltage sensor and primary converter

In the case of an electronic voltage transformer having a highest voltage for equipment $U_m \geq 1,2$ kV, metallic parts (if any) shall be provided with a reliable earthing terminal with one or more easily accessible clamping screws for connection to an earthing conductor suitable for specified fault conditions.

The diameter of the clamping screws shall be at least 8 mm for $U_m < 36$ kV, and for $U_m \geq 36$ kV, it should be at least 12 mm.

6.12.2 Earthing of the secondary converter

The secondary terminals of an electronic voltage transformer, having a highest voltage for equipment $U_m \geq 1,2$ kV, shall be designed in such a way that each terminal may be earthed alternatively and independently, without hindering connections to the secondary circuit.

7 Classification of tests

The tests specified in this standard are classified as type tests, routine tests and special tests.

7.1 Type tests

Tests made on a transformer of each type in order to demonstrate that all transformers made to the same specification comply with the requirements not covered by routine tests.

NOTE A type test may also be considered valid by agreement between manufacturer and purchaser if it is made on a transformer which has minor deviations.

The tests listed below are type tests. For details reference should be made to the relevant subclauses.

- a) Lightning-impulse test (see 8.1.2)
- b) Switching-impulse test (see 8.1.3)
- c) Wet test for outdoor type electronic voltage transformers (see 8.2)
- d) Tests for accuracy (see 8.3)
- e) Abnormal conditions withstand capability test (see 8.4)
- f) Radio interference voltage test (see 8.5)
- g) Transmitted overvoltage test (see 8.6)
- h) Electromagnetic compatibility tests: emission (see 8.7.1)
- i) Electromagnetic compatibility tests: immunity (see 8.7.2)
- j) Impulse voltage withstand test for low-voltage components (see 8.8)
- k) Transient performance test (see 8.9):
 - 1) primary short-circuit (see 8.9.1);
 - 2) reclosing on a line with trapped charges (see 8.9.2).

The dielectric type tests shall be carried out on the same transformer, unless otherwise specified.

Après que les transformateurs électroniques aient été soumis aux essais diélectriques de type de 7.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels de 7.2.

7.2 Essais individuels

Essais auxquels est soumis individuellement chaque transformateur de tension électronique.

Les essais suivants sont des essais individuels. Pour les détails, se référer aux paragraphes correspondants.

- a) Vérification du marquage des bornes (voir 9.1)
- b) Essais à fréquence industrielle sur les bornes du primaire (voir 9.2)
- c) Mesure des décharges partielles (voir 9.2.4)
- d) Essais à fréquence industrielle pour les composants basse tension (voir 9.3)
- e) Essais de précision (voir 9.4)

Hormis le fait que les essais e) concernant la précision doivent être exécutés après les essais b), c) et d), l'ordre ou la combinaison possible des autres essais n'est pas normalisé.

7.3 Essais spéciaux

Essais autres que les essais de type ou individuels, et qui font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Les essais suivants sont des essais spéciaux. Pour les détails se référer au paragraphe correspondant.

- a) Essai au choc de foudre coupé aux bornes de tension du primaire (voir 10.1)
- b) Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique (voir 10.2)
- c) Essais de résistance mécanique (voir 10.3)

8 Essais de type

8.1 Essai au choc sur les bornes du primaire

8.1.1 Généralités

Les essais au choc sont effectués conformément à la CEI 60060.

Les essais au choc consistent généralement à appliquer la tension successivement au niveau de tension de référence, puis au niveau assigné. Les tensions de choc de référence doivent être comprises entre 50 % et 75 % de la tension assignée de tenue au choc. La valeur de crête et la forme d'onde des tensions de choc sont enregistrées.

Un claquage de l'isolation au cours de l'essai peut être mis en évidence par une variation d'une ou plusieurs des grandeurs enregistrées entre la tension de référence et la tension assignée de tenue.

8.1.2 Essai au choc de foudre

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées par les tableaux 4, 5 et 6 (voir 6.1.1), en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

La tension d'essai doit être appliquée entre chaque borne de ligne du capteur de tension primaire et la terre.

After electronic transformers have been subjected to the type tests of 7.1, they shall be subjected to all the routine tests of 7.2.

7.2 Routine tests

Tests to which each individual electronic voltage transformer is subjected.

The tests listed below are routine tests. For details reference should be made to the relevant subclauses.

- a) Verification of terminal markings (see 9.1)
- b) Power-frequency withstand tests on primary voltage terminals (see 9.2)
- c) Partial discharge measurement (see 9.2.4)
- d) Power-frequency voltage withstand test for low-voltage components (see 9.3)
- e) Tests for accuracy (see 9.4)

Apart from the tests for accuracy e), which shall be performed after tests b), c) and d), the order or possible combination of the other tests is not standardised.

7.3 Special tests

Tests other than type tests or routine tests agreed to by both the manufacturer and purchaser.

The tests listed below are special tests. For details reference should be made to the relevant subclauses.

- a) Chopped lightning-impulse test on primary voltage terminals (see 10.1)
- b) Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor (see 10.2)
- c) Mechanical strength tests (see 10.3)

8 Type tests

8.1 Impulse test on primary voltage terminals

8.1.1 General

The impulse tests shall be performed in accordance with IEC 60060.

The impulse tests generally consist of voltage applications at reference and rated voltage levels. The reference impulse voltage shall be between 50 % and 75 % of the rated impulse withstand voltage. The peak value and the wave shape of the impulse voltages shall be recorded.

Evidence of insulation failure from tests may be given by variation in the wave shape of the recorded quantity(ies) at both reference and rated withstand voltage.

8.1.2 Lightning-impulse test

The test voltage shall have the appropriate value given in tables 4, 5 and 6 (see 6.1.1), depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The test voltage shall be applied between each line terminal of the primary voltage sensor and earth.

La borne de terre du capteur de tension primaire, ou la borne non essayée dans le cas d'un transformateur de tension électronique non mis à la terre, le châssis et la cuve (s'il y a lieu) doivent être reliées entre eux et à la terre.

Il est possible d'obtenir des améliorations dans le domaine de détection des défauts par l'enregistrement d'une grandeur supplémentaire.

Au choix du constructeur:

- la connexion de terre peut être faite à travers un dispositif convenable de mesure du courant;
- les bornes secondaires peuvent être reliées entre elles et à la terre ou peuvent être raccordées à un dispositif convenable pour l'enregistrement de l'onde de tension qui apparaît entre les bornes de tension du secondaire pendant l'essai.

8.1.2.1 Bornes de tension du primaire avec $U_m < 300$ kV

L'essai doit être exécuté à la fois en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité sont appliqués, sans correction pour les conditions atmosphériques. Le transformateur de tension électronique a satisfait à l'essai si:

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non autorégénératrice;
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non autorégénératrice;
- deux contournements au maximum se produisent pour chaque polarité à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

Pour les transformateurs de tension électroniques non mis à la terre, à peu près la moitié du nombre de chocs est appliquée à chaque borne de ligne à tour de rôle, l'autre borne de ligne étant raccordée à la terre.

NOTE L'application de 15 chocs positifs et de 15 chocs négatifs est spécifiée pour essayer l'isolation externe. Si le constructeur et l'acheteur conviennent d'autres essais pour vérifier l'isolation externe, le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois de chaque polarité, sans correction pour les conditions atmosphériques.

8.1.2.2 Bornes de tension du primaire avec $U_m \geq 300$ kV

L'essai doit être exécuté en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité sont appliqués, sans correction pour les conditions atmosphériques. Le transformateur de tension électronique a satisfait à l'essai si

- aucune décharge disruptive ne se produit;
- aucune autre manifestation d'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

8.1.3 Essai au choc de manoeuvre

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée, donnée par le tableau 5 (voir 6.1.1), en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai doit être appliquée entre chaque borne de ligne du capteur de tension primaire et la terre. La borne de terre du capteur de tension primaire, ou la borne de ligne non essayée dans le cas d'un transformateur de tension électronique non mis à la terre, le châssis et la cuve (s'il y a lieu), doivent être reliés entre eux et à la terre.

Au choix du constructeur, la connexion de terre peut se faire à travers un dispositif convenable d'enregistrement du courant.

The earth terminal of the primary voltage sensor or the non-tested terminal in the case of an unearthed electronic voltage transformer, the frame and case (if any) shall be connected together and to earth.

Improvements in failure detection may be obtained by the recording of an additional quantity.

At the wish of the manufacturer

- the earth connection may be made through a suitable current-recording device;
- the secondary terminals may be connected together and earthed or may be connected to a suitable device for recording the voltage wave appearing across the secondary voltage terminal during the test.

8.1.2.1 Primary voltage terminals having $U_m < 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied. The electronic voltage transformer is deemed to have passed the test if

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation;
- no flashovers occur along the non self-restoring external insulation;
- no more than two flashovers for each polarity occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the wave shape of the recorded quantities).

For unearthed electronic voltage transformers approximately half the number of impulses shall be applied to each line terminal in turn with the other line terminal connected to earth.

NOTE The application of 15 positive and 15 negative impulses is specified for the testing of external insulation. If other tests are agreed between manufacturer and purchaser to check the external insulation, the number of lightning impulses should be reduced to three of each polarity, not corrected for atmospheric conditions.

8.1.2.2 Primary voltage terminals having $U_m \geq 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Three consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied. The electronic voltage transformer is deemed to have passed the test if

- no disruptive discharge occurs;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the wave shape of the recorded quantities).

8.1.3 Switching-impulse test

The test voltage shall have the appropriate value given in table 5 (see 6.1.1), depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level. The test voltage shall be applied between each line terminal of the primary voltage sensor and earth. The earth terminal of the primary voltage sensor, or the non-tested line terminal in the case of an unearthed electronic voltage transformer, the frame and case (if any), shall be connected together and to earth.

If required by the manufacturer, the connection to earth may be made through a suitable current recording device.

Les bornes basse tension peuvent être raccordées entre elles et mises à la terre, ou les bornes secondaires non mises à la terre peuvent être laissées ouvertes ou être raccordées à un dispositif à forte impédance pour l'enregistrement de l'onde de tension qui apparaît entre les bornes de tension du secondaire pendant l'essai.

L'essai est exécuté à la fois en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, avec une correction pour les conditions atmosphériques.

Les transformateurs de tension électroniques du type extérieur sont soumis aux essais sous pluie uniquement. Un essai à sec n'est pas exigé.

Le transformateur de tension électronique a satisfait à l'essai si

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non autorégénératrice;
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non autorégénératrice;
- deux contournements au maximum se produisent pour chaque polarité à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

8.2 Essai sous pluie pour transformateurs de tension électroniques de type extérieur

Afin de vérifier les performances de l'isolation externe, les transformateurs du type extérieur sont soumis aux essais sous pluie. Les modalités des essais sous pluie doivent être conformes à la CEI 60060.

8.2.1 Bornes de tension du primaire avec $U_m < 300$ kV

L'essai doit être effectué conformément à 9.2.2 avec la tension à fréquence industrielle corrigée en fonction des conditions atmosphériques.

8.2.2 Bornes de tension du primaire avec $U_m \geq 300$ kV

L'essai est exécuté avec la tension de choc de manoeuvre conformément à 8.1.3.

8.3 Essais concernant la précision

8.3.1 Essais de base concernant la précision

Afin de vérifier la conformité à l'article 12, les essais sont exécutés à chaque valeur de tension donnée dans les tableaux 13 et 14 à la fréquence assignée, à 25 % et à 100 % de la charge de précision, et à la température ambiante, à défaut de conventions spéciales.

NOTE 1 Transformateur de tension utilisant une capacité: lorsqu'un transformateur de tension électronique est constitué d'un diviseur capacitif de tension suivi d'un amplificateur, la CEI 60186 s'applique pour la partie transformateur condensateur de tension et la présente norme pour la partie électronique (amplificateur).

NOTE 2 L'essai peut être exécuté à l'aide d'un générateur de retard pur incorporé entre le transformateur de référence et l'amplificateur différentiel. Le temps de retard de ce dispositif est fixé à une valeur indiquée sur la plaque signalétique.

8.3.2 Essai de précision en fonction de la température

En plus des essais effectués conformément à 8.3.1, un essai concernant la précision est exécuté aux deux extrémités du domaine de température à la fréquence assignée, à la tension assignée, et à 100 % de la charge de précision. Durant les essais, il convient de tenir compte des constantes de temps qui dépendent de la température.

NOTE Le temps requis pour stabiliser la température du transformateur dépend de la taille et de la conception du transformateur.

The low-voltage terminals can be connected together and earthed, or the unearthed secondary terminals may be left open or connected to a high-impedance device to record the voltage wave appearing across the secondary voltage terminals during the test.

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

Outdoor type electronic voltage transformers shall be subjected to a wet test only. A dry test is not required.

The electronic voltage transformer is deemed to have passed the test if

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation;
- no flashovers occur along the non-self-restoring external insulation;
- no more than two flashovers for each polarity occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the wave shape of the recorded quantities).

8.2 Wet test for outdoor type electronic voltage transformers

In order to verify the performance of the external insulation, outdoor type transformers shall be subjected to rain condition tests. The wetting procedure shall be in accordance with IEC 60060.

8.2.1 Primary voltage terminals having $U_m < 300$ kV

The test shall be performed in accordance with 9.2.2 with the power-frequency voltage corrected for atmospheric conditions.

8.2.2 Primary voltage terminals having $U_m \geq 300$ kV

The test shall be performed with switching-impulse voltage in accordance with 8.1.3.

8.3 Tests for accuracy

8.3.1 Basic accuracy tests

To prove compliance with clause 12, tests shall be made at each value of voltage given in tables 13 and 14 at rated frequency, at 25 % and 100 % of the rated burden, and at ambient temperature, unless otherwise specified.

NOTE 1 Capacitor voltage transformer: when an electronic voltage transformer is made up of a capacitor voltage divider followed by an amplifier, IEC 60186 applies for the capacitor voltage transformer part and this standard for the electronic (amplifier) part.

NOTE 2 The test can be carried out using a pure time delay device inserted between the reference transformer and differential amplifier. The delay time of this device is set to a value indicated on the rating plate.

8.3.2 Test for accuracy versus temperature

In addition to tests made according to 8.3.1, an accuracy test shall be made at the two extremes of the temperature range at rated frequency, rated voltage and at 100 % of the rated burden. During the tests care should be taken of thermal time constant.

NOTE Time needed to stabilise the temperature of the transformer depends on the size and construction of the transformer.

Pour les transformateurs de tension électroniques du type partiellement intérieur, partiellement extérieur des bâtiments, les essais sont exécutés, pour les parties intérieures et extérieures, aux deux extrêmes du domaine de température correspondant, en respectant la règle suivante:

- température maximale pour l'intérieur avec la température maximale pour l'extérieur;
- température minimale pour l'intérieur avec la température minimale pour l'extérieur.

Dans les conditions normales de service, l'erreur doit rester dans les limites de la classe de précision correspondante.

8.3.3 Essai de précision en fonction de la fréquence

En plus des essais effectués conformément à 8.3.1, un essai concernant la précision est exécuté aux deux extrêmes du domaine de fréquence normale donné en 5.5.1, à la tension assignée et à la température ambiante constante de la station d'essai, et à 100 % de la charge de précision.

Il suffit de faire les mesures avec le système de mesure étalonné à la fréquence assignée.

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

8.3.4 Essai de précision après échange de composants

La capacité d'un transformateur de tension électronique à satisfaire aux conditions de sa classe de précision lorsque certains de ses composants sont remplacés doit être vérifiée par un essai de précision à la température ambiante, à la fréquence assignée, à la tension assignée et à 100 % de la charge de précision.

8.4 Essai de tenue aux conditions anormales de fonctionnement

Les essais suivants, décrits en 8.4.1 et 8.4.2, sont exécutés afin de vérifier la conformité avec 6.9 et peuvent être exécutés uniquement sur le convertisseur secondaire.

Dans le cas d'un transformateur de tension électronique équipé de plusieurs convertisseurs secondaires, l'essai doit être exécuté sur chaque convertisseur secondaire.

Le transformateur de tension électronique a satisfait à cet essai si, après refroidissement jusqu'à la température ambiante, il répond aux prescriptions suivantes:

- a) aucun dommage visible;
- b) ses erreurs ne diffèrent pas de celles enregistrées avant les essais de plus de la moitié des limites d'erreur de sa classe de précision.

8.4.1 Essai de tenue au court-circuit

Cet essai est exécuté pour vérifier la conformité à 6.3.

Pour cet essai, le transformateur de tension électronique doit être initialement à une température comprise entre 10 °C et 30 °C.

Le transformateur de tension électronique doit être alimenté du côté primaire et le court-circuit appliqué entre les bornes de tension du secondaire.

Un court-circuit est appliqué durant 1 min.

NOTE Cette prescription s'applique également lorsque des fusibles font partie intégrante du transformateur de tension électronique.

For electronic voltage transformers of the type which are partially indoors, partially outdoors, the tests shall be made for both outdoor and indoor parts, at both extremes of the relevant temperature range, whilst respecting the following rule:

- maximum temperature for indoors when maximum temperature for outdoors;
- minimum temperature for indoors when minimum temperature for outdoors.

Under normal service conditions the error shall fall within the limits of the relevant accuracy class.

8.3.3 Test for accuracy versus frequency

In addition to tests made in accordance with 8.3.1, an accuracy test shall be made at both extremes of the standard reference frequency range given in 5.5.1, at rated voltage and constant room temperature of the testing plant, as well as at 100 % of the rated burden.

Measurements done with measuring system calibrated with rated frequency are sufficient.

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

8.3.4 Test for accuracy in relation to the replacement of components

The ability of the electronic voltage transformer to fulfil its accuracy class when some of its components are replaced shall be proven by means of an accuracy test at room temperature, rated frequency, rated voltage and 100 % of the rated burden.

8.4 Test for abnormal conditions withstand capability

The following tests, described in 8.4.1 and 8.4.2, shall be made in order to prove compliance with 6.9 and may be performed on the secondary converter alone.

In the case of an electronic voltage transformer which has more than one secondary converter, the test shall be performed on each secondary converter.

The electronic 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 for its accuracy class.

8.4.1 Short-circuit withstand capability test

This test shall be made to prove compliance with 6.3.

For this test, the electronic transformer shall initially be at a temperature between 10 °C and 30 °C.

The electronic voltage transformer shall be energised from the primary side and the short circuit applied between the secondary voltage terminals.

One short circuit shall be applied for a duration of 1 min.

NOTE This requirement applies also where fuses are an integral part of the electronic voltage transformer.

Pendant le court-circuit, l'entrée du convertisseur secondaire doit être commandée par un signal identique à celui résultant de l'application au primaire d'une tension supérieure ou égale à la tension assignée.

8.4.2 Essai de tenue à la surcharge thermique

Cet essai est exécuté pour vérifier la conformité à 6.4.

Les niveaux d'entrée du convertisseur secondaire doivent être équivalents aux niveaux engendrés par l'application de la tension primaire sur le capteur primaire, selon 6.4.

L'essai doit être exécuté conformément à 6.4.1 jusqu'à la stabilisation thermique, puis conformément à 6.4.2.

8.5 Essai d'interférence radioélectrique

(A l'étude)

8.6 Essai de transmission de surtensions

(A l'étude)

8.7 Essais de compatibilité électromagnétique

Les essais doivent être effectués pour prouver la conformité à 6.7.

Dans la plupart des cas, un transformateur électronique de tension peut être divisé en un certain nombre de sous-ensembles principaux, comme par exemple les circuits localisés dans le bâtiment de contrôle et les circuits localisés dans la zone de l'appareillage. Les essais CEM appropriés à la technologie utilisée par le transformateur électronique de tension doivent être menés sur chaque sous-ensemble principal, le transformateur électronique de tension étant en fonctionnement normal, ou ses sous-ensembles manquants étant simulés. Un exemple de séparation en sous-ensembles principaux est donné à la figure 4.

8.7.1 Essais d'émission

Un essai d'émission sera effectué conformément à la procédure d'essai définie par le CISPR 11.

Les limites de l'essai sont celles du groupe 1, classe A.

L'essai doit de préférence être effectué sur l'assemblage complet du transformateur. Cependant, dans le cas où certains sous-ensembles ne contiennent pas d'éléments électroniques, on peut effectuer l'essai sur les autres éléments uniquement, ceci afin de faciliter l'essai.

During the short circuit the input condition of the secondary converter shall be equivalent to an r.m.s. value of the primary voltage not lower than the rated voltage.

8.4.2 Overheating withstand capability test

This test shall be made to prove compliance with 6.4.

The input condition of the secondary converter shall be equivalent to the output of the primary converter when the rated primary voltage is applied, as described in 6.4.

The test shall be performed up to thermal stabilisation according to 6.4.1 and, thereafter, according to 6.4.2.

8.5 Radio interference voltage test

(Under consideration)

8.6 Transmitted overvoltage test

(Under consideration)

8.7 Electromagnetic compatibility tests

These tests shall be made to prove compliance with 6.7.

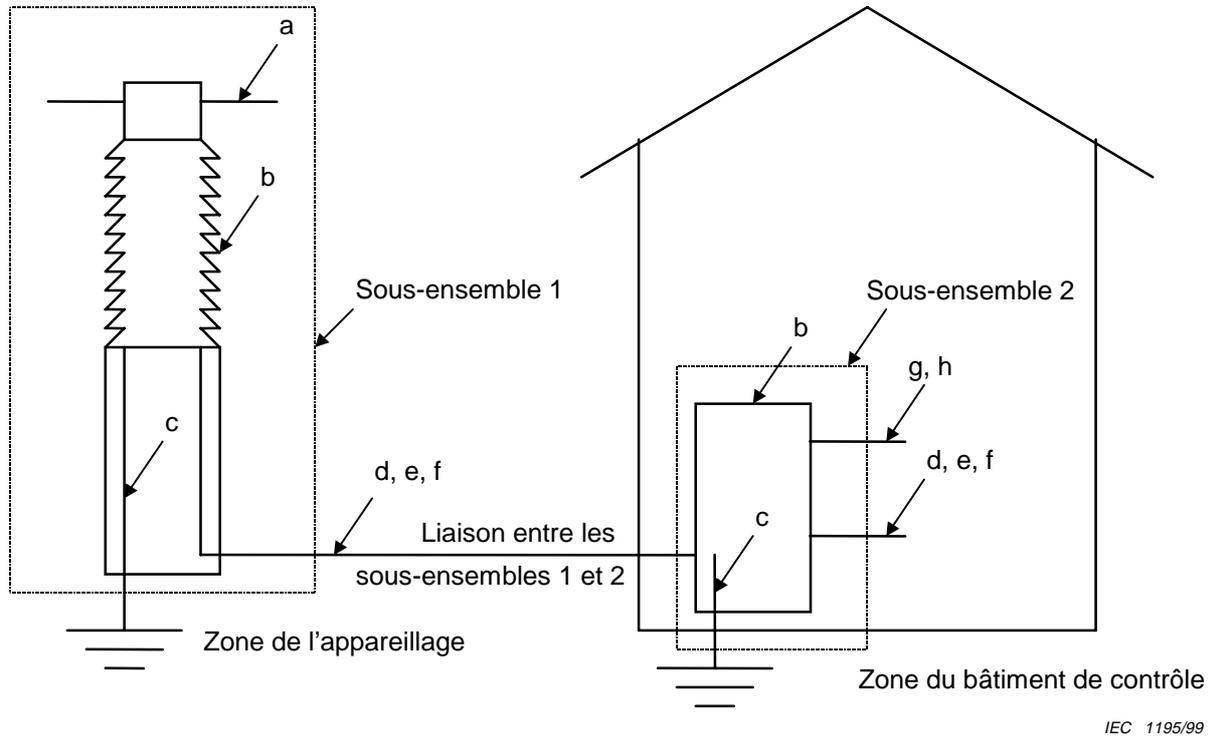
In many cases an electronic voltage transformer may be divided into a number of major sub-assemblies such as for example circuits located in control cubicles and circuits located in the switchgear area. EMC tests relevant for the applied technology of electronic voltage transformers have to be carried out on each major subassembly, the full electronic voltage transformer being in operation or the missing subassemblies being simulated. An example of major subassembly division is given in figure 4.

8.7.1 Electromagnetic compatibility emission test

An emission test will be performed following the CISPR 11 testing procedure.

The test limits will be those of group 1, class A.

The test shall preferably be performed on the complete assembly but for ease of testing, in case one of the possible subassemblies contains no electronic parts, that test can be performed on the remaining subassemblies.



- a Ligne haute tension
- b Connexion à l'enveloppe
- c Connexion à la masse
- d Connexions des signaux
- e Connexions des commandes
- f Connexions de la communication
- g Connexion de l'alimentation auxiliaire alternative
- h Connexion de l'alimentation auxiliaire continue

Sous-ensemble 1: partie extérieure dans le poste
 Sous-ensemble 2: partie intérieure dans le bâtiment de contrôle

Figure 4 – Sous-ensembles assujettis aux essais de CEM

8.7.2 Essais d'immunité

L'essai doit être effectué sur chaque accès. Un guide pour l'identification des différents accès est donné à la figure 4.

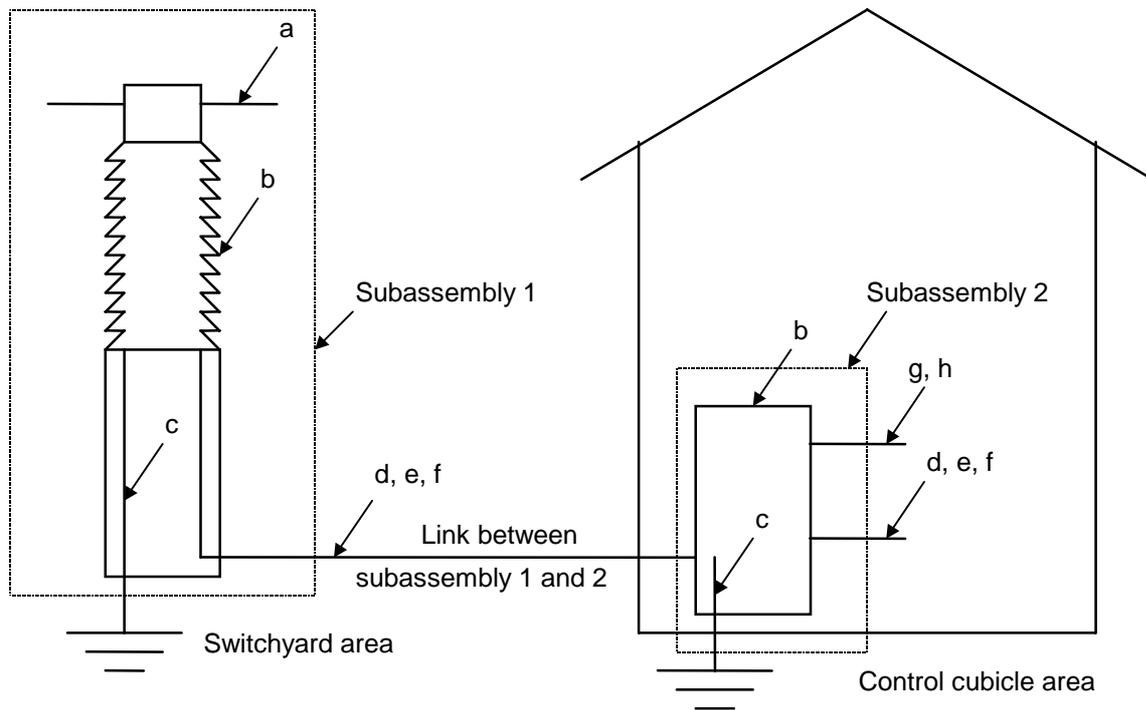
8.7.2.1 Harmoniques et interharmoniques

Une procédure d'essai est à l'étude [1]. Le niveau d'essai est la classe 2 (taux de distorsion harmonique global de 10 %). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.2 Variation lente de la tension d'alimentation

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-11 pour les accès d'alimentation alternative. Les tensions pour l'essai varient de +12 % à -15 % autour de la tension assignée pour l'alimentation alternative. Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

La procédure d'essai pour les accès d'alimentation continue est à l'étude.



IEC 1195/99

- a HV line
- b Enclosure port
- c Ground port
- d Signal port
- e Command port
- f Communication port
- g a.c. power port
- h d.c. power port

Subassembly 1: "outdoor part" in switchyard area

Subassembly 2: "indoor part" in control cubicle area

Figure 4 – Subassemblies subjected to EMC tests

8.7.2 Electromagnetic compatibility immunity tests

The test shall be performed on a port-by-port basis, guidance for the identification of ports being given in figure 4.

8.7.2.1 Harmonic and interharmonic disturbance test

A testing procedure given is under consideration [1]. The severity level is class 2 (full harmonic distortion 10 %). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.2 Slow-voltage variation test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-11 for the a.c. power supply. The voltage variations used range from +12 % to –15 % of the nominal voltage of the a.c. power supply. The assessment criterion is given in table 9.

The test procedure for d.c. power supply is under consideration.

8.7.2.3 Creux de tension et coupures brèves de tension

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-11 pour les accès d'alimentation alternative et la CEI 61000-4-29 [2] pour les accès d'alimentation continue.

- a) La valeur du creux de tension pour l'essai doit être 30 % de la tension assignée pour l'alimentation alternative pendant 0,02 s. L'essai de coupure brève de tension doit durer 0,1 s pour les accès d'alimentation alternative.
- b) La valeur du creux de tension pour l'essai doit être 50 % de la tension assignée pour l'alimentation continue pendant 0,1 s. Le test de coupure brève de tension doit durer 0,05 s pour les accès d'alimentation continue.
- c) Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.4 Ondes de choc

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-5. Le générateur de test à utiliser est le générateur d'ondes combiné (hybride) (article 6.1 de la CEI 61000-4-5), avec la forme d'onde standard en tension 1,2/50 μ s (circuit ouvert) et 8/20 μ s pour la forme d'onde en courant (court-circuit). Le niveau d'essai doit être conforme à une installation de classe 4 (4 kV de tension en mode commun, 2 kV en mode différentiel). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.5 Transitoires électriques rapides en salves

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-4. Le niveau d'essai est la classe 4 (4 kV de tension d'essai avec une fréquence de répétition de 2,5 kHz sur les connecteurs d'alimentation et 2 kV de tension d'essai avec une fréquence de répétition 5 kHz sur les connecteurs de signaux d'entrée/sortie, ainsi que les connecteurs de signaux de contrôle et les données, tous ces essais étant réalisés en mode commun). L'essai sera mené en utilisant le réseau de couplage/découplage connecté sur les bornes d'alimentation et la pince de couplage capacitive sur les bornes d'entrée/sortie et les bornes de communication. Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.6 Ondes oscillatoires amorties

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-12. Le générateur d'essai à utiliser est le générateur d'ondes oscillatoires amorties décrit en 6.1.2 de la CEI 61000-4-12. La tension d'essai doit être 2,5 kV en mode commun et 1 kV en mode différentiel, à la fois pour les conducteurs d'alimentation et les conducteurs des lignes de signal/contrôle (comme dans la CEI 60255-22-1). La fréquence d'essai sera 1 MHz avec une fréquence de répétition de 400 trains d'ondes/s (comme dans la CEI 60255-22-1). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.7 Décharges électrostatiques

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-2. Le niveau d'essai est la classe 2 (4 kV de tension d'essai), qui correspond à une protection contre les décharges survenant dans les environnements antistatiques (comme le béton), avec une humidité relative pouvant descendre jusqu'à 10 % (voir aussi l'article A.4 de la CEI 61000-4-2). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.8 Champs magnétiques à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-8. Le niveau d'essai est la classe 5 (100 A/m en régime permanent et 1 000 A/m \times 1"). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.3 Voltage dips and short interruption test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-11 for the a.c. power supply and IEC 61000-4-29 [2] for the d.c. power supply.

- a) The voltage dip used for the test shall be 30 % of the nominal voltage of the a.c. power supply during 0,02 s. The voltage interruption test shall be performed during 0,1 s for the a.c. power supply.
- b) The voltage dip used for the test shall be 50 % of the nominal voltage of the d.c. power supply during 0,1 s. The voltage interruption test shall be performed during 0,05 s for the d.c. power supply.
- c) The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.4 Surge immunity test

The test shall be performed according to the test procedure given in IEC 61000-4-5. The test generator to be used is the combination wave (hybrid) generator (see 6.1 of IEC 61000-4-5) with a standard 1,2/50 μ s voltage waveform (open circuit) and an 8/20 μ s current waveform (short circuit). The test level is according to installation class 4 (4 kV common mode, 2 kV differential mode). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.5 Electrical fast transient / burst test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-4, the test level being class 4 (4 kV test voltage at 2,5 kHz repetition rate on power supply port and 2 kV at 5 kHz repetition rate on input/output signal, data and control ports – common mode). The test will be carried out using the coupling/decoupling network on the power supply port and the capacitive coupling clamp on I/O and communication ports. The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.6 Oscillatory wave immunity test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-12. The test generator to be used is the damped oscillatory wave generator (see 6.1.2 of IEC 61000-4-12). The test voltage shall be 2,5 kV common mode and 1 kV differential mode, both for power supply and control/signal lines (like in IEC 60255-22-1). The test frequency will be 1 MHz at 400/s repetition rate (like in IEC 60255-22-1). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.7 Electrostatic discharge test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-2. The test level is class 2 (4 kV test voltage) which gives protection in antistatic environments, such as concrete for relative humidity as low as 10 % (see also clause A.4 of IEC 61000-4-2). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.8 Power frequency magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-8. The test level is class 5 (100 A/m steady state and 1 000 A/m \times 1"). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.9 Impulsion de champ magnétique

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-9. Le niveau d'essai est la classe 5 (champ magnétique d'essai: 1 000 A/m crête). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.10 Onde de champ magnétique oscillatoire amortie

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-10. Le niveau d'essai est la classe 5 (champ magnétique d'essai: 100 A/m). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.7.2.11 Champs électromagnétiques rayonnés à fréquence radioélectrique

L'essai doit être effectué selon la procédure d'essai définie par la CEI 61000-4-3. Le niveau d'essai est la classe 3 (champ électrique d'essai: 10 V/m). Le critère d'acceptation est donné au tableau 9.

8.8 Essai de tenue à la tension de choc des composants basse tension

Cet essai doit être exécuté pour vérifier la conformité avec 6.2.2.

L'essai doit être exécuté à l'aide d'un générateur d'essai doté des caractéristiques suivantes:

- a) forme de l'onde de choc: onde 1,2/50, spécifiée dans la CEI 60060, avec les tolérances suivantes:
 - i) impédance de la source: $500 \Omega \pm 10 \%$;
 - ii) énergie de la source: $0,5 \text{ J} \pm 10 \%$;
- b) le niveau de tension d'essai spécifié en 6.2 est le niveau à la sortie du circuit d'essai avant que le transformateur de tension électronique ne soit raccordé aux bornes du circuit d'essai;
- c) tolérance de la tension d'essai: $0_{-10} \%$;
- d) circuit du générateur de choc: le circuit d'essai normal est indiqué par la figure 11 de la CEI 60255-5;
- e) les fils de connexion pour l'essai ne doivent pas dépasser 2 m.

Trois chocs positifs et trois chocs négatifs doivent être appliqués à des intervalles supérieurs ou égaux à 5 s.

L'essai au choc doit être exécuté sur les points de raccordement appropriés du circuit sous essai, les autres points de raccordement étant reliés entre eux et à la terre.

Pendant les essais le transformateur de tension électronique n'est pas alimenté.

Après les essais, le transformateur de tension électronique doit encore répondre à toutes les spécifications concernant ses performances.

NOTE Un contournement (décharge capacitive) n'est pas nécessairement un critère de défaillance car cela peut se produire dans une position qui ne cause aucun dommage. Le constructeur doit décider s'il faut éliminer la cause, pourvu que les autres critères d'acceptation soient respectés.

8.7.2.9 Pulse magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-9. The test level is class 5 (1 000 A/m peak). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.10 Damped oscillatory magnetic field immunity test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-10. The test level is class 5 (100 A/m test field). The assessment criterion is given in table 9.

8.7.2.11 Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test

The test shall be performed according to the testing procedure given in IEC 61000-4-3. The test level is class 3 (10 V/m field strength). The assessment criterion is given in table 9.

8.8 Impulse voltage withstand test for low-voltage components

This test shall be made to prove compliance with 6.2.2.

The test shall be performed using a test generator with the following characteristics:

- a) impulse wave shape: this shall be the standard 1,2/50 impulse specified in IEC 60060 with the following tolerances:
 - i) source impedance: $500 \Omega \pm 10 \%$;
 - ii) source energy: $0,5 \text{ J} \pm 10 \%$;
- b) the test voltage level, as specified in 6.2, is the voltage at the test circuit output before the electronic voltage transformer is connected to circuit terminals;
- c) test voltage tolerance: ${}_{-10}^0 \%$;
- d) impulse generator circuit: the recommended standard test circuit is shown in figure 11 of IEC 60255-5;
- e) test leads: not longer than 2 m.

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

The impulse test shall be applied to the appropriate connecting points of the circuit under test, the other connecting points being connected together and to earth.

During tests the electronic voltage transformer is not energised.

After the tests, the electronic voltage transformer shall still comply with all relevant performance specifications.

NOTE A flashover (capacitance discharge) is not necessarily a criterion of failure as this may occur in a position that does no damage. The manufacturer must decide whether or not to eliminate the cause, provided other criteria of acceptance are met.

8.9 Essais de fonctionnement en régime transitoire

NOTE Voir article B.4.

8.9.1 Court-circuit au primaire

L'essai pour vérifier la conformité à 13.6.2 doit être exécuté sur transformateur de tension électronique complet en court-circuitant les bornes à haute et basse tension, celles-ci étant réunies à la terre alors que le transformateur de tension électronique est alimenté sous sa tension primaire assignée à 25 %, puis à 100 % de la charge de précision. La charge doit être l'une des suivantes:

- une charge série;
- une charge série parallèle.

Le schéma des circuits est donné dans l'annexe A avec les valeurs des composants pour les deux types de charges. Dans le cas d'une charge capacitive (due à la capacité du câble), celle-ci doit être essayée séparément (voir l'article B.4 pour la méthode d'essai simplifiée).

NOTE Après un accord entre le constructeur et l'acheteur, il est possible de procéder à un essai équivalent.

L'essai doit être exécuté soit dix fois au hasard, soit deux fois à la crête de la tension primaire et deux fois au passage par zéro de celle-ci. Dans ce dernier cas, le déphasage de la tension primaire ne doit pas différer de plus de $\pm 20^\circ$ entre crête et passage par zéro.

8.9.2 Refermeture sur une ligne contenant des charges piégées

Cet essai, s'il est applicable, est exécuté pour vérifier la conformité à 13.6.3 et s'effectue avec le circuit indiqué dans l'article B.4. Les limites de la classe de précision sont données au tableau 15.

Pour cet essai, la charge doit être de 25 % de la charge de précision.

9 Essais individuels

9.1 Vérification du marquage des bornes

Il faut vérifier que le marquage des bornes a été fait correctement (voir 11.2).

9.2 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les bornes de tension du primaire et mesure des décharges partielles

9.2.1 Généralités

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué conformément à la CEI 60060-1.

La durée doit être de 60 s.

9.2.2 Bornes de tension du primaire avec $U_m < 300$ kV

La tension d'essai pour les enroulements avec U_m inférieure à 300 kV doit avoir la valeur appropriée indiquée par le tableau 4 (voir 6.1.1) en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

8.9 Transient performance tests

NOTE See clause B.4.

8.9.1 Primary short circuit

The test to prove compliance with 13.6.2 shall be made on a complete electronic voltage transformer by short-circuiting the high-voltage and earthed low-voltage terminals while the electronic voltage transformer is operating at rated primary voltage, at 25 % and 100 % of the rated burden. The burden shall be one of the two following possibilities:

- series burden;
- series-parallel burden.

The circuit diagrams and the values of components of both burdens are given in annex A. In cases where a capacitive burden (due to the capacitance of the cable) is used, these shall be tested separately (see clause B.4 for a simplified test method).

NOTE After agreement between manufacturer and purchaser, it will be possible to proceed with an equivalent test.

The test shall be made either ten times at random, or twice at the peak of primary voltage and twice at the zero passage of primary voltage. In the latter case, the phase angle of the primary voltage shall not differ by more than $\pm 20^\circ$ from the peak and zero passage.

8.9.2 Reclosing on a line with trapped charges

This test, if applicable, shall be made to prove compliance with 13.6.3 and shall be performed with the circuit given in clause B.4. The limits of accuracy class are given in table 15.

For this test the burden shall be 25 % of the rated burden.

9 Routine tests

9.1 Verification of terminal markings

It shall be verified that terminal markings are correct (see 11.2).

9.2 Power-frequency withstand tests on primary voltage terminals and partial discharge measurement

9.2.1 General

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

The duration shall be 60 s.

9.2.2 Primary voltage terminals having $U_m < 300$ kV

The test voltages for primary voltage terminals having $U_m < 300$ kV shall be appropriate values given in table 4 (see 6.1.1) depending on the highest voltage for equipment.

9.2.2.1 Transformateurs de tension électroniques non mis à la terre

Les transformateurs de tension non mis à la terre doivent être soumis aux essais suivants: la tension d'essai doit être appliquée entre la terre et toutes les bornes primaires connectées entre elles. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et toutes les bornes basse tension doivent être reliés ensemble et à la terre.

9.2.2.2 Transformateurs de tension électroniques mis à la terre

Les transformateurs de tension mis à la terre doivent être soumis aux essais suivants: la tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée en 6.1.2.2 et doit être appliquée entre la terre et la borne du capteur de tension primaire destinée à être mise à la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et toutes les bornes basse tension doivent être reliés ensemble et à la terre.

9.2.3 Bornes de tension du primaire avec $U_m > 300 \text{ kV}$

Les transformateurs de tension électroniques doivent être soumis aux essais suivants: la tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée en 6.1.2.1 et les essais doivent être menés conformément à 9.2.2.2.

9.2.4 Mesure des décharges partielles

9.2.4.1 Circuit d'essai et appareils de mesure

Le circuit d'essai et les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la CEI 60270. Des exemples de circuits d'essai sont indiqués par les figures 2 à 5 de la CEI 60044-2. Bien que ces figures renvoient à des transformateurs de tension du type inductif, leur application à des transformateurs de tension électronique est aisée.

L'appareil de mesure utilisé doit mesurer la charge apparente q exprimée en picocoulombs (pC). Son étalonnage doit être effectué dans le circuit d'essai (voir un exemple dans la figure 5 de la CEI 60044-2).

Un appareil de mesure à bande large doit avoir une bande passante d'au moins 100 kHz avec une fréquence de coupure supérieure ne dépassant pas 1,2 MHz.

Des appareils de mesure à bande étroite doivent avoir leur fréquence de résonance dans la gamme de 0,15 MHz à 2 MHz. Il convient que les valeurs préférentielles soient dans la gamme de 0,5 MHz à 2 MHz, mais, si cela est réalisable, il convient que la mesure soit effectuée à la fréquence qui donne la sensibilité maximale.

La sensibilité doit permettre de détecter un niveau de décharges partielles de 5 pC.

NOTE 1 Le bruit doit être inférieur à la sensibilité de façon notable. Il est possible de ne pas tenir compte des impulsions dont il a été démontré qu'elles sont causées par des perturbations extérieures.

NOTE 2 Pour la suppression du bruit extérieur, le circuit d'essai équilibré (voir figure 4 de la CEI 60044-2) est approprié. L'utilisation d'un condensateur couplé pour équilibrer le circuit peut être impropre à l'élimination d'une interférence externe.

NOTE 3 Lorsqu'un traitement et une extraction électroniques de signal sont utilisés pour réduire le bruit de fond, ceci doit être démontré en faisant varier ses paramètres de telle sorte qu'il permette la détection d'impulsions se produisant de façon répétée.

9.2.4.2 Procédure d'essai des transformateurs de tension électroniques mis à la terre

Après une précontrainte effectuée selon les procédures A ou B ci-dessous, les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par le tableau 7 sont atteintes, les niveaux de décharges partielles sont alors mesurés pendant une fenêtre de 30 s.

Les décharges partielles mesurées ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 7.

9.2.2.1 Unearthed electronic voltage transformers

Unearthed voltage transformers shall be submitted to the following test: the test voltage shall be applied between earth and all primary voltage terminals connected together. The frame, the case (if any) and all low-voltage terminals shall be connected together and to earth.

9.2.2.2 Earthed electronic voltage transformers

Earthed electronic voltage transformers shall be subjected to the following test: the test voltage shall have the appropriate value given in 6.1.2.2 and shall be applied between the terminal of the primary voltage sensor intended to be earthed and earth. The frame, the case (if any) and low-voltage terminals shall be connected together and to earth.

9.2.3 Primary voltage terminals having $U_m > 300$ kV

The electronic voltage transformer shall be subjected to the following test: the test voltage shall have the appropriate value given in 6.1.2.1 and the test shall be performed as specified in 9.2.2.2.

9.2.4 Partial discharge measurement

9.2.4.1 Test circuit and instrumentation

The test circuit and the instrumentation used shall be in accordance with IEC 60270. Some examples of test circuits are shown in figures 2 to 5 of IEC 60044-2. Although these figures refer to inductive voltage transformers, their application to electronic voltage transformers is straight-forward.

The instrument used shall measure the apparent charge q expressed in picocoulombs (pC). Its calibration shall be performed in the test circuit (see an example in figure 5 of IEC 60044-2).

A wide-band instrument shall have a bandwidth of at least 100 kHz, with an upper cut-off frequency not exceeding 1,2 MHz.

Narrow-band instruments shall have their resonance frequency within the range from 0,15 MHz to 2 MHz. Preferred values should be within the range from 0,5 MHz and 2 MHz but, if feasible, the measurement should be performed at the frequency which gives the highest sensitivity.

The sensitivity shall allow detection of a partial discharge level of 5 pC.

NOTE 1 The noise shall be sufficiently lower than the sensitivity. Pulses that can be shown to be caused by external disturbances can be disregarded.

NOTE 2 For the suppression of external noise, the balanced test circuit is appropriate (see figure 4 of IEC 60044-2). The use of a coupling capacitor to balance the circuit may be inadequate for the elimination of external interference.

NOTE 3 When electronic signal processing and recovery are used to reduce the background noise, this shall be demonstrated by varying its parameters to the extent that it allows the detection of repeatedly occurring pulses.

9.2.4.2 Test procedure for earthed electronic voltage transformers

After a prestressing performed according to procedures A or B given below, the partial discharge test voltages specified in table 7 are reached and the corresponding partial discharge level is measured in a time frame within 30 s.

The measured partial discharge levels shall not exceed the limits specified in table 7.

Procédure A: les tensions d'essai de décharges partielles sont atteintes pendant la décroissance de la tension après l'essai de tenue à une tension de fréquence industrielle.

Procédure B: l'essai de décharges partielles est effectué après l'essai de tenue à une tension de fréquence industrielle sur l'enroulement primaire. La tension appliquée est augmentée jusqu'à 80 % de la tension de tenue à une tension de fréquence industrielle, maintenue pendant au moins 60 s, puis réduite sans interruption jusqu'aux tensions spécifiées d'essai de décharges partielles.

Sauf spécification contraire, le choix de la procédure est laissée au constructeur. La méthode d'essai utilisée doit être indiquée dans le rapport d'essai.

9.2.4.3 Procédure d'essai des transformateurs de tension électroniques non mis à la terre

Le circuit d'essai pour les transformateurs de tension électroniques non mis à la terre doit être le même que pour les transformateurs de tension électroniques mis à la terre, mais deux essais doivent être effectués en appliquant les tensions successivement à chacune des bornes haute tension avec l'autre borne haute tension connectée à une borne basse tension, le châssis et la cuve (s'il y a lieu) (voir figures 2 à 4 de la CEI 60044-2).

9.3 Essai de tenue à la fréquence industrielle pour les composants basse tension

Les précautions de sécurité appropriées doivent être prises. Les essais doivent être menés avec les composants du transformateur de tension électronique secs, à sa température ambiante de référence, et sans échauffement propre des composants.

Les essais doivent être menés avec une tension à la fréquence industrielle de forme sinusoïdale, à la fréquence assignée (50 Hz ou 60 Hz). On attire l'attention sur la nécessité de prendre en compte l'impédance de la source du circuit d'essai.

L'application et la coupure de la tension d'essai doivent se faire de manière à ne pas dépasser la tension d'essai prescrite.

9.3.1 Application de la tension d'essai

La tension d'essai doit être appliquée aux points de raccordement du transformateur de tension électronique.

Chaque circuit doit être testé à sa tension d'essai prescrite, par rapport à tous les autres circuits reliés entre eux et connectés à la terre:

- a) pour l'essai entre un circuit et tous les autres, tous les points de raccordement du circuit en question doivent être reliés entre eux;
- b) pour tous les tests, les circuits normalement connectés à la terre doivent l'être effectivement.

9.3.2 Durée de l'essai

La durée de l'essai doit être:

- a) pour les essais de type: 1 min, à la valeur de tension donnée par 6.2.1;
- b) pour les essais de série: soit 1 min, à la valeur de tension donnée par 6.2.1, soit 1 s à 1,1 fois la valeur de tension donnée par 6.2.1. Le choix doit être laissé à la discrétion du constructeur.

Procedure A: the partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power-frequency withstand test on primary voltage terminals.

Procedure B: the partial discharge test is performed after the power frequency withstand test on primary voltage terminals. The applied voltage is raised to 80 % of the induced withstand voltage, maintained for not less than 60 s, then reduced without interruption to the specified partial discharge test voltages.

Unless otherwise specified, the choice of procedure is left to the manufacturer. The test method used shall be indicated in the test report.

9.2.4.3 Test procedure for unearthed electronic voltage transformers

The test circuit for unearthed electronic voltage transformers shall be the same as for earthed electronic voltage transformers but two tests shall be performed by applying the voltages alternately to each of the high-voltage terminals with the other high-voltage terminal connected to a low-voltage terminal, frame and case (if any) (see figures 2 to 4 of IEC 60044-2).

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

Appropriate safety precautions shall be taken. The tests are to be made with the electronic voltage transformer components dry, at the reference ambient temperature, and without self-heating of components.

The tests shall be made with a power-frequency voltage that has an effectively sinusoidal wave shape and at the rated frequency (50 Hz or 60 Hz). Attention is drawn to the necessity of taking into account the impedance of the test circuit source.

The voltage shall be applied and removed in such a manner as to ensure that it does not exceed its prescribed value.

9.3.1 Application of the test voltage

The test voltage shall be applied to the connecting points of the electronic voltage transformer.

Each circuit shall be tested as follows, at the prescribed test voltage in relation to all other circuits connected together and to earth:

- a) for tests between a given circuit and all others, all the connecting points of the single circuit shall be connected together;
- b) for all tests, the circuits to be connected to earth shall be thus connected.

9.3.2 Duration of the test

The duration of the test shall be as follows:

- a) for type tests: 1 min, at the voltage value given in 6.2.1;
- b) for routine tests: either 1 min, at the voltage value given in 6.2.1, or 1 s at 1,1 times the voltage value given in 6.2.1. The choice shall be left to the manufacturer's discretion.

9.4 Essais concernant la précision

L'essai de série est, en principe, le même que l'essai de type défini en 8.3.1. Cependant, des essais de série effectués en quelques points seulement de tension et/ou de charge sont admis si des essais de type, effectués sur un transformateur identique, ont démontré qu'un tel nombre réduit de points de contrôle est suffisant pour prouver la conformité à l'article 12.

10 Essais spéciaux

10.1 Essai au choc coupé sur les bornes du capteur de tension primaire

Pendant l'essai, le convertisseur secondaire, s'il y en a un, est connecté au capteur de tension primaire et alimenté suivant le protocole convenu entre constructeur et acheteur.

L'essai doit être effectué en polarité négative seulement et combiné avec l'essai au choc de foudre de polarité négative de la façon indiquée ci-après.

La tension doit être un choc de foudre normalisé comme défini dans la CEI 60060-1, coupé entre $2 \mu\text{s}$ et $5 \mu\text{s}$. Le circuit de coupure doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc enregistré soit limitée à environ 30 % de la valeur de crête.

La tension d'essai des chocs pleins doit avoir la valeur appropriée, indiquée par les tableaux 4 ou 5, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

La tension d'essai des chocs coupés doit être conforme à 6.1.2.4.

La séquence d'application des chocs doit être la suivante:

- a) pour les enroulements avec $U_m < 300 \text{ kV}$
- un choc plein;
 - deux chocs coupés;
 - quatorze chocs pleins.

Dans le cas des transformateurs de tension non mis à la terre, deux chocs coupés et environ la moitié du nombre de chocs pleins doivent être appliqués à chaque borne.

- b) pour les enroulements avec $U_m \geq 300 \text{ kV}$:
- un choc plein;
 - deux chocs coupés;
 - deux chocs pleins.

Des différences dans la forme de l'onde en onde pleine avant et après les chocs coupés sont une indication de défaut interne.

Il convient de négliger les contournements se produisant pendant les chocs coupés le long de l'isolation externe autorégénératrice dans l'évaluation du comportement de l'isolation.

9.4 Tests for accuracy

The routine test is, in principle, the same as the type test described in 8.3.1. However, routine tests at a reduced number of voltages and/or burdens are permissible if type tests, on a similar transformer, have demonstrated that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with clause 12.

10 Special tests

10.1 Chopped lightning-impulse test on primary voltage terminals

During the test the secondary converter, if any, is connected to the primary voltage sensor and energised following the arrangement decided by purchaser and manufacturer.

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

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

The test voltage of the full impulses shall have the appropriate value, given in tables 4 or 5, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The chopped impulse test voltage shall be in accordance with 6.1.2.4.

The sequence of impulse applications shall be as listed below.

a) Terminals having $U_m < 300$ kV

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

For unearthed electronic voltage transformers, two chopped impulses and approximately half the number of full impulses shall be applied to each primary voltage terminal.

b) Terminals having $U_m \geq 300$ kV

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

Differences in shape of full impulse applications before and after the chopped impulses are an indication of internal fault.

Flashovers during chopped impulses along self-restoring external insulation should be disregarded when evaluating the behaviour of the external insulation.

10.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

L'essai doit être effectué conformément à 6.1.2.5, après l'essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire.

Le circuit d'essai doit être convenu entre constructeur et acheteur, la méthode du pont étant la méthode préférentielle.

L'essai doit être effectué avec le transformateur de tension à la température ambiante et la valeur de cette température doit être enregistrée.

10.3 Essais mécaniques

Les essais sont effectués pour démontrer qu'un transformateur de tension électronique est capable de satisfaire aux prescriptions de 6.11.

Le transformateur de tension électronique doit être complètement monté et installé en position de fonctionnement normal, avec le châssis fixé de façon rigide.

Les transformateurs de tension électronique immergés dans un liquide doivent être remplis avec le liquide isolant spécifié et soumis à la pression de fonctionnement.

Les charges d'essai doivent être appliquées pendant 60 s pour chacune des conditions indiquées au tableau 11.

Le transformateur de tension électronique doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si aucun dommage n'est apparent (déformation, rupture ou fuite).

10.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

The test shall be carried out in accordance with 6.1.2.5, after the power-frequency withstand test on the primary voltage terminals.

The test circuit shall be agreed between manufacturer and purchaser, the bridge method being preferred.

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

10.3 Mechanical strength tests

The tests are carried out to demonstrate that an electronic voltage transformer is capable of complying with the requirements specified in 6.11.

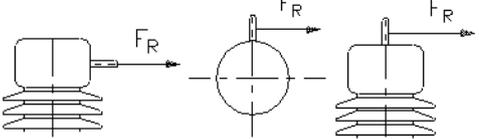
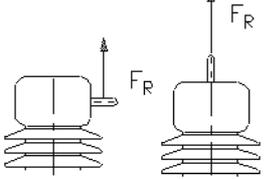
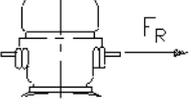
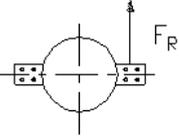
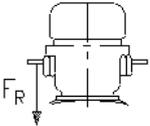
The electronic voltage transformer shall be completely assembled, as for normal operation with the frame rigidly fixed.

Liquid-immersed electronic voltage transformers shall be filled with the specified insulation medium and submitted to operating pressure.

The test loads shall be applied for 60 s for each of the conditions indicated in table 11.

The electronic voltage transformer shall be deemed to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage).

Tableau 11 – Modalités d'application des charges d'essai aux bornes primaires de ligne

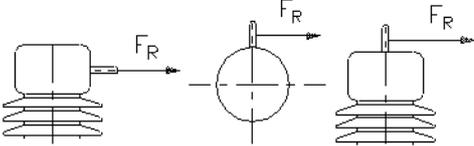
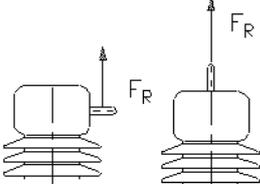
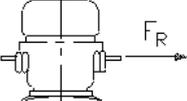
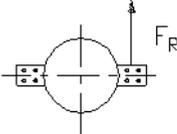
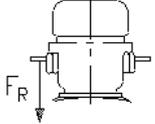
Type de transformateur de tension électronique	Modalité d'application	
Avec borne du type «tension»	Horizontale	
	Verticale	
Avec borne du type «courant - traversant»	Horizontal à chaque borne	
		
	Verticale à chaque borne	
NOTE La charge d'essai doit être appliquée au centre de la borne.		

11 Marquage

11.1 Marquage de la plaque signalétique

Les plaques signalétiques de tous les transformateurs de tension électroniques doivent porter les marques figurant dans le tableau 12.

Table 11 – Modalities of application of the test loads to the line primary terminals

Type of electronic voltage transformer	Modality of application	
With voltage terminal	Horizontal	
	Vertical	
With through-current terminals	Horizontal to each terminal	
		
	Vertical to each terminal	
NOTE The test load shall be applied to the centre of the terminal.		

11 Markings

11.1 Rating plate markings

The rating plate of all electronic voltage transformers shall carry the markings given in table 12.

Tableau 12 – Marquage de la plaque signalétique

(x = applicable)

Marquage de la plaque signalétique commune					
Valeurs normales	Abréviation	TTE pour mesure	TTE pour protection	Articles ou paragraphes	Note
Désignation: Transformateur de tension électronique (TTE)		x	x		
Nom du constructeur ou abréviation		x	x		
Désignation du type		x	x		
Numéro de série et année de fabrication		x	x		
Plus haute tension pour le matériel	U_m	x	x	6.1	1
Niveau d'isolement assigné		x	x	6.1	1
Fréquence assignée	f_n	x	x	2.1.17	
Facteur de tension assigné	k_u	x	x	5.3	2
Durée assignée correspondante		x	x	5.3	2
Poids		x	x		
Marquage de la plaque signalétique de chaque convertisseur secondaire					
Valeurs normales	Abréviation	TTE pour mesure	TTE pour protection	Articles ou paragraphes	Note
Tension primaire assignée/Tension secondaire assignée	U_{pn}/U_{sn}	x	x	5.1.1 5.1.2	
Marquage des bornes		x	x	11.2	
Puissance de précision	S_n	x	x	5.2	3
Classe de précision		x	x	12	3
Décalage de phase assigné	φ_{0n}	x	x	12	4
Temps de retard assigné	t_{dn}	x	x	8.3.1	4
Marquage de la plaque signalétique des alimentations auxiliaires					
Valeurs normales	Abréviation	TTE pour mesure	TTE pour protection	Articles ou paragraphes	Note
Tensions assignées c.c. et / ou c.a.	U_{an}	x	x		5
Courant d'alimentation assigné (conditions nominales)	I_{an}	x	x		
Courant d'alimentation maximal (conditions de surcharge)	$I_{a \max}$	x	x		
<p>NOTE 1 La plus haute tension pour le matériel et le niveau d'isolement assigné peuvent être combinés pour former un seul marquage (par exemple 145 kV/275 kV/650 kV).</p> <p>NOTE 2 Le facteur de tension assigné et la durée admissible correspondante doivent être combinés pour former un seul marquage (par exemple 1,5 s/30 s).</p> <p>NOTE 3 La puissance de précision et la classe de précision correspondante doivent être combinés pour former un seul marquage (par exemple 0,5 VA, classe 1).</p> <p>NOTE 4 Voir B.5.1.</p> <p>NOTE 5 La nature de la tension d'alimentation auxiliaire et sa tension assignée doivent être combinés pour former un seul marquage (par exemple 230 V c.a.).</p>					

Table 12 – Rating plate markings

(x = applicable)

Common rating plate markings					
Rating	Abbreviation	Measuring EVT	Protective EVT	Clause or subclause	Note
Designation: Electronic Voltage Transformer (EVT)		x	x		
Manufacturer's name or abbreviation		x	x		
Type designation		x	x		
Serial number with year of manufacture		x	x		
Highest voltage for equipment	U_m	x	x	6.1	1
Rated insulation level		x	x	6.1	1
Rated frequency	f_n	x	x	2.1.17	
Rated voltage factor	k_u	x	x	5.3	2
Corresponding permissible duration		x	x	5.3	2
Weight		x	x		
Rating plate markings for each secondary converter					
Rating	Abbreviation	Measuring EVT	Protective EVT	Clause or subclause	Note
Rated primary voltage /Rated secondary voltage	U_{pn}/U_{sn}	x	x	5.1.1 5.1.2	
Terminal markings		x	x	11.2	
Rated output	S_n	x	x	5.2	3
Accuracy class		x	x	12	3
Rated phase offset	φ_{0n}	x	x	12	4
Rated delay time	t_{dn}	x	x	8.3.1	4
Rating plate markings for auxiliary power supply					
Rating	Abbreviation	Measuring EVT	Protective EVT	Clause or subclause	Note
DC and / or a.c. rated voltage(s)	U_{an}	x	x		5
Rated supply current (nominal conditions)	I_{an}	x	x		
Maximum supply current (overload conditions)	$I_{a\ max}$	x	x		
NOTE 1 The highest voltage for equipment and the rated insulation level may be combined to form one marking (e.g. 145 kV/275 kV/650 kV).					
NOTE 2 The rated voltage factor and the corresponding permissible duration shall be combined to form one marking (e.g. 1,5 s/30 s).					
NOTE 3 The rated output and the corresponding accuracy class shall be combined to form one marking (e.g. 0,5 VA, class 1).					
NOTE 4 See B.5.1.					
NOTE 5 The nature of the auxiliary power supply and rated voltage shall be combined to form one marking (e.g. 230 V a.c.).					

11.2 Marquage des bornes

11.2.1 Règles générales

Ce marquage s'applique aux transformateurs de tension électroniques monophasés ainsi qu'aux ensembles de transformateurs de tension électroniques monophasés assemblés en un seul élément et reliés en transformateur de tension électronique triphasé.

11.2.2 Méthode de marquage

Les marques doivent être conformes aux indications des figures 1 et 2.

Les lettres majuscules A, B, C et N désignent les bornes de tension du primaire et les lettres minuscules, a, b, c et n, les bornes de tension du secondaire correspondantes.

Les lettres A, B, et C désignent des bornes totalement isolées et la lettre N désigne la borne destinée à être mise à la terre et dont l'isolement est inférieur à celui de l'autre ou des autres bornes.

Les lettres da et dn désignent des bornes de tension du secondaire destinées à fournir une tension résiduelle.

Dans le cas d'un transformateur de tension électronique ayant plusieurs convertisseurs secondaires, les bornes sont marquées comme suit:

1a – 1n

2a – 2n

3a – 3n

11.2.3 Polarité relative

Des bornes dont les lettres majuscules et minuscules se correspondent doivent avoir la même polarité à un instant donné.

11.2.4 Bornes de mise à la terre

11.2.4.1 Mise à la terre du capteur de tension et du convertisseur primaire

Les bornes de terre doivent être marquées du symbole «terre», voir symbole n° 02-15-01 de la CEI 60617-1.

11.2.4.2 Mise à la terre du convertisseur secondaire

Les bornes de terre doivent être marquées du symbole «terre», voir symbole n° 02-15-01 de la CEI 60617-1.

12 Prescriptions pour la précision des transformateurs de tension électroniques monophasés pour la mesure

12.1 Prescriptions générales

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 13, pour la classe de précision correspondante, dans les conditions qui y sont spécifiées et aussi pour n'importe quelle valeur de température, de fréquence, de charge et de tension d'alimentation auxiliaire dans les limites des domaines de référence (voir 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

11.2 Terminal markings

11.2.1 General rules

These markings are applicable to single-phase electronic voltage transformers and also to sets of single-phase electronic voltage transformers assembled as one unit and connected as a three-phase electronic voltage transformer.

11.2.2 Method of marking

Markings shall be in accordance with figures 1 and 2.

Capital letters A, B, C and N denote the primary voltage terminals and lower-case letters a, b, c and n, the corresponding secondary voltage terminals.

The letters A, B, and C denote fully insulated terminals and the letter N denotes a terminal intended to be earthed and whose insulation is less than that of the other terminal(s).

Letters da and dn denote the secondary voltage terminals intended to supply a residual voltage.

In the case of an electronic voltage transformer having more than one secondary converter, the terminals shall be marked as:

1a – 1n

2a – 2n

3a – 3n

11.2.3 Relative polarity

Terminals with corresponding upper-case and lower-case letters shall have the same polarity at the same instant.

11.2.4 Earthing terminals

11.2.4.1 Earthing of the primary voltage sensor and primary converter

The earthing terminals shall be marked with the "earth" symbol, as illustrated by symbol No. 02-15-01 of IEC 60617-1.

11.2.4.2 Earthing of secondary converter

The earthing terminals shall be marked with the "earth" symbol, as indicated by symbol No. 02-15-01 of IEC 60617-1.

12 Accuracy requirements for single-phase electronic measuring voltage transformers

12.1 General requirements

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in table 13, for the appropriate accuracy class, under the conditions specified therein, and also for any value of temperature, frequency, burden and auxiliary power supply voltage within the reference ranges (see 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Pour des transformateurs de tension électroniques ayant plusieurs bornes de tension du secondaire séparées, en raison de leur possible interdépendance, chaque borne de tension du secondaire doit répondre aux prescriptions de précision dans les conditions ci-dessus alors qu'en même temps, les autres bornes de tension du secondaire peuvent avoir n'importe quelle charge entre zéro et la charge de précision.

Si l'une de ces bornes de tension du secondaire n'est chargée qu'occasionnellement et pour de courtes durées, son influence sur l'autre ou les autres bornes de tension du secondaire peut être négligée. Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du transformateur de tension électronique et doivent comprendre les effets des coupe-circuits ou des résistances faisant éventuellement partie du transformateur. Si la même borne de tension du secondaire d'un transformateur de tension est utilisée pour la mesure et la protection à la fois, les deux classes de précision doivent être indiquées.

Bien que la tension continue secondaire de décalage ($U_{s\ dc0}$) n'ait pas d'influence sur la précision d'un transformateur de tension électronique, elle peut influencer le comportement des circuits secondaires. Pour assurer une conception correcte des circuits secondaires, le constructeur doit spécifier la valeur maximale de la tension continue secondaire de décalage.

12.2 Prescriptions relatives à la maintenance

Les éléments (c'est-à-dire les sous-ensembles) qui peuvent être remplacés sur site sans qu'il soit nécessaire de procéder à une calibration doivent être identifiés au moyen d'un marquage approprié. La possibilité d'une telle opération de remplacement doit être démontrée par un essai.

12.3 Désignation de la classe de précision d'un transformateur de tension électronique pour la mesure

La classe de précision est caractérisée par un nombre (indice de classe) égal à la limite admissible de l'erreur de tension, exprimée en pour-cent, pour la tension assignée primaire et la charge de précision définie en 5.5.3.

12.4 Classes de précision normales pour transformateurs de tension électroniques pour la mesure

Les classes de précision normales pour les transformateurs électroniques de tension pour la mesure sont:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3

For electronic voltage transformers which have several separate secondary voltage terminals, because of their possible interdependence, each secondary voltage terminal shall comply with the accuracy requirements under the conditions shown above, while at the same time the other secondary voltage terminals can have any burden from zero to the rated burden.

If one of these secondary voltage terminals is loaded only occasionally for short periods, its effect upon the other secondary voltage terminal(s) may be neglected. The errors shall be determined at the terminals of the electronic voltage transformer and shall include the effects of any fuses or resistors supplied as an integral part of the transformer. If the same secondary voltage terminal of a voltage transformer is used for both measuring and protective purposes, both accuracy classes shall be indicated.

Although the secondary direct voltage offset $U_{s\ dc0}$ has no influence on the accuracy of an electronic voltage transformer, it can influence the behaviour of secondary circuits. In order to ensure the correct design of secondary circuits, the manufacturer shall specify the maximum value of the secondary direct voltage offset.

12.2 Maintenance requirement

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

No other component can be replaced without recalibration of the complete electronic voltage transformer.

12.3 Accuracy class designation for electronic measuring voltage transformers

The accuracy class is designated by the highest permissible percentage voltage error at rated voltage and with standard reference range of burden given in 5.5.3, prescribed for the accuracy class concerned.

12.4 Standard accuracy classes for electronic measuring voltage transformers

The standard accuracy classes for electronic voltage transformers are the following:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3

12.5 Limites des erreurs de tension et du déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la mesure

Tableau 13 – Limites des erreurs de tension et de déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la mesure

Classes de précision	ϵ_u Erreur de tension (rapport) en pour-cent ±	φ_e Erreur de déphasage ±	
		Minutes	Centiradians
0,1	0,1	5	0,15
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	

NOTE 1 La valeur assignée de φ_{0n} doit normalement être zéro. Cependant, des valeurs différentes peuvent être spécifiées lorsque le transformateur de tension électronique doit être utilisé conjointement à d'autres transformateurs de tension et transformateurs de courant électroniques, en vue d'avoir une valeur commune.

NOTE 2 Pour l'influence du temps de retard, voir B.5.1.

L'erreur de tension et le déphasage à la fréquence assignée ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau 13 à toute tension comprise entre 80 % et 120 % de la tension assignée et pour toute charge comprise entre 25 % et 100 % de la charge de précision, sous un facteur de puissance de 0,8 inductif.

Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du transformateur et elles doivent comprendre les effets des coupe-circuits ou des résistances faisant éventuellement partie du transformateur.

13 Prescriptions complémentaires pour les transformateurs de tension électroniques pour la protection

13.1 Prescriptions générales

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées aux tableaux 14 et 15 pour les classes de précision correspondantes, avec les conditions spécifiées dans ces tableaux, ceci quelles que soient les valeurs des températures, fréquences, charges et tensions d'alimentation auxiliaires à l'intérieur de leurs domaines de référence normal (voir 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

Pour les transformateurs électroniques de tension possédant plusieurs bornes de tension secondaires séparées, chaque borne de tension secondaire doit satisfaire aux exigences de précision, dans les conditions décrites précédemment, alors que pendant l'essai les autres bornes de tension secondaires sont reliées à une charge comprise entre 0 et la charge de précision, ceci à cause de la possible interdépendance de ces bornes de tension secondaires.

Si l'une de ces bornes de tension secondaires n'est chargée que de façon occasionnelle et pour de courts laps de temps, son influence sur les autres bornes de tension secondaires peut être négligée. Les erreurs doivent être déterminées à partir des bornes des transformateurs électroniques de tension. Elles doivent inclure les effets de tout fusible ou résistance fournie en tant que partie intégrante du transformateur. Si la même borne de tension secondaire est utilisée pour la protection et la mesure, les deux classes de précision correspondantes doivent être indiquées.

12.5 Limits of voltage error and phase displacement error for electronic measuring voltage transformers

Table 13 – Limits of voltage error and phase error for electronic measuring voltage transformers

Accuracy class	ε_u Percentage voltage (ratio) error \pm	φ_e Phase error \pm	
		Minutes	Centiradians
0,1	0,1	5	0,15
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	

NOTE 1 The normal value of φ_{0n} should be zero. However, different values can be specified when the electronic voltage transformer must be used in combination with other electronic voltage transformers or electronic current transformers in order to have a common value.

NOTE 2 For influence of delay time, see B.5.1.

The voltage error and phase displacement at the rated frequency shall not exceed the values given in table 13 at any voltage between 80 % and 120 % of the rated voltage and with burdens of between 25 % and 100 % of the rated burden, at a power factor of 0,8 lagging.

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

13 Additional requirements for single-phase electronic protective voltage transformers

13.1 General requirements

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in tables 14 and 15 for the appropriate accuracy class, under the conditions specified therein, and also for any value of temperature, frequency, burden and auxiliary power supply voltage within the reference ranges (see 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4).

For electronic voltage transformers, which have several separate secondary voltage terminals, because of their possible interdependence, each secondary voltage terminal shall comply with accuracy requirements under conditions shown above, while at the same time the other secondary voltage terminals have any burden from zero to the rated burden.

If one of these secondary voltage terminals is loaded only occasionally for short periods, its effect upon the other secondary voltage terminal(s) may be neglected. The errors shall be determined at the terminals of the electronic voltage transformer and shall include the effects of any fuses or resistors supplied as an integral part of the transformer. If the same secondary voltage terminal of a voltage transformer is used for both measuring and protective purposes, both accuracy classes shall be indicated.

Bien que la tension secondaire continue de décalage ($U_{s\ dc0}$) n'ait pas d'influence sur la précision du transformateur électronique de tension, elle peut néanmoins agir sur le comportement des circuits secondaires. Pour assurer une conception correcte des circuits secondaires, le constructeur doit spécifier la valeur maximale de cette tension secondaire continue de décalage.

13.2 Prescriptions relatives à la maintenance

Les composants (c'est-à-dire les sous-ensembles électroniques) qui peuvent être remplacés sur site sans nécessiter de nouvelle opération de calibration, doivent être identifiés de manière spécifique par une marque appropriée. Cette possibilité de remplacement sans nouvelle calibration doit être démontrée par des essais.

13.3 Désignation de la classe de précision pour les transformateurs de tension électroniques pour la protection

La classe de précision est désignée par l'erreur maximale de tension admissible entre 5 % de la tension assignée et la valeur de la tension correspondant au facteur de tension assigné et pour une charge appartenant au domaine de référence normal de la charge indiqué en 5.5.3, prescrit pour la classe de précision concernée, la lettre «P» doit suivre.

13.4 Classes de précision normales pour transformateurs de tension électroniques pour la protection

Les classes de précision normales des transformateurs de tension pour la protection sont 3P et 6P, et les mêmes limites d'erreur de tension et de déphasage sont normalement applicables à 5 % de la tension assignée et à la tension correspondant au facteur de tension assigné. A 2 % de la tension assignée, les limites d'erreur sont portées au double de celles valables à 5 % de la tension assignée.

Lorsque les limites d'erreur d'un transformateur sont différentes à 5 % de la tension assignée et à la limite supérieure de la tension (c'est-à-dire à la tension correspondant au facteur de tension assigné 1,2, 1,5 ou 1,9), il convient qu'un accord intervienne entre le constructeur et l'utilisateur.

13.5 Limites des erreurs de tension et du déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la protection

Tableau 14 – Limites des erreurs de tension et du déphasage des transformateurs de tension électroniques pour la protection

Classes de précision	U_p/U_{pn} %								
	2			5			x ¹⁾		
	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
3P	6	240	7	3	120	3,5	3	120	3,5
6P	12	480	14	6	240	7	6	240	7

NOTE 1 La valeur assignée de φ_{0n} doit normalement être zéro. Cependant, des valeurs différentes peuvent être spécifiées lorsque le transformateur de tension électronique doit être utilisé conjointement à d'autres transformateurs de tension et transformateurs de courant électroniques, en vue d'avoir une valeur commune.

NOTE 2 Pour l'influence du temps de retard, voir B.5.1.

¹⁾ x est le facteur de tension assignée multiplié par 100.

Although the secondary direct voltage offset ($U_{s\ dc0}$) has no influence on the accuracy of the electronic voltage transformer, it might influence the behaviour of secondary circuits. In order to ensure the correct design of secondary circuits, the manufacturer shall specify the maximum value of the secondary direct voltage offset.

13.2 Maintenance requirements

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

13.3 Accuracy class designation for electronic protective voltage transformers

The accuracy class is designated by the highest permissible voltage error from 5 % of the rated voltage up to the voltage corresponding to the rated voltage factor and with a standard reference range of burden given in 5.5.3, prescribed for the accuracy class concerned, and followed by the letter "P".

13.4 Standard accuracy classes for electronic protective voltage transformers

The standard accuracy classes for protective electronic voltage transformers are 3P and 6P, and the same limits of voltage error and phase displacement will normally apply at both 5 % of the rated voltage and at the voltage corresponding to the rated voltage factor. At 2 % of the rated voltage, the error limits will be twice those at 5 % of the rated voltage.

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

13.5 Limits of voltage error and phase displacement error for electronic protective voltage transformers

Table 14 – Limits of voltage error and phase displacement error for electronic protective voltage transformers

Accuracy class	U_p/U_{pn} %								
	2			5			x ¹⁾		
	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians	ϵ_u %	φ_e minutes	φ_e centi-radians
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
3P	6	240	7	3	120	3,5	3	120	3,5
6P	12	480	14	6	240	7	6	240	7

NOTE 1 The normal value of φ_{0n} should be zero. However, different values can be specified when the electronic voltage transformer has to be used in combination with other electronic voltage transformers or electronic current transformers in order to have a common value.

NOTE 2 For influence of delay time see B.5.1.

¹⁾ x is the rated voltage factor multiplied by 100.

13.6 Prescriptions relatives aux performances en régime transitoire

13.6.1 Généralités

Des prescriptions supplémentaires concernant le comportement de l'appareil en régime transitoire sont à l'étude. Des explications supplémentaires concernant les phénomènes transitoires sont données à l'article B.4 et en B.5.1.

13.6.2 Court-circuit primaire

Après la mise en court-circuit de l'alimentation entre la borne à haute tension et la borne à basse tension connectée à la terre, la tension de sortie secondaire d'un transformateur de tension électronique doit décroître, en un cycle de fréquence assignée, jusqu'à une valeur inférieure à 10 % de la valeur de crête avant le court-circuit.

NOTE Les clauses relatives aux performances en régime transitoire et à la réponse en fréquence des transformateurs électroniques de tension seront harmonisées avec celles des transformateurs électroniques de courant. La présente norme sera complétée en conséquence.

13.6.3 Ouverture sur la ligne

Lorsque l'ouverture de la ligne entraîne l'apparition de charges piégées, la composante continue de la tension secondaire $U_{s\ dc}(t)$ (voir 2.2.4) doit décroître jusqu'à zéro pour empêcher la saturation des transformateurs d'entrée des équipements secondaires connectés aux transformateurs électroniques de tension. La constante de temps de cette décroissance doit être indiquée par le constructeur.

13.6.4 Refermeture sur une ligne contenant des charges piégées

Lors d'une ouverture de la ligne à la valeur de crête avec une tension primaire $u_p(t) = k_u \cdot U_{pn} \sqrt{2}$ (court-circuit à la terre sur une autre phase), suivie de la refermeture au moment où $u_p(t) = U_{pn} \sqrt{2}$ (signe opposé au signe des charges piégées), le régime transitoire est décrit par les paramètres suivants (voir 2.1.29):

- pour $t \leq 0$ $U_p = 0$ et $U_{p\ dc} = \pm k_u \cdot U_{pn} \sqrt{2}$
- pour $t > 0$ $U_p = U_{pn}$ et $U_{p\ dc} = 0$

L'erreur de tension à la fréquence assignée et dans les conditions ci-dessus ne doit pas dépasser les valeurs du tableau 15, où $f \cdot t$ est le produit de la fréquence f par le temps t et représente le nombre de cycles pour lequel la précision est considérée.

Tableau 15 – Limites de l'erreur instantanée en tension pour les transformateurs de tension électroniques pour la protection en cas de refermeture sur charge piégée

Commentaires	f/f_n	U_p/U_{pn}	$U_{p\ dc}/U_{pn} \sqrt{2}$ pour $t \leq 0$	φ_p	ϵ_u %	
					$2 < f \cdot t \leq 3$	$3 < f \cdot t \leq 4,5$
Ligne chargée à k_u par unité, et refermeture sur une polarité opposée de 1 par unité	1	1	k_u	$-\pi/2$	10*	5*
Idem, avec polarité opposée	1	1	$-k_u$	$+\pi/2$	10*	5*

* D'autres valeurs peuvent être convenues entre constructeur et acheteur.

13.6 Transient performance requirements

13.6.1 General

Transient performance requirements are still under consideration. Additional explanations on the subject of transient phenomena are given in clause B.4 and in B.5.1.

13.6.2 Primary short circuit

Following a short circuit of the supply between the high-voltage terminal and the low-voltage terminal connected to earth, the secondary output voltage of an electronic voltage transformer shall decay, within one cycle of rated frequency, to a value of less than 10 % of the peak value before short circuit.

NOTE Transient performances and the frequency response of electronic voltage transformers will be harmonised with those of electronic current transformers. This standard will be updated consequently.

13.6.3 Opening on a line

When opening a line results in a trapped charge, the secondary voltage component $U_{s\ dc}(t)$ (see 2.2.4) shall decay to zero in order to prevent saturation of input transformers of the connected equipments. This time constant must be declared by the manufacturer.

13.6.4 Reclosing on a line with trapped charges

When opening the line at peak value with a primary voltage $u_p(t) = k_u \cdot U_{pn} \sqrt{2}$ (short circuit to earth on another phase), and reclosing at the time when $u_p(t) = U_{pn} \sqrt{2}$ (sign opposite the sign of the trapped charge), the transient condition is described by the following parameters (see 2.1.29):

- for $t \leq 0$ $U_p = 0$ and $U_{p\ dc} = \pm k_u \cdot U_{pn} \sqrt{2}$
- for $t > 0$ $U_p = U_{pn}$ and $U_{p\ dc} = 0$

The voltage error at rated frequency and for the above conditions shall not exceed the values given in table 15, where $f \cdot t$ is the product of the frequency f by the time t and represents the number of cycles for which the accuracy is considered.

Table 15 – Limits of instantaneous voltage error for protective electronic voltage transformers in case of trapped charges reclose

Comment	f/f_n	U_p/U_{pn}	$U_{p\ dc}/U_{pn} \sqrt{2}$ for $t \leq 0$	φ_p	ε_u %	
					$2 < f \cdot t \leq 3$	$3 < f \cdot t \leq 4,5$
Line charged with k_u per unit, reclosing in an opposite polarity of 1 per unit	1	1	k_u	$-\pi/2$	10*	5*
Idem with opposite polarity	1	1	$-k_u$	$+\pi/2$	10*	5*

* By agreement between manufacturer and purchaser, other values may be adopted.

Annexe A (normative)

Charges à utiliser pour les essais de performance en régime transitoire

A.1 Charges inductives

Les schémas des deux circuits de charges possibles sont donnés par la figure A.1 et les valeurs correspondantes de leurs composants dans le tableau A.1.

Figure A.1 a – Charge série

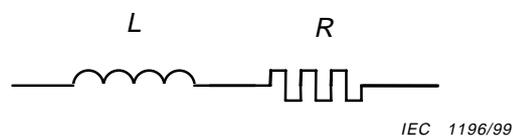


Figure A.1b – Charge série-parallèle

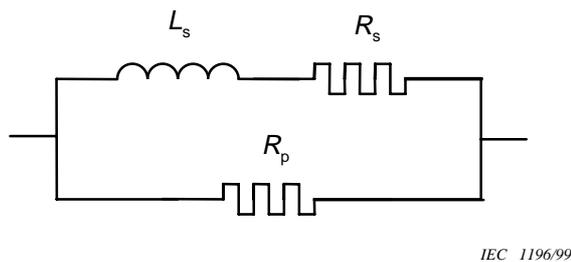


Figure A.1 – Schéma de la charge inductive pour les essais de performance
en régime transitoire

Annex A (normative)

Burdens for the transient response test

A.1 Inductive burdens

The circuit diagrams of the two possible burdens are given in figure A.1 and the corresponding values of their components in table A.1.

Figure A.1a – Series burden

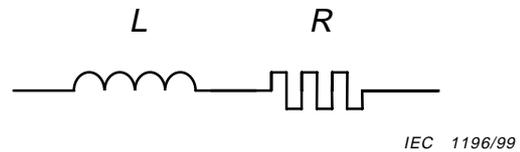


Figure A.1b – Series-parallel burden

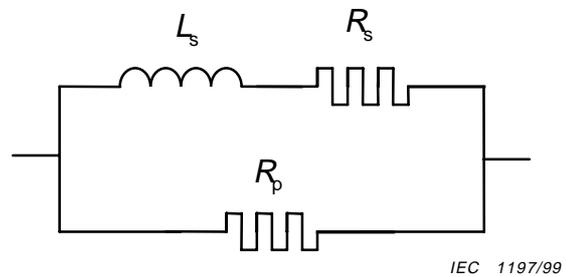


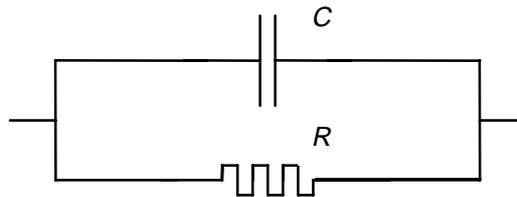
Figure A.1 – Circuit diagram of the inductive burden for the transient response test

Tableau A.1 – Valeurs des impédances de charge inductives (série et série-parallèle) pour les essais de performance en régime transitoire

	Charges séries		Charges série-parallèles		
	<i>R</i>	<i>L · ω</i>	<i>R_p</i>	<i>R_s</i>	<i>L_s · ω</i>
100 % de <i>S_n</i>	0,8 <i>Z_n</i>	0,6 <i>Z_n</i>	2,2 <i>Z_n</i>	0,72 <i>Z_n</i>	1,25 <i>Z_n</i>
25 % de <i>S_n</i>	3,2 <i>Z_n</i>	2,4 <i>Z_n</i>	8,8 <i>Z_n</i>	2,88 <i>Z_n</i>	5 <i>Z_n</i>
<p><i>S_n</i> est la puissance de précision assignée en voltampères. <i>U_n</i> est la tension secondaire en volts, telle que : $Z_n = U_n^2 / S_n$ avec <i>Z_n</i> en ohms.</p>					
<p>NOTE 1 La charge totale donnée par ces valeurs présente un facteur de puissance de 0,8. NOTE 2 L'inductance devra être linéaire, par exemple du type à air. La résistance série se compose de la résistance de série équivalente de la réactance inductive (la résistance du bobinage plus la résistance série équivalent aux pertes dans le fer) avec une résistance séparée. NOTE 3 L'erreur commise sur la valeur de la charge devra être inférieure à ±5% pour <i>Z_n</i> et à ±0,03 pour le facteur de puissance.</p>					

A.2 Charges capacitives

Le schéma du circuit de charge capacitive est donné à la figure A.2 et les valeurs correspondantes de ses composants dans le tableau A.2.



IEC 1198/99

Figure A.2 – Schéma du circuit de charge capacitive pour les essais de performance en régime transitoire

Tableau A.2 – Valeurs des impédances des charges capacitatives pour les essais de performance en régime transitoire

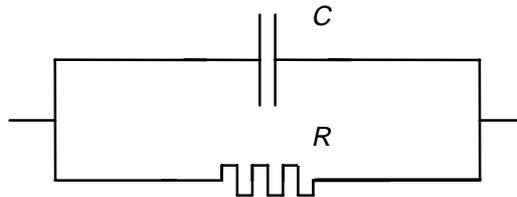
	Charge capacitive pour les essais en régime transitoire	
	<i>R</i>	<i>C</i>
100 % de <i>S_n</i>	<i>R_n</i>	<i>C_n</i>
25 % de <i>S_n</i>	4 · <i>R_n</i>	<i>C_n</i>
<p><i>S_n</i> est la puissance de précision assignée en voltampères. <i>U_n</i> est la tension secondaire en volts, telle que : $R_n = U_n^2 / S_n$, avec <i>R_n</i> en ohms.</p>		
<p>NOTE <i>C_n</i> à définir par l'acheteur.</p>		

Table A. 1 – Impedances values of the pure series and of the series-parallel burden for the transient response test

	Series burden		Series-parallel burden		
	R	$L \cdot \omega$	R_p	R_s	$L_s \cdot \omega$
100 % of S_n	$0,8 Z_n $	$0,6 Z_n $	$2,2 Z_n $	$0,72 Z_n $	$1,25 Z_n $
25 % of S_n	$3,2 Z_n $	$2,4 Z_n $	$8,8 Z_n $	$2,88 Z_n $	$5 Z_n $
S_n is the rated output in volt-amperes. U_n is the secondary voltage in volts, such that $ Z_n = U_n^2 / S_n$ with $ Z_n $ in ohms.					
NOTE 1 The total burden given by these values has a power factor of 0,8.					
NOTE 2 The inductive reactance should be a linear one, e.g. of the air-core type. The series resistance is composed of the equivalent series resistance of the inductive reactance (resistance of the winding, plus equivalent series resistance of the iron losses) and of a separate resistance.					
NOTE 3 The burden error should be less than ± 5 % for Z_n and smaller than $\pm 0,03$ for the power factor.					

A.2 Capacitive burdens

The circuit diagram of the capacitive burden is given in figure A.2 and the corresponding values of its components in table A.2.



IEC 1198/99

Figure A.2 – Circuit diagram of the capacitive burden for the transient response test**Table A.2 – Impedance values of the capacitive burden for the transient response test**

	Capacitive burden for the transient test	
	R	C
100 % of S_n	R_n	C_n
25 % of S_n	$4 \cdot R_n$	C_n
S_n is the rated output in volt-amperes. U_n is the secondary voltage in volts, such that : $R_n = U_n^2 / S_n$, with R_n in ohms.		
NOTE C_n to be defined by purchaser.		

Annexe B (informative)

Informations techniques concernant les transformateurs de tension électroniques

B.1 Introduction

Les transformateurs de tension électroniques utilisent (par exemple) des diviseurs de tension capacitifs (-résistifs) et/ou des dispositifs optiques et sont équipés de composants électroniques pour la transmission et l'amplification des signaux mesurés.

La présente annexe fournit l'information nécessaire pour traiter les conditions de fonctionnement en régimes permanents et transitoires.

Afin d'améliorer la compréhension de ces conditions, il est intéressant de faire une modélisation simple du transformateur de tension électronique permettant de mieux apprécier les considérations théoriques.

B.2 Généralités

B.2.1 Définitions

Les tensions primaires et secondaires peuvent être définies par les équations suivantes:

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

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

où

U_p est la valeur efficace de la tension primaire lorsque $U_{pdc}(t) = 0$ et $u_{p\text{ res}}(t) = 0$;

U_s est la valeur efficace de la tension secondaire lorsque $U_{sdc}(t) = 0$ et $u_{s\text{ res}}(t) = 0$;

f est la fréquence de la composante fondamentale du réseau, en hertz;

$U_{pdc}(t)$ est la tension primaire, due par exemple à des charges piégées, en volts;

$U_{sdc}(t)$ est la tension secondaire, due par exemple à $U_{pdc}(t)$ et/ou les décalages de tension produits au niveau interne des transformateurs de tensions, en volts;

φ_p est l'angle de phase primaire;

φ_s est l'angle de phase secondaire;

$u_{p\text{ res}}(t)$ est la tension primaire résiduelle, y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques;

$u_{r\text{ res}}(t)$ est la tension secondaire résiduelle, y compris les composantes harmoniques et sous-harmoniques;

t est la valeur instantanée du temps, en secondes.

$f, U_p, U_s, U_{pdc}, U_{sdc}, \varphi_p, \varphi_s$ sont constants en régime permanent.

Pour les besoins de comptage et de protection, un transformateur de tension électronique doit fournir une mesure juste des composantes à la fréquence f . D'autres termes des équations décrivent des composantes indésirables susceptibles d'ajouter des erreurs au signal mesuré.

Annex B (informative)

Technical information for electronic voltage transformers

B.1 Introduction

Electronic voltage transformers make use of (resistive-) capacitive voltage dividers (for example) and/or optical arrangements and are equipped with electronic components for the transmission and amplification of measured signals.

This annex gives the information required to deal with steady-state and transient performance conditions.

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

B.2 General

B.2.1 Definition

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

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

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

where

U_p is the r.m.s. value of the primary voltage when $U_{p\text{ dc}}(t) = 0$ and $u_{p\text{ res}}(t) = 0$;

U_s is the r.m.s. value of secondary voltage when $U_{s\text{ dc}}(t) = 0$ and $u_{s\text{ res}}(t) = 0$;

f is the fundamental frequency of the network in hertz;

$U_{p\text{ dc}}(t)$ is the primary direct voltage, caused for example by trapped charges in volts;

$U_{s\text{ dc}}(t)$ is the secondary direct voltage, caused, for example, by $U_{p\text{ dc}}(t)$ and/or electronic voltage transformer internally produced offset in volts;

φ_p is the primary phase displacement in radians;

φ_s is the secondary phase displacement in radians;

$u_{p\text{ res}}(t)$ is the primary residual voltage, including harmonic and subharmonic components;

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

t is the instantaneous value of time, in seconds.

$f, U_p, U_s, U_{p\text{ dc}}, U_{s\text{ dc}}, \varphi_p, \varphi_s$ being constant for steady-state conditions.

For the purpose of metering and protection, electronic voltage transformers must give a correct measurement of the components at frequency f . Other terms of the equations describe unwanted components which can add errors to the measured signal.

B.2.2 Conditions de service normales

Dans les conditions normales de fonctionnement, la tension primaire U_p et la fréquence f resteront entre des limites établies à cause de la régulation du réseau. Par exemple

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

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

Dans les conditions normales de fonctionnement, les transformateurs de tension électroniques conçus pour la mesure sont utilisés en combinaison avec des transformateurs de courant électroniques du type mesure, c'est-à-dire pour le comptage de l'énergie.

B.2.3 Conditions de service anormales

A cause des anomalies survenant dans le réseau (tel qu'elles ont été décrites en B.4.1.1) la tension primaire U_p et la fréquence f peuvent différer de façon significative des valeurs assignées.

Un transformateur de tension électronique destiné à être utilisé pour la mesure doit supporter ces conditions sans dommage, mais sa classe de précision ne doit pas forcément correspondre à celle des normes CEI; elle peut faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur selon les performances souhaitées.

Un transformateur de tension électronique utilisé pour la protection est conçu pour transmettre, de façon fidèle, le signal en régime normal ou anormal de fonctionnement afin d'informer le relais de protection en cas de changement critique dans la condition du réseau.

B.2.4 Tensions secondaires assignées

Habituellement, les équipements électroniques sont alimentés par des tensions bipolaires de ± 12 V à ± 15 V, ce qui autorise des valeurs pour les signaux de sortie de ± 10 V crête avec un fonctionnement entièrement binaire. La valeur assignée de la tension secondaire d'un transformateur de tension électronique est donc choisie de sorte que la valeur maximale reste dans ces limites.

Par exemple:

Pour un facteur de tension $k_1 = 1,9$ et une tension pleinement décalée par charges piégées $k_2 = 2$.

Avec une valeur assignée de $3,25/\sqrt{3}$ V (efficaces) pour un transformateur de tension électronique entre phase et terre, la tension maximale est donnée par

$$U_{\max} = k_1 \cdot k_2 \cdot 3,25 \sqrt{2} / \sqrt{3} = 10,08 \text{ V (crête)}$$

B.3 Fonctionnement en régime permanent

En régime de fonctionnement permanent, la valeur de la composante continue est une constante:

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

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

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

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

B.2.2 Normal service conditions of the network

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

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

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

Under normal service conditions electronic voltage transformers designed for measurement purposes are used, more often than not, in combination with measurement current transformers, i.e. for metering.

B.2.3 Abnormal service conditions of the network

Due to troubles on the network (as described in B.4.1.1) the primary voltage U_p and the frequency f can be significantly different from their rated values.

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

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

B.2.4 Rated secondary voltages

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

Example:

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

With a rated value of $3,25/\sqrt{3}$ V (r.m.s.) for a phase-to-earth electronic voltage transformer the maximum voltage is given by

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

B.3 Steady-state conditions

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

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

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

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

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

B.4 Fonctionnement en régime transitoire

B.4.1 Aspects théoriques

B.4.1.1 Phénomènes liés au réseau

Il y a beaucoup de phénomènes dans un réseau hors des conditions de service normales qui doivent être pris en compte lors de la conception des équipements à haute tension. Certains d'entre eux ont une influence directe sur la conception diélectrique des matériels, d'autres sur les prescriptions de réponse du signal par exemple. Les lignes qui suivent décrivent quelques un des exemples les plus importants:

a) *Surtensions permanentes sur le réseau*

Selon la distance qui sépare une composante de réseau d'une source de puissance, la tension peut avoir une valeur permanente plus élevée que la valeur assignée. La surtension est exprimée au moyen d'un facteur par lequel la tension assignée doit être multipliée.

Une valeur normale de ce facteur de surtension permanent est 1,2.

b) *Court-circuit à la terre dans un réseau triphasé à neutre non mis à la terre*

Un défaut à la terre de l'une des phases dans un tel réseau conduit à des surtensions sur les deux phases non affectées. Théoriquement, le facteur de surtension sur cette phase est la racine carrée de 3. Cependant, ce facteur dépend de la distance entre le défaut à la terre et le point du réseau observé. La durée d'un défaut à la terre peut être de quelques heures ou même quelques jours pour les parties du réseau qui sont difficilement accessibles, en hiver par exemple.

Une valeur normale de facteur de défaut à la terre est 1,9, la durée associée étant 8 h.

c) *Décharges atmosphériques sur les lignes aériennes à haute tension*

La foudre engendre des surtensions élevées qui contraignent de façon importante le matériel à haute tension. Les niveaux des surtensions peuvent être de l'ordre des mégavolts. Heureusement, la durée de ces contraintes est généralement limitée à quelques microsecondes, ce qui limite d'autant la quantité d'énergie affectant le matériel. Le temps de montée du front d'onde, de l'ordre de 1 μ s, conduit à des fréquences de quelques mégahertz, ce qui représente un danger pour les isolations en raison des capacités parasites.

L'effet le plus nuisible de ce phénomène se manifeste dans les régions où les impédances caractéristiques subissent une discontinuité. C'est le cas de la transition d'une ligne aérienne à un transformateur de puissance où l'impédance caractéristique de la ligne est très inférieure à celle du transformateur. L'onde progressive peut y être augmentée par réflexion jusqu'à deux fois la valeur initiale.

De telles surtensions conduisent également à des coupures de courte durée sur le réseau dans le cas d'amorçages sur un éclateur servant de dispositif de limitation. Le système de protection voit l'amorçage comme un court circuit à la terre et active le disjoncteur. Cela est généralement suffisant pour éliminer l'arc et le disjoncteur se referme.

d) *Manoeuvres diverses*

D'autres phénomènes sont engendrés par des manoeuvres de coupure sur les réseaux à haute tension. Celles-ci peuvent conduire à des résonances parasites avec des surtensions transitoires de fréquence différentes de la fréquence industrielle assignée. Les fréquences

B.4 Transient conditions

B.4.1 Theoretical considerations

B.4.1.1 Network phenomena

Lots of phenomena on networks beside the normal service conditions which must be considered when designing high-voltage equipment. Some of these have a direct influence on dielectric design, others on the signal response requirements for example. The items listed below are a sample of the most important ones.

a) Continuous overvoltages on networks

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

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

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

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

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

c) Atmospheric discharges on high-voltage overhead lines

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

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

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

d) Switching activities

Other phenomena are caused by switching activities on high-voltage networks. These can lead to parasitic resonance with transient overvoltages which have frequencies different to the rated power frequency. The frequencies, in the domain of kilohertz and up to megahertz

dans le domaine des kilohertz jusqu'à celui des mégahertz (dans les postes blindés) sont déterminées par la configuration réelle du réseau. De plus, les arcs engendrés lors de la coupure des disjoncteurs conduisent à des effets transitoires avec surtensions. Les coupures ou fermetures de courants inductifs faibles peuvent engendrer des surtensions qui sont engendrées par la résonance entre les composantes non linéaires et les capacités.

D'autres phénomènes liés au réseau sont discutés en B.4.1.2.

B.4.1.2 Types de régimes transitoires

Beaucoup de régimes transitoires sont dus aux surtensions et aux manoeuvres de coupure décrites en B.4.1.1.

Comme remède contre ces surtensions, il existe différents dispositifs de limitation tels que les éclateurs et les varistances. D'un côté, ils sont nécessaires pour protéger le réseau et ses composants, de l'autre ils peuvent produire eux-mêmes des régimes transitoires qui doivent être supportés. Il est particulièrement important que les transformateurs de tension électroniques, qui sont destinés à transmettre un signal de manière fidèle, soient conçus de façon appropriée pour cela. Les transformateurs de mesure sont en conséquence spécifiés pour présenter une bonne réponse en fréquence jusqu'à plusieurs kilohertz.

D'autres régimes transitoires sont les variations rapides de tension primaire dus à des courts-circuits sur la phase mesurée elle-même ou à un défaut à la terre sur l'une des autres phases, décrites en B.4.1.1. Un transformateur de tension électronique doit être capable de reproduire ces phénomènes avec une précision suffisante, pour une durée définie, généralement de l'ordre de quelques millisecondes.

Le régime transitoire le plus difficile pour les transformateurs de tension électroniques utilisant un diviseur capacitif pur comme capteur haute tension est dû au phénomène des charges piégées.

Lors de la mise hors tension d'une ligne ou d'un câble, des charges peuvent y être piégées. Si la ligne n'est pas mise à terre intentionnellement ou déchargée grâce à un dispositif de basse impédance raccordé à celle-ci, ces charges peuvent persister pendant plusieurs jours. La compréhension du phénomène est facilitée par la figure B.1. Le niveau de charge dépend de la phase de la tension primaire lors de la mise hors tension. Dans le cas le plus grave cela se produit au moment où la tension se trouve à sa valeur crête U_p , ce qui veut dire que le capteur primaire du diviseur C_a reste chargé, emmagasinant la charge $q_1 = C_a \cdot U_p$, tandis que la capacité secondaire C_b est déchargée par la résistance parallèle R_2 du dispositif qui y est raccordé.

Lorsque la ligne est de nouveau mise sous tension, la faible impédance du réseau aux fréquences basses décharge la ligne instantanément, ce qui force les charges de C_a à aller vers C_b . C_b sera chargée maintenant à la tension

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

approximativement égale à

$$-U_p (C_a / C_b)$$

Cette tension qui décroît de façon exponentielle avec la constante de temps $R_2 \cdot C_b$ est superposée au signal sinusoïdal et entraîne une erreur très importante (voir figure B.2). L'effet le plus grave dû à cette composante apériodique est la saturation des transformateurs incorporés dans le transformateur de tension électronique lui-même ou dans les relais de protection associés. Une bonne solution à ce problème est l'utilisation d'un diviseur mixte résistif-capacitif transmettant un signal correct pendant ce régime transitoire.

(in GIS), are mainly determined by the actual configuration of the network. Also, the arcing of circuit-breakers leads to transient effects with overvoltages. Both switching on and off of small inductive currents may initiate overvoltages which are caused by resonance between non-linear components and capacitances.

Further network phenomena are discussed in B.4.1.2 below and described therein.

B.4.1.2 Types of transient conditions

A lot of different transient conditions are due to overvoltages and switching activities as described in B.4.1.1.

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

Further transient conditions include sudden primary voltage changes due to a short circuit on the measured phase itself or to an earth fault on one of the other phases, as described in B.4.1.1. An electronic voltage transformer must be able, within a defined time of a few milliseconds, to reproduce these variations whilst respecting accuracy requirements for this time.

The most important transient condition problem for electronic voltage transformers using a pure capacitor divider as high-voltage sensor is due to the phenomenon of trapped charges.

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

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

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

approximately equal to

$$-U_p (C_a / C_b)$$

This voltage which decreases exponentially with the time constant $R_2 \cdot C_b$ is superposed on the sinusoidal signal and results in a substantial error (see figure B.2). The worst effect of this non-periodic component is the saturation of transformers incorporated in the electronic voltage transformer itself or in the protective relays connected to it. An excellent solution to this problem is the use of a mixed resistive-capacitive divider transmitting the correct signal during this transient condition.

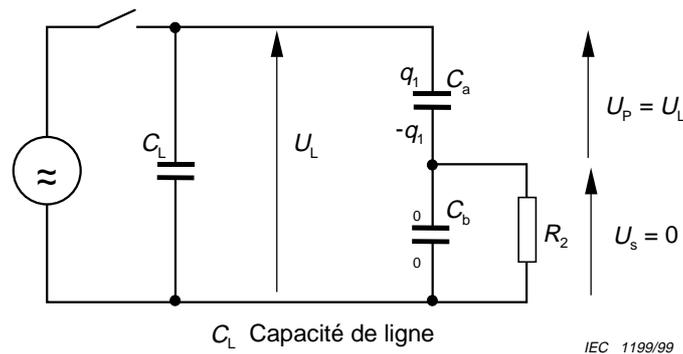
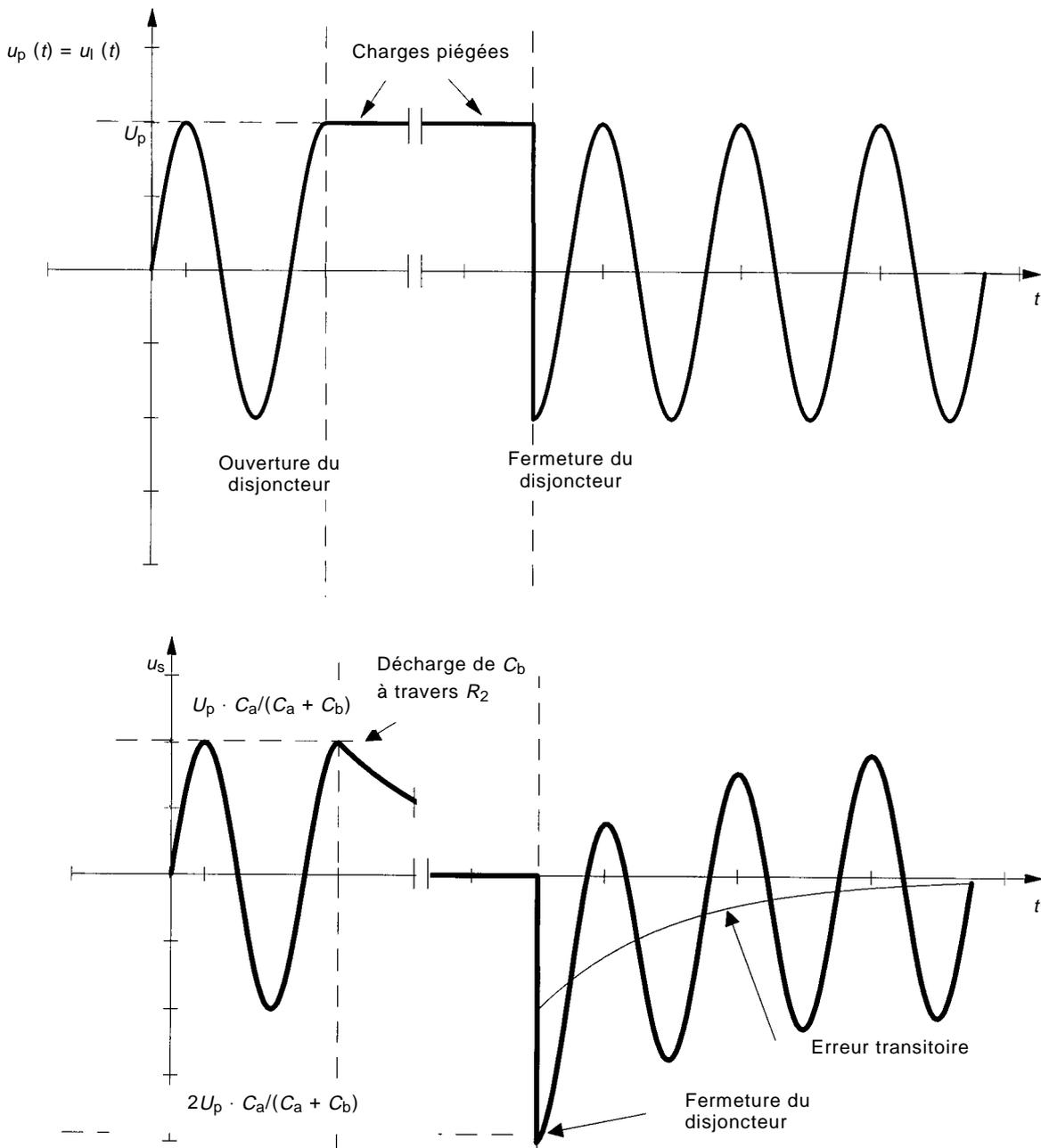


Figure B.1 – Schéma détaillant le phénomène des charges piégées



NOTE 1 U_p est la tension sur les bornes primaires.
 NOTE 2 U_s est la tension sur les bornes secondaires.

Figure B.2 – Evolution des tensions durant le régime transitoire dû aux charges piégées

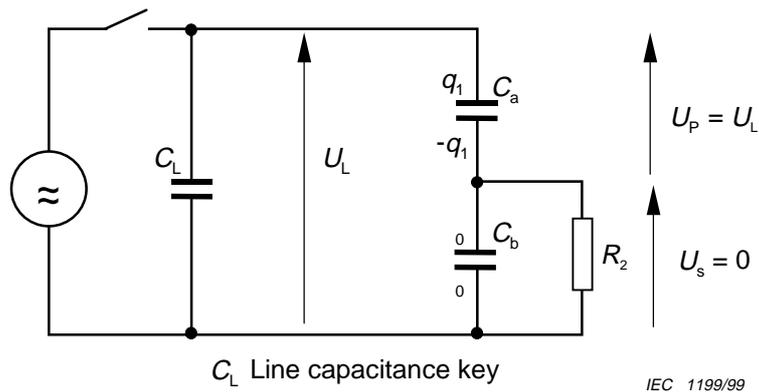
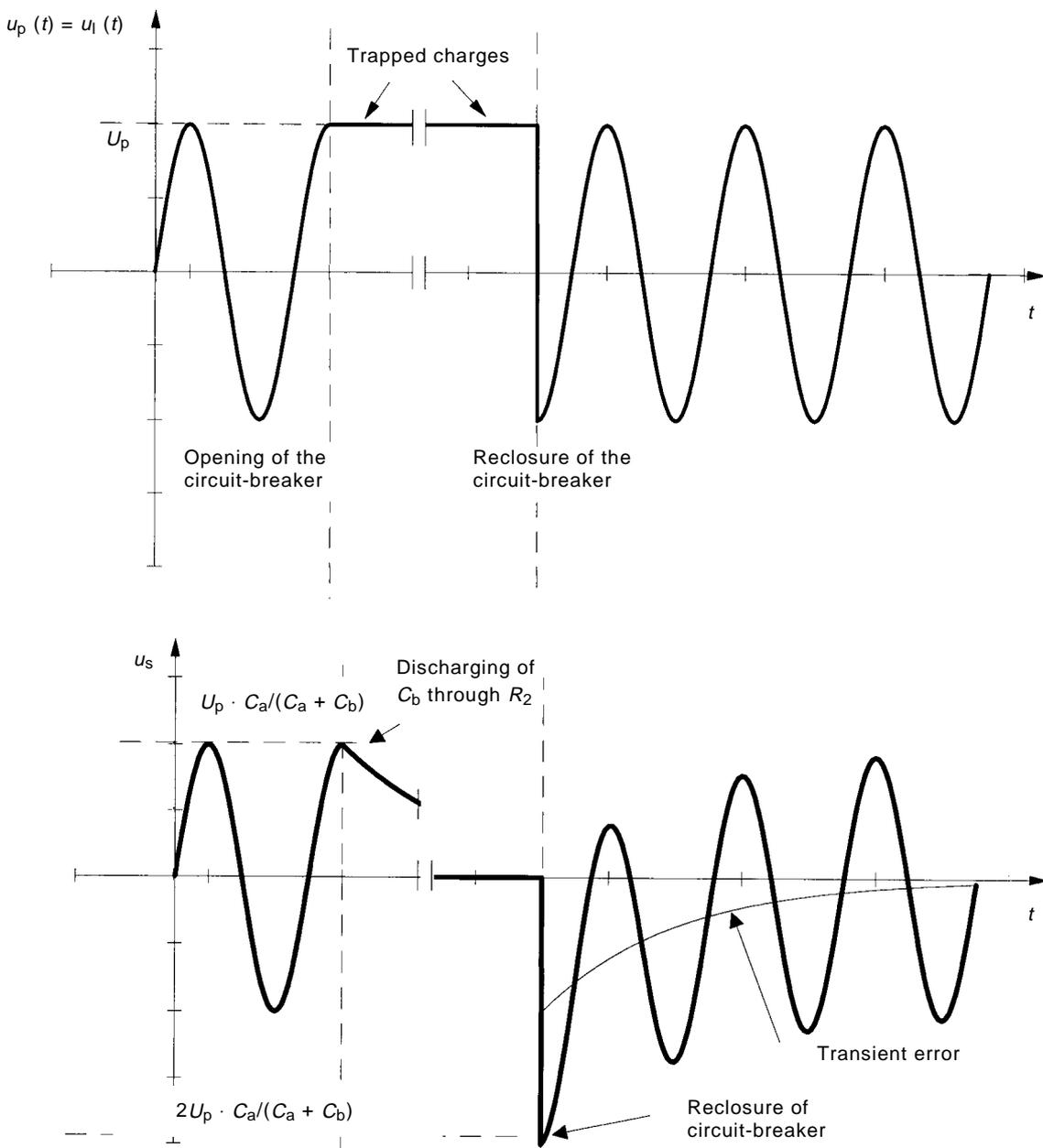


Figure B.1 – Schematic diagram explaining the trapped charges phenomena



NOTE 1 U_p is the voltage on primary terminals.

NOTE 2 U_s is the voltage on secondary terminals.

Figure B.2 – Voltages during trapped charges phenomena

IEC 1200/99

B.4.1.3 Equations de $u_p(t)$ et $u_s(t)$

Il est possible de décrire de manière théorique les régimes transitoires qui se produisent dans un réseau, au moyen des équations que nous avons définies pour traiter le régime permanent de fonctionnement (voir B.2.1):

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

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

Les régimes transitoires sont induits par le changement brusque d'un ou plusieurs paramètres.

La comparaison de $u_s(t)$ et de $u_p(t)$ donne la performance qualitative du transformateur de tension électronique en régime transitoire.

Tableau B.1 – Court circuit primaire

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t \geq t_o + (1 / f_n)$
$ u_p(t) $	Voir équation précédente	0	0
U_p	$k_u U_{pn}$	0	0
$ u_s(t) $	Voir équation précédente	$ u_s(t_o) $	$\leq 0,1 u_s(t < t_o) $ *
* Limites: voir recommandations en 13.6.2.			
NOTE t_o est l'instant d'apparition du court-circuit.			

Tableau B.2 – Charges piégées

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t_o < t < t_1$	$t \geq t_1$
U_p	$k_u U_{pn}$	0	0	$k_u U_{pn}$
$U_{p\ dc}$	0	$\pm k_u U_{pn} \sqrt{2}$	$\pm k_u U_{pn} \sqrt{2}$	0
$ u_s(t) $	Voir équation précédente	$ u_s(t_o) $	$ U_{s\ dc}(t) $	*
* Limites: voir recommandations en 13.6.4.				
NOTE Les valeurs de ce tableau correspondent au cas le plus défavorable de l'ouverture à t_o et de la refermeture à t_1 avec la polarité opposée U_p . t_o est le moment précis où le disjoncteur s'ouvre t_1 est le moment précis où le disjoncteur se referme.				

B.4.1.4 Modélisation simplifiée du transformateur de tension électronique

B.4.1.4.1 Généralités

Chaque fois qu'un essai pratique est impossible, le comportement du transformateur de tension électronique doit être vérifié par une simulation. Ceci exige un accord entre le constructeur et l'utilisateur en ce qui concerne le modèle de transformateur de tension électronique et le logiciel de simulation à utiliser.

La simulation est couramment utilisée dans d'autres domaines, par exemple la simulation (par le logiciel EMTP) pour remplacer les essais réels est un moyen très répandu pour vérifier le comportement d'un disjoncteur dans un réseau.

B.4.1.3 Equations of $u_p(t)$ and $u_s(t)$

The theoretical transient condition occurring in a network can be described using the following equations, previously introduced to deal with steady state conditions (see B.2.1):

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

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

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

The comparison of $u_s(t)$ and $u_p(t)$ gives the performance quality of the electronic voltage transformer in transient conditions.

Table B.1 – Primary short circuit

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t \geq t_o + (1 / f_n)$
$ u_p(t) $	See equation above	0	0
U_p	$k_u U_{pn}$	0	0
$ u_s(t) $	See equation above	$ u_s(t_o) $	$\leq 0,1 u_s(t < t_o) *$
* Limits: see requirements in 13.6.2.			
NOTE t_o is the exact time when the short-circuit occurs.			

Table B.2 – Trapped charges

	$t < t_o$	$t = t_o$	$t_o < t < t_1$	$t \geq t_1$
U_p	$k_u U_{pn}$	0	0	$k_u U_{pn}$
$U_{p \text{ dc}}$	0	$\pm k_u U_{pn} \sqrt{2}$	$\pm k_u U_{pn} \sqrt{2}$	0
$ u_s(t) $	See equation above	$ u_s(t_o) $	$ U_{s \text{ dc}}(t) $	*
Limits: see requirements in 13.6.4.				
NOTE The values in this table are for the worst case of opening at t_o and reclosing at t_1 with opposite polarity of U_p .				
t_o is the exact time when the circuit-breaker opens.				
t_1 is the exact time when the circuit-breaker recloses.				

B.4.1.4 Simple modelisation of the electronic voltage transformer

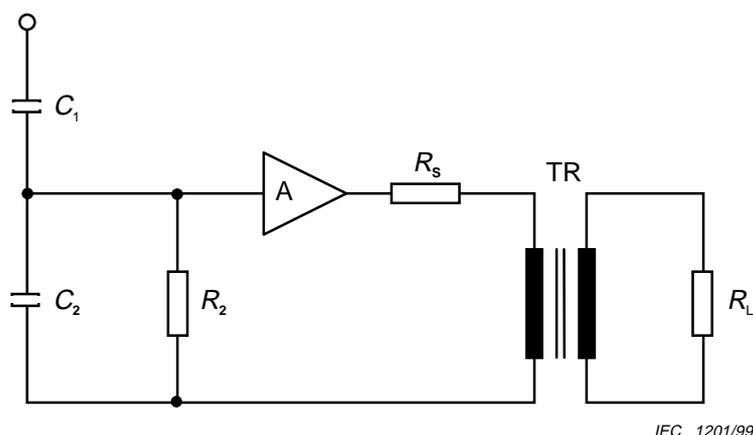
B.4.1.4.1 General

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

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

B.4.1.4.2 Modèle du transformateur de tension électronique

Le même modèle sera appliqué à la fois pour le régime de court-circuit et celui des charges piégées. L'accord entre le constructeur et l'utilisateur sera basé sur la comparaison de résultats venant de l'essai réel et ceux de la simulation lors du court-circuit primaire. Le modèle prendra en compte le fonctionnement non linéaire du transformateur de tension électronique.



IEC 1201/99

Composants

C_1, C_2	diviseurs de tension capacitifs
A	amplificateur idéal avec un gain en tension unitaire
TR	transformateur magnétique
R_2	impédance d'entrée de A
R_S	impédance équivalente totale du circuit de sortie de A
R_L	charge

Figure B.3 – Exemple de modélisation d'un transformateur de tension simplifié

Supposons qu'un transformateur de tension électronique (en régime transitoire) puisse être décrit par le schéma de la figure B.3.

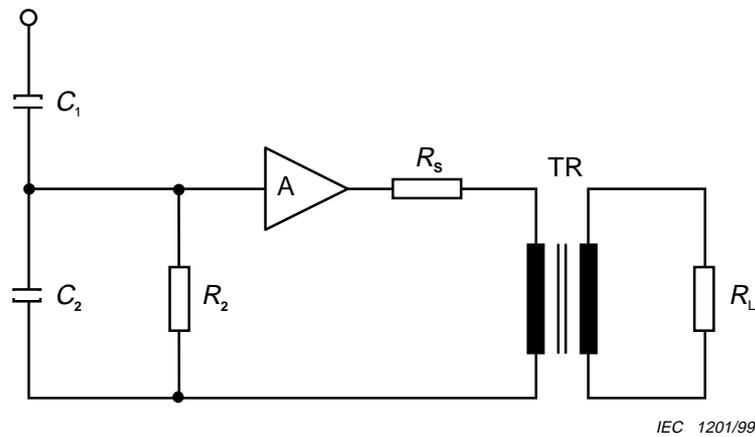
Le modèle doit décrire le réseau, y compris le fonctionnement non linéaire du transformateur magnétique TR. La simulation peut s'effectuer avec des logiciels divers, par exemple EMTP, Saber, Spice, etc. R_L est la charge et doit être conforme aux exigences de la norme (charge parallèle ou série parallèle). La modélisation de la disposition d'essai complète sera faite selon B.4.3.

B.4.1.5 Effets des régimes transitoires sur les relais de protection

Dans les postes à haute tension, les transformateurs de tension sont généralement raccordés à des relais de protection. L'étage d'entrée de ces relais est équipé de transformateurs magnétiques de tension destinés à assurer l'isolement galvanique. Ces transformateurs sont de petite taille et leur enroulement primaire est fait de fils extrêmement fins. Par conséquent, ils sont très sensibles à la présence d'une composante asymétrique au niveau de leur entrée. Cette composante asymétrique peut induire une saturation de leur circuits magnétiques. La surintensité qui en résulte peut entraîner la rupture thermique de l'enroulement primaire. L'utilisateur et le constructeur doivent prendre soin de vérifier l'effet du transformateur de tension électronique sur les relais en présence de charges piégées. Ceci est particulièrement important lorsque le transformateur de tension électronique est capable de transmettre une tension continue, ou à très basse fréquence.

B.4.1.4.2 Electronic voltage transformer model

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



Components

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

Figure B.3 – Example modelisation of a simplified electronic voltage transformer

Let us assume that the electronic voltage transformer (in transient condition) can be described by the diagram of figure B.3.

The model shall describe the network including the non-linearity of the inductive magnetic transformer TR. The simulation can be performed with different software, i.e. EMTP, Saber, Spice, etc. R_L is the burden and shall comply with the requirements of the standard (parallel or series burden). The modelisation of the complete test arrangement shall be in accordance with B.4.3.

B.4.1.5 Effects of transients on protective relays

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

B.4.2 Définition de l'erreur en régime transitoire

L'erreur de tension instantanée est définie par la formule suivante:

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_n \cdot u_s(t) - u_p(t)}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

où K_n est le rapport de transformation.

B.4.3 Essais de performance en régime transitoire

B.4.3.1 Essais de performance pour les transformateurs de tension conventionnels

Dans la CEI 60186, seuls les transformateurs de tension utilisant un diviseur capacitif font l'objet de prescriptions en régime transitoire, le court-circuit primaire étant le seul régime considéré.

L'essai peut s'effectuer en enregistrant deux signaux. Le premier est la sortie du transformateur condensateur de tension. Le deuxième est la sortie d'un dispositif de référence qui représente la tension primaire et qui permet de déterminer le moment exact où le court-circuit se produit. Les fonctionnements sont vérifiés en mesurant directement la valeur résiduelle du premier signal.

B.4.3.2 Essais de performance pour les transformateurs de tension électroniques

B.4.3.2.1 Généralités

En B.4.2, nous définissons l'erreur de tension instantanée pour le régime transitoire au moyen de la formule suivante:

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

Cette formule peut être mise sous la forme:

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

En utilisant la définition de l'erreur en régime permanent

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

on peut exprimer U_p en fonction de U_s

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

Si l'on remplace U_p par cette expression dans la formule précédente, cela donne

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

B.4.2 Definition of transient error

The instantaneous voltage error is defined by the following formula:

$$\text{Voltage error } \varepsilon_u(t) \% = \frac{K_n \cdot u_s(t) - u_p(t)}{u_p \sqrt{2}} \times 100$$

where K_n is the rated transformation ratio.

B.4.3 Test of transient performance

B.4.3.1 Transient performance test for conventional voltage transformers

In IEC 60186, only capacitor voltage transformers are subject to transient performance requirements, the primary short circuit alone being taken into consideration.

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

B.4.3.2 Transient performance test for electronic voltage transformers

B.4.3.2.1 General

In B.4.2 we define the instantaneous voltage error for transient conditions by means of the following formula:

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

This formula can be rewritten as follows:

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

Using the steady-state error definition

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

we can express U_p by a function of U_s

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

Replacing U_p by this expression in the previous formula gives

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

Compte tenu de

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

nous pouvons simplifier la procédure d'essai en utilisant la formule suivante:

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

NOTE 1 La charge peut avoir une influence significative sur la réponse en régime transitoire et la stabilité des transformateurs de tension électroniques. La présente norme définit deux types de charge (charge série et charge série parallèle), qui seront utilisées au cours de l'essai.

NOTE 2 L'essai de performance en régime transitoire ne peut être considéré comme complet que si les instants d'apparition du court-circuit primaire et la refermeture sur charges piégées sont suffisamment variés et nombreux pour couvrir toutes les situations réelles du réseau.

NOTE 3 Effets du temps de retard assigné (voir article B.5). Afin d'éviter les effets indésirables sur les relais de protection, deux cas doivent être considérés:

a) *Aucune relation entre le temps de retard assigné du transformateur de tension électronique et le transformateur de courant.* Cet essai peut être effectué sans compensation externe du temps de retard assigné t_{dn} ;

b) *Le transformateur de tension électronique est utilisé avec un transformateur de courant ayant le même temps de retard assigné.* L'essai peut s'effectuer à l'aide d'un dispositif de retard pur placé entre le transformateur de référence et l'amplificateur différentiel. Le temps de retard assigné de ce dispositif doit être ajusté à une valeur donnée par $t_d = \varphi_e / 2\pi f_n$, φ_e et f_n étant les valeurs indiquées sur la plaque signalétique.

B.4.3.2.2 Court-circuit primaire

Dans le cas d'un essai de court-circuit nous avons $u_p(t) = 0$ pour $t \geq 0$.

Ainsi, la formule de B.4.3.2.1 est réduite à

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

qui est l'expression mathématique de la prescription exprimée dans la présente norme.

NOTE $U_s \sqrt{2}$ est la valeur crête de la tension de sortie secondaire du transformateur de tension électronique pour $t < 0$ (avant le court-circuit). Cette formule simplifiée permet d'éviter utilisation d'une tension primaire de référence calibrée pour les essais de court-circuit primaire. Une seule référence de temps est nécessaire pour identifier le moment précis où le court-circuit a lieu.

B.4.3.2.3 Refermeture sur une ligne avec charges piégées

Pour $t < 0$:

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

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

Pour $t \geq 0$:

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

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

Alors pour $t \geq 0$

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

Taking into account that

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

we can simplify the test procedure by using the following formula:

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

NOTE 1 The burden can have a significant influence on the transient response and stability of an electronic voltage transformer. This standard defines two types of burdens (series burden and series-parallel burden), which must be used during the test.

NOTE 2 The transient performance test can only be considered to be completed if the time occurrence of the primary short circuit and the reclosure on trapped charges are varied, covering all real network situations.

NOTE 3 Effects of rated delay time (see clause B.5). In order to avoid unwanted effects on protective relays two cases must be considered:

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

B.4.3.2.2 Primary short circuit

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

Thus, the formula in B.4.3.2.1 becomes reduced to

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

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

NOTE $U_s \sqrt{2}$ is the peak value of the electronic voltage transformer's secondary output voltage for $t < 0$ (before the short circuit occurs). This simplified formula makes use of a calibrated primary voltage reference for primary short circuit testing unnecessary. Only one time reference is needed to identify the precise moment at which the short circuit occurs.

B.4.3.2.3 Reclosure on a line with trapped charges

For $t < 0$

$$\begin{aligned} u_p(t) &= u_{p\text{dc}}(t) + u_{p\text{res}}(t) \\ u_s(t) &= u_{s\text{dc}}(t) + u_{s\text{res}}(t) \end{aligned}$$

For $t \geq 0$

$$\begin{aligned} u_p(t) &= U_p \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) + u_{p\text{res}}(t) \\ u_s(t) &= U_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) + u_{s\text{dc}}(t) + u_{s\text{res}}(t) \end{aligned}$$

Then for $t \geq 0$

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

En remplaçant $u_s(t)$ et $u_p(t)$ par leur expression, on obtient

$$\varepsilon_u \% (t) = \varepsilon_{uac} \% (t) + \varepsilon_{utr} \% (t)$$

avec

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

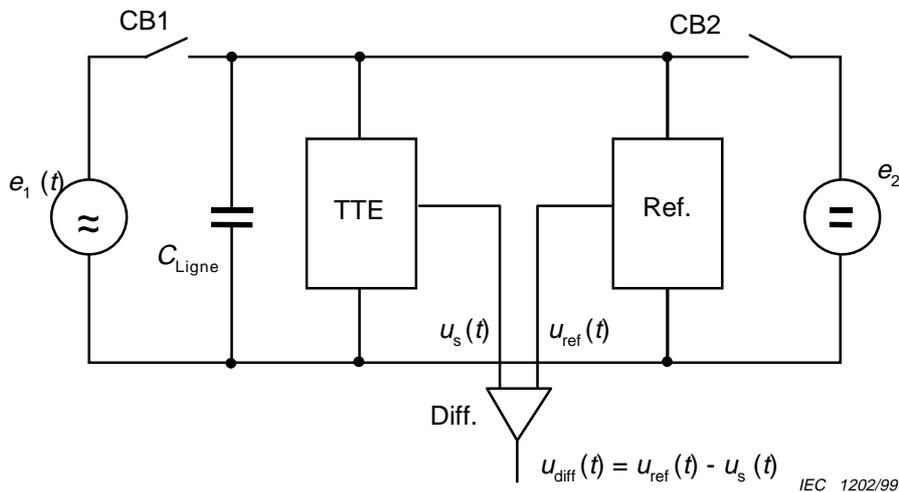
$$\varepsilon_{utr} \% (t) = \frac{u_{sdc}(t) + u_{sres}(t) - (u_{pres}(t) / K_n)}{U_s \sqrt{2}} \times 100$$

Le premier terme $\varepsilon_{utr} \% (t)$ ne contient que des composantes sinusoïdales et représente l'erreur en régime permanent du transformateur de tension électronique. Si le transformateur de tension électronique est ajusté correctement, il peut être négligé devant le terme $\varepsilon_{utr} \% (t)$, qui représente la composante transitoire de l'erreur.

Le cas le plus contraignant est celui où $u_{pdc}(0) = k_u U_s \sqrt{2}$. La constante de temps de la composante $u_{sdc}(t)$ du transformateur de tension électronique a une influence importante sur le choix d'une procédure d'essai. Nous distinguerons deux cas: faible constante de temps et grande constante de temps.

B.4.3.2.3.1 Cas des constantes de temps faibles

Si $u_{sdc}(t)$ décroît avec une constante de temps inférieure à 100 ms, un circuit d'essai réaliste est représenté par la figure B.4.



Ref. est un diviseur haute tension de référence avec le même rapport de tension que le transformateur de tension électronique.

Diff. est un amplificateur différentiel calibré avec une réponse en fréquence de type passe bas définie par un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Figure B.4 – Structure du circuit d'essai pour une faible constante de temps

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

$$\varepsilon_u \% (t) = \varepsilon_{uac} \% (t) + \varepsilon_{utr} \% (t)$$

with

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

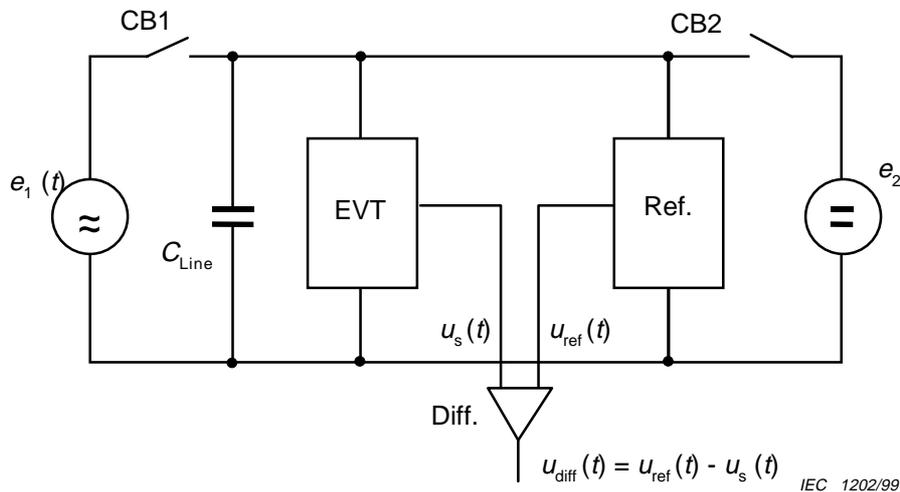
$$\varepsilon_{utr} \% (t) = \frac{u_{sdc}(t) + u_{sres}(t) - (u_{pres}(t) / K_n)}{U_s \sqrt{2}} \times 100$$

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

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

B.4.3.2.3.1 Short time constants

If $u_{sdc}(t)$ decays with a time constant less than 100 ms, a realistic test arrangement is possible, as shown in figure B.4.



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

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

Figure B.4 – Testing arrangement for short time constant

$e_1(t)$ est réglé à la tension et à la fréquence assignées, $e_2(t)$ est réglé à une valeur de courant continu égale à la valeur de crête assignée, multipliée par le facteur de mise à la terre k_u .

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

$$e_2 = k \cdot U_{pn} \sqrt{2}$$

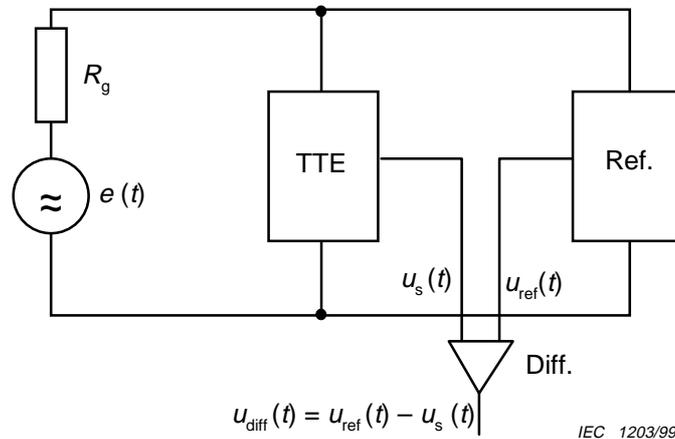
$C_{Ligne} \geq 1\ 000$ pF afin d'assurer que la décroissance de la tension primaire est au moins 10 fois plus lente que la décroissance de la tension secondaire du transformateur de tension électronique pendant le temps que dureront les charges piégées (CB1 et CB2 ouvert).

Déroulement des opérations:

- | | | |
|----|--------------------------|--|
| a) | CB1 ouvert CB2 fermé | Chargement des condensateurs haute tension (C_{Ligne} , transformateur de tension électronique...) jusqu'à la valeur assignée $k_u \cdot U_{pn} \sqrt{2}$. |
| b) | CB1 ouvert CB2 ouvert | Isolation de la source de courant continu haute tension e_2 de la source de courant continu e_1 |
| c) | CB1 fermé CB2 ouvert | Refermeture sur charges piégées avec la valeur assignée U_{pn} pour la composante c.a. de la tension primaire. |

B.4.3.2.3.2 Cas des constantes de temps importantes

Si $u_{s\ dc}(t)$ décroît avec une constante de temps supérieure à 100 ms, un circuit d'essai réaliste est représenté par la figure B.5.



Ref. est un diviseur haute tension de référence avec le même rapport de tension que le transformateur de tension électronique.

Diff. est un amplificateur différentiel calibré avec une réponse en fréquence de type passe bas définie par un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Figure B.5 – Structure du circuit d'essai pour une constante de temps importante

La tension $e(t)$ est donnée par la figure B.6.

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

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

$$e_2 = k \cdot U_{pn} \sqrt{2}$$

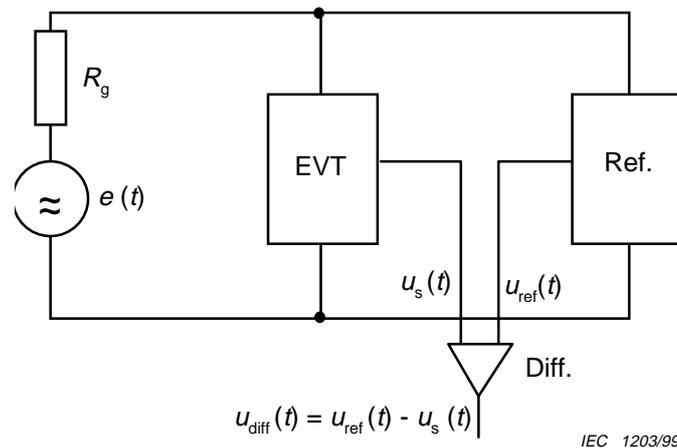
$C_{Line} \geq 1\,000$ pF in order to ensure that the primary voltage decay is at least 10 times slower than the secondary voltage decay of the electronic voltage transformer during the trapped charge situation (CB1 and CB2 open).

Sequence of operation:

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

B.4.3.2.3.2 Long time constants

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



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

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

Figure B.5 – Testing arrangement for long time constant

The waveform $e(t)$ is illustrated by figure B.6.

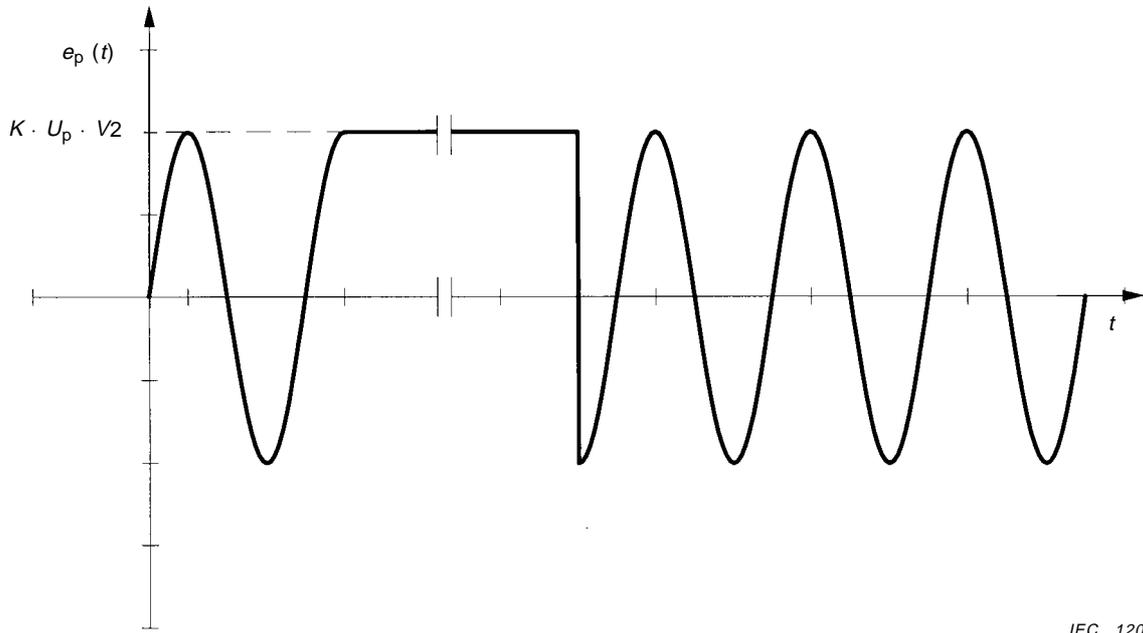


Figure B.6 – Allure typique de la tension $e(t)$ durant l'essai

B.5 Divers

B.5.1 Temps de retard

B.5.1.1 Définition

Un transformateur de tension électronique peut inclure la transmission et le traitement de données numériques. Le temps t_d requis pour cette transmission peut être décrit dans l'équation de la tension secondaire (voir 2.1.29) en changeant (t) par $(t - t_d)$:

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

où t_d est le temps de retard.

B.5.1.2 Effets sur la précision en régime permanent

En régime permanent le temps de retard assigné a pour effet d'introduire un déphasage par

$$\varphi_{sd} = 2\pi \cdot f \cdot t_d$$

Le déphasage total φ défini en 2.1.32 devient alors

$$\varphi = \varphi_s - \varphi_p$$

peut être considéré comme étant la somme de trois composantes

$$\varphi = \varphi_{0n} + \varphi_{sd} + \varphi_e = \varphi_{0n} + 2\pi \cdot f \cdot t_d + \varphi_e$$

φ_{0n} est la partie constante du déphasage du transformateur de tension électronique, φ_{sd} est le déphasage constant résultant du temps de retard.

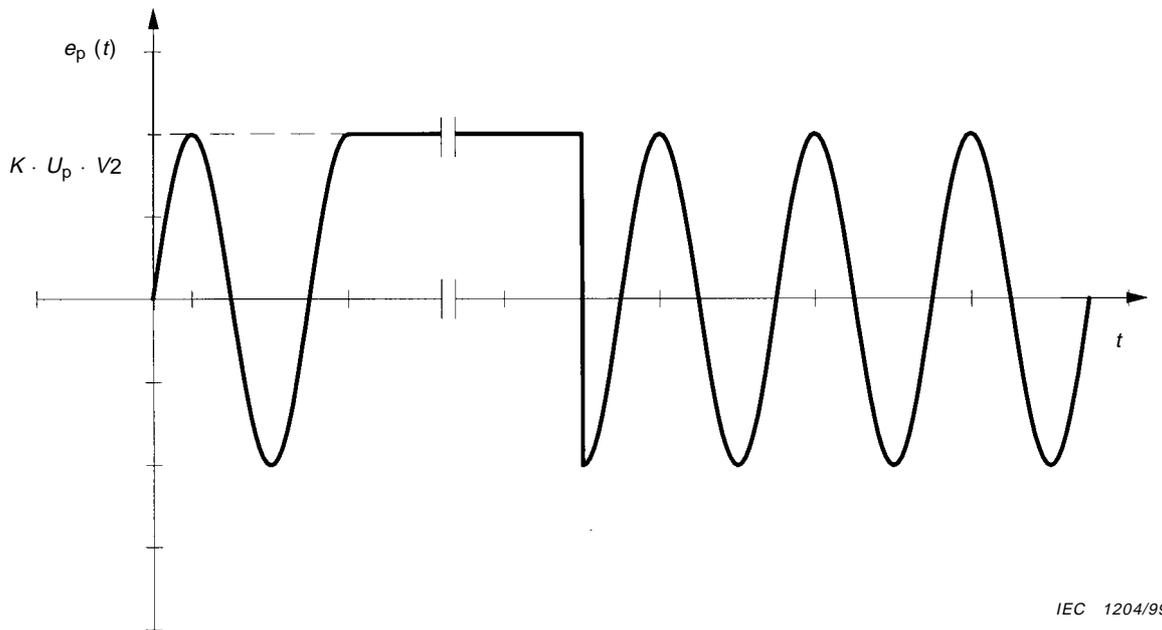


Figure B.6 – Typical waveform of $e(t)$ during test

B.5 Miscellaneous

B.5.1 Delay time

B.5.1.1 Definition

Electronic voltage transformers can include digital data transmission and processing. The time t_d needed for this can be described in the secondary voltage equation (see 2.1.29) by changing (t) to $(t - t_d)$:

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

where t_d is the delay time.

B.5.1.2 Effects on steady-state accuracy

In steady-state conditions the effect of the delay time is to introduce a phase displacement by

$$\varphi_{sd} = 2\pi \cdot f \cdot t_d$$

The total phase displacement φ defined in 2.1.32

$$\varphi = \varphi_s - \varphi_p$$

can be considered as being formed by three components:

$$\varphi = \varphi_{0n} + \varphi_{sd} + \varphi_e = \varphi_{0n} + 2\pi \cdot f \cdot t_d + \varphi_e$$

φ_{0n} is the constant phase displacement offset of the electronic voltage transformer. φ_{sd} is the constant phase displacement caused by the delay time.

φ_e est l'erreur. Cette variation du déphasage est due aux facteurs d'influence, comme par exemple la température et la fréquence. La classe de précision CEI spécifie des limites maximales pour φ qui peuvent être exprimées par

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi \leq \varphi_{\max}$$

Deux cas seront considérés.

B.5.1.2.1 Premier cas

Faibles valeurs de t_d pour lesquelles la relation suivante est vérifiée:

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi_{0n} + \varphi_{sd} \leq \varphi_{\max}$$

t_d n'a pas d'effet sur la précision, et peut être négligé.

B.5.1.2.2 Deuxième cas

Valeurs importantes de t_d , ce qui se traduit par

$$|\varphi_{0n} + \varphi_{sd}| \geq \varphi_{\max}$$

t_d ne peut plus être négligé. Néanmoins, si le transformateur de tension électronique doit être utilisé avec un transformateur de courant électronique pour le comptage d'énergie, une valeur importante de φ_{sd} n'aura pas d'effet sur la précision de ce comptage, à condition que les deux appareils possèdent le même φ_{sd} , et que la relation suivante soit satisfaite:

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi_e \leq \varphi_{\max}$$

La valeur assignée de φ_{0n} , qui est le décalage de phase assigné, et t_d , doivent être indiquée sur la plaque signalétique. Les prescriptions relatives à ce déphasage sont illustrées par la figure B.7.

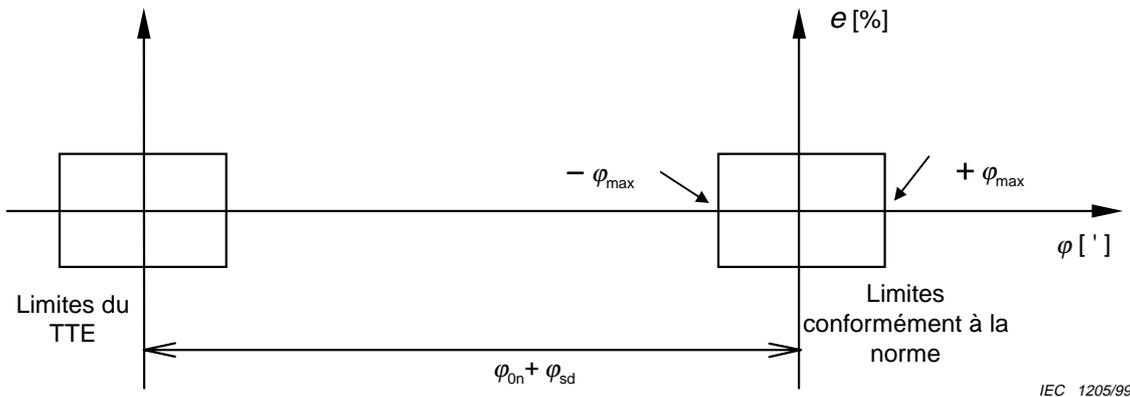


Figure B.7 – Limites du déphasage

B.5.2 Compatibilité électromagnétique (EMC)

B.5.2.1 Généralités

Un transformateur de tension électronique doit être conçu pour supporter les conditions sévères rencontrées dans les postes à haute tension où il existe beaucoup de sources de perturbations. La plupart de ces perturbations sont bien représentées dans les normes existantes qui peuvent être considérées comme des outils pour vérifier la conformité du transformateur de tension électronique avec ces prescriptions. Le but de ce paragraphe est de fournir des consignes pour l'application de ces normes. Pour plus de détails on se référera à la série CEI 61000-4.

φ_e is the error. This is a phase shift caused by environmental influence, i.e. temperature and frequency variation. The IEC accuracy class requires maximum limits for φ which can be expressed by

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi \leq \varphi_{\max}$$

Two cases shall be considered.

B.5.1.2.1 Case 1

Small values of t_d for which the following condition is satisfied:

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi_{0n} + \varphi_{sd} \leq \varphi_{\max}$$

t_d has no effect on accuracy, and can be neglected.

B.5.1.2.2 Case 2

Large values of t_d resulting into

$$|\varphi_{0n} + \varphi_{sd}| \geq \varphi_{\max}$$

t_d can no longer be neglected. Nevertheless, if the electronic voltage transformer is intended to be used in association with an electronic current transformer to perform the energy metering, a large value of φ_{sd} will have no effect upon the accuracy if both current and voltage electronic transformers exhibit the same value of φ_{sd} , and obviously, if the following relation is satisfied:

$$-\varphi_{\max} \leq \varphi_e \leq \varphi_{\max}$$

Hence the rated value of φ_{0n} , which is the rated phase offset, and t_d shall be given on the rating plate. The normal phase displacement requirements are illustrated by figure B.7.

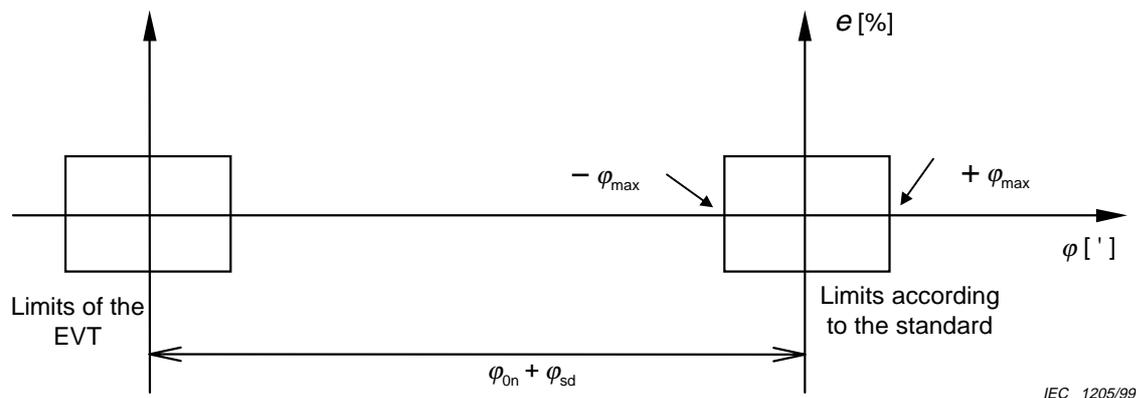


Figure B.7 – Limit of phase displacement

B.5.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

B.5.2.1 General

Electronic voltage transformers must be designed to withstand the severe conditions encountered in high-voltage substations where many sources of disturbances can be found. Most of these disturbances are well described in existing standards which can be considered as tools to help verify the compliance of electronic voltage transformers with these requirements. The subclauses hereafter aim to provide guidelines for the application of these standards. For more detailed information, reference should be made to the IEC 61000-4 series.

B.5.2.2 Méthodes utilisées pour les essais d'immunité CEM

B.5.2.2.1 Généralités

Les transformateurs de tension électroniques sont des systèmes analogiques pour lesquelles il est difficile de déterminer les effets de perturbations électromagnétiques, car la classe de précision d'un transformateur de tension électronique est vérifiée avec un pont de mesure. Les dispositions des essais CEM demandent l'insertion d'impédances de découplage entre le transformateur de tension électronique et ses circuits associés. Ces impédances peuvent, bien entendu, contribuer de façon considérable aux erreurs de mesure. Pour cette raison, il est impossible d'effectuer des mesures de la classe de précision dans le cadre des essais CEM.

B.5.2.2.2 Effets parasites

A cause de la présence de capacités parasites, des précautions seront prises pour éviter le couplage direct des perturbations aux bornes de raccordement.

B.5.2.3 Perturbations basse fréquence

Le domaine d'application principal des transformateurs de tension électroniques est celui des postes à haute tension dans lesquelles le capteur de tension primaire et le convertisseur secondaire peuvent être séparés par des distances importantes. Dans ce cas, les potentiels de terre des deux composantes sont parfois différents. Si la liaison entre le capteur de tension primaire et le convertisseur secondaire s'effectue au moyen d'un câble électrique, celui-ci peut être traversé par un courant perturbateur à fréquence industrielle. Cette perturbation peut induire des signaux parasites, superposés au signal utile et qui peuvent affecter la précision de mesure. Ce phénomène dépend de l'installation sur le site.

B.5.2.4 Recommandations pour l'installation sur site

Les effets des perturbations peuvent être minimisés par une disposition appropriée sur le site. Les éléments suivants sont extrêmement importants:

- le réseau de terre du poste;
- les prises de terre;
- le positionnement des câbles électriques.

En général, l'installation sera effectuée en accord avec les recommandations des normes CEI 61000 qui stipulent les précautions à prendre en matière de CEM.

B.5.3 Considérations relatives à la fiabilité

Selon la technique utilisé dans les transformateurs de tension électroniques, les points importants au regard de la fiabilité seront différents. Ainsi, des essais comme, par exemple, celui du vieillissement accéléré ou d'autres essais thermiques, doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Si le transformateur de tension électronique incorpore un système d'autosurveillance, les défauts repérés seront indiqués par un signal de sortie. Ce signal peut être utilisé pour éviter les déclenchements intempestifs des relais de protection.

B.5.2.2 EMC immunity test methods

B.5.2.2.1 General

Electronic voltage transformers are analogue systems for which it is very difficult to determine the effects of electromagnetic disturbances, i.e. the accuracy class of a measuring electronic voltage transformer is checked with a measuring bridge. The usual EMC test arrangements demand the insertion of decoupling impedances between the electronic voltage transformer and its connected circuits. These impedances can largely contribute to measurement errors. For this reason, it is impossible to perform accuracy class measurements within the EMC test.

B.5.2.2.2 Parasitic effects

Because of parasitic capacitances, precautions must be taken to avoid direct coupling of disturbances to output terminals.

B.5.2.3 Low frequency disturbances

The principal field of application of electronic voltage transformers is that of high-voltage substations in which the primary voltage sensor and the secondary converter may be separated by large distances. In this case the earth potentials of both components may be different. If the link between the primary voltage sensor and the secondary converter is made by means of an electrical cable, this can be traversed by a power frequency disturbance current. This disturbance can induce significant parasitic signals which are superposed on the measuring signal, affecting accuracy. This phenomenon depends on the site installation.

B.5.2.4 Recommendations for site installation

The effects of disturbances can be minimized by an appropriate arrangement on the site. The following points are extremely important:

- the substation's earthing network;
- earthing connections;
- positioning of electrical cables.

In general, the installation shall be performed in agreement with the recommendations of the IEC 61000 series dealing with EMC.

B.5.3 Reliability considerations

Depending on the respective technology used in electronic voltage transformers, the main points concerning reliability will be different. Therefore, exact tests like, for example, burn-in or other thermal tests, are subject to agreement between the manufacturer and the user.

If the electronic voltage transformer includes a self-supervision system, detected failures will be indicated by a signal output. This signal can be used to avoid spurious tripping of the protective relay.

Annexe C (informative)

Bibliographie

- [1] CEI 61000-4-13,— *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux harmoniques et interharmoniques sur l'accès par l'alimentation c.a. – Publication fondamentale en CEM* (à l'étude)
 - [2] CEI 61000-4-29,— *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-29: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tensions sur les ports d'entrée de puissance en courant continu* (à l'étude)
 - [3] EN 50081-2:1993, *Electromagnetic compatibility – Generic immunity standard – Part 2: Industrial environment*
-

Annex C (informative)

Bibliography

- [1] IEC 61000-4-13,— *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Test for immunity to harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port – Basic EMC Publication* (under consideration)
 - [2] IEC 61000-4-29,— *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power ports, immunity tests* (under consideration)
 - [3] EN 50081-2:1993, *Electromagnetic compatibility – Generic immunity standard – Part 2: Industrial environment*
-

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-4923-3



9 782831 849232

ICS 17.220.20
