

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
44-1**

Première édition
First edition
1996-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 1:
Transformateurs de courant**

Instrument transformers –

**Part 1:
Current transformers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 44-1: 1996

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
44-1

Première édition
First edition
1996-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 1:
Transformateurs de courant**

Instrument transformers –

**Part 1:
Current transformers**

© CEI 1996 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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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
2 Définitions.....	10
2.1 Définitions générales.....	10
2.2 Définitions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour mesures.....	14
2.3 Définitions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour protection.....	16
3 Conditions de service normales et spéciales.....	16
3.1 Conditions de service normales.....	16
3.2 Conditions de service spéciales.....	18
3.3 Installation de mise à la terre.....	20
4 Valeurs normales.....	20
4.1 Valeurs normales des courants primaires assignés.....	20
4.2 Valeurs normales des courants secondaires assignés.....	22
4.3 Valeur normale du courant d'échauffement.....	22
4.4 Valeurs normales des puissances de précision.....	22
4.5 Courants de court-circuit assignés.....	22
4.6 Limites d'échauffement.....	22
5 Prescriptions relatives à la conception.....	24
5.1 Prescription relatives à l'isolement.....	24
5.2 Prescriptions mécaniques.....	32
6 Classification des essais.....	34
6.1 Essais de type.....	34
6.2 Essais individuels.....	36
6.3 Essais spéciaux.....	36
7 Essais de type.....	36
7.1 Essais de tenue aux courants de court-circuit.....	36
7.2 Essai d'échauffement.....	38
7.3 Essais au choc sur l'enroulement primaire.....	38
7.4 Essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur.....	40
8 Essais individuels.....	42
8.1 Vérification du marquage des bornes.....	42
8.2 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles.....	42
8.3 Essais de tenue à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaire et secondaires et sur les enroulements secondaires.....	44
8.4 Essai de surtension entre spires.....	44

CONTENTS

	Pages
FOREWORD	7
Clauses	
1 General.....	9
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	9
2 Definitions.....	11
2.1 General definitions	11
2.2 Additional definitions for measuring current transformers	15
2.3 Additional definitions for protective current transformers	17
3 Normal and special service conditions.....	17
3.1 Normal service conditions.....	17
3.2 Special service conditions.....	19
3.3 System earthing	21
4 Ratings	21
4.1 Standard values of rated primary currents.....	21
4.2 Standard values of rated secondary currents	23
4.3 Rated continuous thermal current.....	23
4.4 Standard values of rated output.....	23
4.5 Short-time current ratings	23
4.6 Limits of temperature rise	23
5 Design requirements.....	25
5.1 Insulation requirements.....	25
5.2 Mechanical requirements.....	35
6 Classification of tests	35
6.1 Type tests	37
6.2 Routine tests	37
6.3 Special tests.....	37
7 Type tests	39
7.1 Short-time current tests	39
7.2 Temperature-rise test	39
7.3 Impulse tests on primary winding.....	41
7.4 Wet test for outdoor type transformers	43
8 Routine tests	43
8.1 Verification of terminal markings.....	43
8.2 Power-frequency withstand tests on primary windings and partial discharge measurement	43
8.3 Power-frequency withstand tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings.....	45
8.4 Inter-turn overvoltage test.....	45

Articles	Pages
9 Essais spéciaux	46
9.1 Essai au choc coupé sur l'enroulement primaire	46
9.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique	46
9.3 Essais mécaniques	48
10 Marquage	50
10.1 Marquage des bornes – Règles générales	50
10.2 Marquage des plaques signalétiques	52
11 Prescriptions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour mesures	52
11.1 Désignation de la classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures ...	52
11.2 Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures	52
11.3 Transformateurs à gamme étendue	56
11.4 Essais de type concernant la précision des transformateurs de courant pour mesures	56
11.5 Essais individuels concernant la précision des transformateurs de courant pour mesures ...	56
11.6 Courant de sécurité assigné	56
11.7 Marquage de la plaque signalétique d'un transformateur pour mesures	58
12 Prescriptions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour protection ...	58
12.1 Valeurs normales des facteurs limites de précision	58
12.2 Classes de précision d'un transformateur de courant pour protection	58
12.3 Limites des erreurs des transformateurs de courant pour protection	58
12.4 Erreur de courant et du déphasage – Essais de type et essais individuels des transformateurs de courant pour protection	60
12.5 Erreur composée – Essais de type	60
12.6 Erreur composée – Essais individuels	60
12.7 Marquage de la plaque signalétique d'un transformateur pour protection	62
Figures	64
Annexes	
A Transformateurs de courant pour protection	70
B Essais de chocs coupés multiples	78

Clause	Page
9 Special tests	47
9.1 Chopped impulse test on primary winding	47
9.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor	47
9.3 Mechanical tests	49
10 Markings	51
10.1 Terminal markings – General rules	51
10.2 Rating plate markings	53
11 Additional requirements for measuring current transformers	53
11.1 Accuracy class designation for measuring current transformers	53
11.2 Limits of current error and phase displacement for measuring current transformers	53
11.3 Extended current ratings	57
11.4 Type tests for accuracy of measuring current transformers	57
11.5 Routine tests for accuracy of measuring current transformers	57
11.6 Instrument security current	57
11.7 Marking of the rating plate of a measuring current transformer	57
12 Additional requirements for protective current transformers	59
12.1 Standard accuracy limit factors	59
12.2 Accuracy classes for protective current transformer	59
12.3 Limits of errors for protective current transformers	59
12.4 Type and routine tests for current error and phase displacement of protective current transformers	61
12.5 Type tests for composite error	61
12.6 Routine tests for composite error	61
12.7 Marking of the rating plate of a protective current transformer	63
Figures	65
Annexes	
A Protective current transformers	71
B Multiple chopped impulse test	79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE – Partie 1: Transformateurs de courant

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 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 44-1 a été établie par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

La présente norme annule et remplace la deuxième édition de la CEI 185 parue en 1987, la modification 1 (1990) et l'amendement 2 (1995).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/161/FDIS	38/174/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –**Part 1: Current 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 44-1 has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

This standard cancels and replaces the second edition of IEC 185 published in 1987, amendment 1 (1990) and amendment 2 (1995).

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

FDIS	Report on voting
38/161/FDIS	38/174/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 1: Transformateurs de courant

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 44 est applicable aux transformateurs de courant destinés à être utilisés avec des appareils de mesure électriques et aux transformateurs de courant pour protection, d'usage courant et neufs, la fréquence du courant étant comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Elle s'applique principalement aux transformateurs à enroulements séparés, mais elle est valable aussi, dans la mesure du possible, pour les autotransformateurs.

L'article 11 comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs pour mesures, ceux qui sont indiqués dans les articles 3 à 10.

L'article 12 comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs de courant pour protection, ceux qui sont indiqués dans les articles 3 à 10. Les prescriptions de cet article se rapportent en particulier aux transformateurs devant assurer la protection en conservant une précision suffisante pour des courants valant plusieurs fois le courant assigné.

Pour certains systèmes de protection dans lesquels le transformateur de courant fait partie intégrante du système (par exemple dans les dispositifs de protection différentielle à action rapide ou de protection par courant de terre dans les réseaux à neutre mis à la terre par bobine d'extinction), des prescriptions supplémentaires peuvent être nécessaires.

Les transformateurs de courant pour mesure et protection doivent satisfaire aux prescriptions de tous les articles de la présente norme.

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 44. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 44 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 28: 1925, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50(321): 1986, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 321: Transformateurs de mesure*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 71-1: 1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 85: 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 121: 1960, *Recommandation concernant les fils en aluminium recuit industriel pour conducteurs électriques*

CEI 270: 1981, *Mesure des décharges partielles*

INSTRUMENT TRANSFORMERS – Part 1: Current transformers

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 44 applies to newly manufactured current transformers for use with electrical measuring instruments and electrical protective devices at frequencies from 15 Hz to 100 Hz.

Although the requirements relate basically to transformers with separate windings, they are also applicable, where appropriate, to autotransformers.

Clause 11 covers the requirements and tests, in addition to those in clauses 3 to 10, that are necessary for current transformers for use with electrical measuring instruments.

Clause 12 covers the requirements and tests, in addition to those in clauses 3 to 10, that are necessary for current transformers for use with electrical protective relays, and in particular for forms of protection in which the prime requirement is the maintenance of accuracy up to several times the rated current.

For certain protective systems, where the current transformer characteristics are dependant on the overall design of the protective equipment (for example high-speed balanced systems and earth-fault protection in resonant earthed networks), additional requirements may be necessary.

Current transformers intended for both measurement and protection shall comply with all the clauses of this standard.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 44. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 44 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 28: 1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50(321): 1986, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 321: Instrument transformers*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 71-1: 1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 121: 1960, *Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire*

IEC 270: 1981, *Partial discharge measurements*

CEI 567: 1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

CEI 599: 1978, *Interprétation de l'analyse des gaz dans les transformateurs et autres matériels électriques remplis d'huile, en service*

CEI 721: *Classification des conditions d'environnement*

CEI 815: 1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 44, les définitions suivantes s'appliquent:

2.1 Définitions générales

2.1.1 transformateur de mesure: Transformateur destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs, des relais et autres appareils analogues. [VEI 321-01-01 modifiée]

2.1.2 transformateur de courant: Transformateur de mesure dans lequel le courant secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnel au courant primaire et déphasé par rapport à celui-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions. [VEI 321-02-01]

2.1.3 enroulement primaire: Enroulement traversé par le courant à transformer.

2.1.4 enroulement secondaire: Enroulement qui alimente les circuits de courant des appareils de mesure, des compteurs, des relais et circuits analogues.

2.1.5 circuit secondaire: Circuit extérieur alimenté par l'enroulement secondaire d'un transformateur.

2.1.6 courant primaire assigné: Valeur du courant primaire d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement. [VEI 321-01-11 modifiée]

2.1.7 courant secondaire assigné: Valeur du courant secondaire d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement. [VEI 321-01-15 modifiée]

2.1.8 rapport de transformation: Rapport entre le courant primaire réel et le courant secondaire réel. [VEI 321-01-17 modifiée]

2.1.9 rapport de transformation assigné: Rapport entre le courant primaire assigné et le courant secondaire assigné. [VEI 321-01-19 modifiée]

2.1.10 erreur de courant (erreur de rapport): Erreur que le transformateur introduit dans la mesure d'un courant et qui provient de ce que le rapport de transformation n'est pas égal à la valeur assignée. [VEI 321-01-21 modifiée]

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

$$\text{Erreur de courant \%} = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

où

K_n est le rapport de transformation assigné;

I_p est le courant primaire donné;

I_s est le courant secondaire correspondant à I_p dans les conditions de la mesure.

2.1.11 déphasage: Différence de phase entre les courants primaire et secondaire, le sens des vecteurs étant choisi de façon que l'angle soit nul pour un transformateur parfait. [VEI 321-01-23 modifiée]

IEC 567: 1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

IEC 599: 1978, *Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service*

IEC 721: *Classification of environmental conditions*

IEC 815: 1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

2 Definitions

For the purpose of this part of IEC 44, the following definitions apply:

2.1 General definitions

2.1.1 instrument transformer: A transformer intended to supply measuring instruments, meters, relays and other similar apparatus. [IEV 321-01-01 modified]

2.1.2 current transformer: An instrument transformer in which the secondary current, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary current and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections. [IEV 321-02-01]

2.1.3 primary winding: The winding through which flows the current to be transformed.

2.1.4 secondary winding: The winding which supplies the current circuits of measuring instruments, meters, relays or similar apparatus.

2.1.5 secondary circuit: The external circuit supplied by the secondary winding of a transformer.

2.1.6 rated primary current: The value of the primary current on which the performance of the transformer is based. [IEV 321-01-11 modified]

2.1.7 rated secondary current: The value of the secondary current on which the performance of the transformer is based. [IEV 321-01-15 modified]

2.1.8 actual transformation ratio: The ratio of the actual primary current to the actual secondary current. [IEV 321-01-17 modified]

2.1.9 rated transformation ratio: The ratio of the rated primary current to the rated secondary current. [IEV 321-01-19 modified]

2.1.10 current error (ratio error): The error which a transformer introduces into the measurement of a current and which arises from the fact that the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio. [IEV 321-01-21 modified]

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

$$\text{Current error \%} = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

where

K_n is the rated transformation ratio;

I_p is the actual primary current;

I_s is the actual secondary current when I_p is flowing, under the conditions of measurement.

2.1.11 phase displacement: The difference in phase between the primary and secondary current vectors, the direction of the vectors being so chosen that the angle is zero for a perfect transformer. [IEV 321-01-23 modified]

Le déphasage est considéré comme positif lorsque le vecteur courant secondaire est en avance sur le vecteur courant primaire; il est exprimé habituellement en minutes ou en centiradians.

NOTE – Cette définition n'est rigoureuse qu'en courants sinusoïdaux.

2.1.12 classe de précision: Désignation appliquée à un transformateur de courant dont les erreurs restent dans des limites spécifiées pour des conditions d'emploi spécifiées.

2.1.13 charge: Impédance du circuit secondaire exprimée en ohms avec indication du facteur de puissance.

La charge est généralement caractérisée par la puissance apparente absorbée, en voltampères, à un facteur de puissance indiqué et pour le courant secondaire assigné.

2.1.14 charge de précision: Valeur de la charge sur laquelle sont basées les conditions de précision.

2.1.15 puissance de précision: Puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié) que le transformateur peut fournir au circuit secondaire pour le courant secondaire assigné et la charge de précision.

2.1.16 tension la plus élevée pour le matériel: Tension efficace entre phases la plus élevée pour laquelle est conçue l'isolation du transformateur

2.1.17 niveau d'isolement assigné: Combinaison des valeurs de tension qui caractérise l'isolation du transformateur en ce qui concerne son aptitude à résister aux contraintes diélectriques.

2.1.18 réseau à neutre isolé: Réseau dont aucun point neutre n'a de connexion intentionnelle avec la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure. [VEI 601-02-24]

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

2.1.20 réseau à neutre non directement à la terre: Réseau dont le ou les points 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]

2.1.21 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]

NOTE – Pour un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité à tel point qu'un arc de défaut dans l'air est généralement auto-extinguible.

2.1.22 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]

2.1.23 réseau à neutre mis à la terre: Réseau dont le neutre est connecté à la terre, soit directement, soit à travers une résistance ou une réactance suffisamment faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection par courant de terre:

a) le neutre est dit effectivement à la terre si, quel que soit l'emplacement du défaut, le facteur de défaut à la terre ne dépasse pas 1,4;

NOTE – Ce résultat est obtenu approximativement si, quelle que soit la configuration du réseau, le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à l'unité.

b) le neutre est non effectivement à la terre si, lors d'un défaut à la terre, le facteur de défaut à la terre est supérieur à 1,4.

The phase displacement is said to be positive when the secondary current vector leads the primary current vector. It is usually expressed in minutes or centiradians.

NOTE – This definition is strictly correct for sinusoidal currents only.

2.1.12 accuracy class: A designation assigned to a current transformer the errors of which remain within specified limits under prescribed conditions of use.

2.1.13 burden: The impedance of the secondary circuit in ohms and power-factor.

The burden is usually expressed as the apparent power in voltamperes absorbed at a specified power-factor and at the rated secondary current.

2.1.14 rated burden: The value of the burden on which the accuracy requirements of this specification are based.

2.1.15 rated output: The value of the apparent power (in voltamperes at a specified power-factor) which the transformer is intended to supply to the secondary circuit at the rated secondary current and with rated burden connected to it.

2.1.16 highest voltage for equipment: The highest r.m.s. phase-to-phase voltage for which a transformer is designed in respect of its insulation.

2.1.17 rated insulation level: The combination of voltage values which characterizes the insulation of a transformer with regard to its capability to withstand dielectric stresses.

2.1.18 isolated neutral system: A system where the neutral point is not intentionally connected to earth, except for high impedance connections for protection or measurement purposes. [IEV 601-02-24]

2.1.19 solidly earthed neutral system: A system whose neutral point(s) is(are) earthed directly. [IEV 601-02-25]

2.1.20 impedance earthed (neutral) system: A system whose neutral point(s) is(are) earthed through impedances to limit earth fault currents. [IEV 601-02-26]

2.1.21 resonant earthed (neutral) system: A 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]

NOTE – With resonant earthing of a system, the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is usually self-extinguishing.

2.1.22 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. 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]

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

a) a system with effectively-earthed neutral at a given location is a system characterized by an earth fault factor at this point which does not exceed 1,4;

NOTE – This condition is obtained in general when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to positive-sequence reactance is less than 3 and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than 1.

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

2.1.24 installation en situation exposée: Installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique.

NOTE – Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, directement ou par l'intermédiaire d'un câble de faible longueur.

2.1.25 installation en situation non exposée: Installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique.

NOTE – Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains.

2.1.26 fréquence assignée: Valeur de la fréquence sur laquelle sont basées les prescriptions de la présente norme.

2.1.27 courant de court-circuit thermique assigné (I_{th}): Valeur efficace du courant primaire que le transformateur peut supporter pendant 1 s, son secondaire étant mis en court-circuit, sans qu'il subisse de dommage.

2.1.28 courant dynamique assigné (I_{dyn}): Valeur de crête du courant primaire que le transformateur peut supporter sans subir de dommages électriques ou mécaniques du fait des efforts électromagnétiques qui en résultent, le secondaire étant mis en court-circuit.

2.1.29 courant d'échauffement ou courant thermique continu assigné: Valeur du courant qui peut passer indéfiniment dans l'enroulement primaire, l'enroulement secondaire débitant sur la charge de précision, sans que l'échauffement dépasse les valeurs spécifiées.

2.1.30 courant d'excitation: Valeur efficace du courant qui traverse l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant, lorsqu'on applique entre les bornes secondaires une tension sinusoïdale de fréquence assignée, l'enroulement primaire et tous les autres enroulements étant à circuit ouvert.

2.1.31 erreur composée*: En régime permanent, la valeur efficace de la différence entre:

- a) les valeurs instantanées du courant primaire, et
- b) le produit du rapport de transformation assigné par les valeurs instantanées du courant secondaire,

les sens positifs des courants primaire et secondaire correspondant aux conventions admises pour le marquage des bornes.

L'erreur composée ϵ_c est exprimée en général en pour-cent de la valeur efficace du courant primaire selon la formule:

$$\epsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

où

- K_n est le rapport de transformation assigné;
- I_p est la valeur efficace du courant primaire;
- i_p est la valeur instantanée du courant primaire;
- i_s est la valeur instantanée du courant secondaire;
- T est la valeur de la période des courants.

2.2 Définitions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour mesures

2.2.1 transformateur de courant pour mesures: Transformateur de courant destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs et autres appareils analogues.

* Voir annexe A.

2.1.24 exposed installation: An 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.

2.1.25 non-exposed installation: An installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin.

NOTE – Such installations are usually connected to cable networks.

2.1.26 rated frequency: The value of the frequency on which the requirements of this standard are based.

2.1.27 rated short-time thermal current (I_{th}): The r.m.s. value of the primary current which a transformer will withstand for one second without suffering harmful effects, the secondary winding being short-circuited.

2.1.28 rated dynamic current (I_{dyn}): The peak value of the primary current which a transformer will withstand, without being damaged electrically or mechanically by the resulting electromagnetic forces, the secondary winding being short-circuited.

2.1.29 rated continuous thermal current: The value of the current which can be permitted to flow continuously in the primary winding, the secondary winding being connected to the rated burden, without the temperature rise exceeding the values specified.

2.1.30 exciting current: The r.m.s. value of the current taken by the secondary winding of a current transformer, when a sinusoidal voltage of rated frequency is applied to the secondary terminals, the primary and any other windings being open-circuited.

2.1.31 composite error*: Under steady-state conditions, the r.m.s. value of the difference between:

- a) the instantaneous values of the primary current, and
- b) the instantaneous values of the actual secondary current multiplied by the rated transformation ratio, the positive signs of the primary and secondary currents corresponding to the convention for terminal markings.

The composite error ε_c is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the formula:

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

where

K_n is the rated transformation ratio;

I_p is the r.m.s. value of the primary current;

i_p is the instantaneous value of the primary current;

i_s is the instantaneous value of the secondary current;

T is the duration of one cycle.

2.2 Additional definitions for measuring current transformers

2.2.1 measuring current transformer: A current transformer intended to supply indicating instruments, integrating meters and similar apparatus.

* See annexe A.

2.2.2 courant limite assigné (pour les appareils de mesure) (IPL): Valeur du courant primaire minimal pour lequel l'erreur composée du transformateur de courant pour mesures est égale ou supérieure à 10 %, la charge secondaire étant égale à la charge de précision.

NOTE – Il convient que l'erreur composée soit plus grande que 10 % pour protéger les appareils de mesure alimentés par le transformateur contre les courants de valeurs élevées apparaissant en cas de court-circuit dans le réseau.

2.2.3 facteur de sécurité (pour les appareils de mesure) (FS): Rapport entre le courant limite primaire assigné pour l'appareil et le courant primaire assigné.

NOTE – La sécurité des appareils alimentés par le transformateur est d'autant plus grande, en cas de court-circuit dans le réseau où est intercalé l'enroulement primaire, que le facteur de sécurité (FS) est plus petit.

2.2.4 force électromotrice limite secondaire: Produit du facteur de sécurité FS par le courant secondaire assigné et par la somme vectorielle de la charge de précision et de l'impédance de l'enroulement secondaire.

NOTES

1 La méthode de calcul de la force électromotrice limite secondaire conduit à une valeur supérieure à la valeur réelle. Elle a été choisie en vue d'appliquer la même méthode d'essai qu'en 11.6 et 12.5 relatifs aux transformateurs de courant pour protection.

D'autres méthodes peuvent être utilisées suivant accord entre le constructeur et l'acheteur.

2 Dans le calcul de la force électromotrice limite secondaire, la résistance de l'enroulement secondaire doit être corrigée à la température de 75 °C.

2.3 Définitions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour protection

2.3.1 transformateur de courant pour protection: Transformateur de courant destiné à alimenter des relais de protection.

2.3.2 courant limite de précision assigné: Valeur la plus élevée du courant primaire pour laquelle le transformateur doit satisfaire aux prescriptions concernant l'erreur composée.

2.3.3 facteur limite de précision: Rapport entre le courant limite de précision assigné et le courant primaire assigné.

2.3.4 force électromotrice limite secondaire: Produit du facteur limite de précision par le courant secondaire assigné et par la somme vectorielle de la charge de précision et de l'impédance de l'enroulement secondaire.

3 Conditions de service normales et spéciales

Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données dans la série des CEI 721.

3.1 Conditions de service normales

3.1.1 Température d'air ambiante

Les transformateurs de courant sont classés en trois catégories comme indiqué au tableau 1.

Tableau 1 – Catégories de température

Catégorie	Température minimale °C	Température maximale °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.		

2.2.2 rated instrument limit primary current (IPL): The value of the minimum primary current at which the composite error of the measuring current transformer is equal to or greater than 10 %, the secondary burden being equal to the rated burden.

NOTE – The composite error should be greater than 10 %, in order to protect the apparatus supplied by the instrument transformer against the high currents produced in the event of system fault.

2.2.3 instrument security factor (FS): The ratio of rated instrument limit primary current to the rated primary current.

NOTE – In the event of system fault currents flowing through the primary winding of a current transformer, the safety of the apparatus supplied by the transformer is greatest when the value of the rated instrument security factor (FS) is small.

2.2.4 secondary limiting e.m.f.: The product of the instrument security factor FS, the rated secondary current and the vectorial sum of the rated burden and the impedance of the secondary winding.

NOTES

- 1 The method by which the secondary limiting e.m.f. is calculated will give a higher value than the real one. It was chosen in order to apply the same test method as in 11.6 and 12.5 for protective current transformers. Other methods may be used by agreement between manufacturer and purchaser.
- 2 For calculating the secondary limiting e.m.f., the secondary winding resistance should be corrected to a temperature of 75 °C.

2.3 Additional definitions for protective current transformers

2.3.1 protective current transformer: A current transformer intended to supply protective relays.

2.3.2 rated accuracy limit primary current: The value of primary current up to which the transformer will comply with the requirements for composite error.

2.3.3 accuracy limit factor: The ratio of the rated accuracy limit primary current to the rated primary current.

2.3.4 secondary limiting e.m.f.: The product of the accuracy limit factor, the rated secondary current and the vectorial sum of the rated burden and the impedance of the secondary winding.

3 Normal and special service conditions

Detailed information concerning classification of environmental conditions is given in the IEC 721 series.

3.1 Normal service conditions

3.1.1 Ambient air temperature

The current transformers are classified in three categories as given in table 1.

Table 1 – Temperature categories

Category	Minimum temperature °C	Maximum temperature °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
NOTE – In the choice of the temperature category, storage and transportation conditions should be also considered.		

3.1.2 Altitude

L'altitude est inférieure à 1000 m.

3.1.3 Vibrations ou tremblements de terre

Les vibrations dues à des causes externes au transformateur de courant ou aux tremblements de terre sont négligeables.

3.1.4 Autres conditions de service pour des transformateurs de courant du 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.

NOTES

- 1 On peut s'attendre à de la condensation lors de brusques changements de température se produisant dans des périodes de forte humidité.
- 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 courant conçus pour de telles conditions.
- 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.

3.1.5 Autres conditions de service pour des transformateurs de courant du 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 plus de 24 h, ne dépasse pas 35 °C;
- b) il convient de tenir compte du rayonnement solaire jusqu'à un niveau de 1000 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.

Les niveaux de pollution sont donnés au tableau 7.

- d) la pression due au 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.

3.2 Conditions de service spéciales

Lorsque des transformateurs de courant peuvent être utilisés dans des conditions différentes des conditions normales de service données en 3.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent à des seuils normalisés comme suit.

3.1.2 *Altitude*

The altitude does not exceed 1000 m.

3.1.3 *Vibrations or earth tremors*

Vibrations due to causes external to the current transformer or earth tremors are negligible.

3.1.4 *Other service conditions for indoor current transformers*

Other service conditions considered are the following:

- 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.

NOTES

- 1 Condensation can be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.
- 2 To withstand the effects of high humidity and condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, current transformers designed for such conditions should be used.
- 3 Condensation may be prevented by special design of the housing, by suitable ventilation and heating or by the use of dehumidifying equipment.

3.1.5 *Other service conditions for outdoor current transformers*

Other service conditions considered are:

- a) 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 1000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered;
- c) the ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gas, vapours or salt.

The pollution levels are given in table 7;

- d) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed);
- e) account should be taken of the presence of condensation or precipitation.

3.2 *Special service conditions*

When current transformers may be used under conditions different from the normal service conditions given in 3.1, the user's requirements should refer to standardized steps as follows.

3.2.1 Température ambiante

Pour les installations situées là où la température ambiante peut s'écarter de manière significative des gammes de conditions de service normale fixées en 3.1.1, 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 et 50 °C pour les climats très chauds.

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 en intérieur.

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

3.2.2 Altitude

Pour des installations à une altitude supérieure à 1000 m, la distance d'arc dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée en multipliant les tensions de tenue requises en condition de service par un facteur k selon la figure 1.

NOTE – 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.

3.2.3 Tremblements de terre

Des règles et des essais sont à l'étude.

3.3 Installation de mise à la terre

Les installations de mise à la terre considérées sont:

- a) réseau à neutre isolé (voir 2.1.20);
- b) réseau à neutre mis à la terre par bobine d'extinction (voir 2.1.23);
- c) réseau à neutre mis à la terre (voir 2.1.25):
 - 1) réseau à neutre mis directement à la terre (voir 2.1.21);
 - 2) réseau à neutre mis à la terre par impédance (voir 2.1.22).

4 Valeurs normales

4.1 Valeurs normales des courants primaires assignés

4.1.1 Transformateurs à un seul rapport de transformation

Les valeurs normales des courants primaires assignés sont:

10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 A.

et leurs multiples ou sous-multiples décimaux.

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

4.1.2 Transformateurs à plusieurs rapports de transformation

Les valeurs normales figurant au 4.1.1 s'appliquent au plus petit courant primaire assigné.

3.2.1 Ambient air temperature

For installation in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 3.1.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be:

- –50 °C and 40 °C for very cold climates;
- –5 °C and 50 °C for very hot climates.

In certain regions with 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, or derating may be used, in order not to exceed the specified temperature rises.

3.2.2 Altitude

For installation at an altitude higher than 1000 m, the arcing distance under the standardized reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the withstand voltages required at the service location by a factor k in accordance with figure 1.

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

3.2.3 Earthquakes

Requirements and testing are under consideration.

3.3 System earthing

The considered system earthings are:

- a) isolated neutral system (see 2.1.20);
- b) resonant earthed system (see 2.1.23);
- c) earthed neutral system (see 2.1.25):
 - 1) solidly earthed neutral system (see 2.1.21);
 - 2) impedance earthed neutral system (see 2.1.22).

4 Ratings

4.1 Standard values of rated primary currents

4.1.1 Single-ratio transformers

The standard values of rated primary currents are:

10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 A,

and their decimal multiples or fractions.

The preferred values are those underlined.

4.1.2 Multi-ratio transformers

The standard values given in 4.1.1 refer to the lowest values of rated primary current.

4.2 Valeurs normales des courants secondaires assignés

Les valeurs normales des courants secondaires assignés sont 1 A, 2 A et 5 A, cette dernière valeur étant préférentielle.

NOTE – Pour des transformateurs couplés en triangle, les valeurs précédentes divisées par $\sqrt{3}$ sont aussi des valeurs normales.

4.3 Valeur normale du courant d'échauffement

Sauf indications contraires, le courant d'échauffement est égal au courant primaire assigné (voir 11.3).

4.4 Valeurs normales des puissances de précision

Les valeurs normales des puissances de précision jusqu'à 30 VA sont:

2,5 – 5,0 – 10 – 15 et 30 VA.

Au-delà de 30 VA, des valeurs de puissances de précision peuvent être choisies de façon à répondre aux besoins.

NOTE – Pour un transformateur donné, pourvu qu'il ait une puissance de précision normale correspondant à une classe normale, d'autres valeurs de puissances de précision qui pourraient ne pas être normales, mais correspondant à des classes normales, peuvent également être indiquées.

4.5 Courants de court-circuit assignés

Les transformateurs de courant à primaire bobine ou formé d'un seul conducteur doivent satisfaire aux prescriptions des 4.5.1 et 4.5.2.

4.5.1 Courant de court-circuit thermique assigné (I_{th})

Pour chaque transformateur, la valeur assignée du courant de court-circuit thermique doit être spécifiée (voir 2.1.25).

4.5.2 Valeur normale du courant dynamique assigné (I_{dyn})

La valeur normale du courant dynamique assigné doit être à 2,5 I_{th} . La valeur de I_{dyn} ne doit être indiquée sur la plaque signalétique que si elle est différente de cette valeur (voir 2.1.26).

4.6 Limites d'échauffement

L'échauffement d'un transformateur de courant parcouru par un courant primaire égal à son courant d'échauffement, l'enroulement secondaire alimentant une charge égale à la charge de précision avec un facteur de puissance unité, ne doit pas dépasser la valeur appropriée du tableau 2. Ces valeurs supposent que le transformateur est destiné à fonctionner dans les conditions de service indiquées à l'article 3.

S'il est prévu que la température de l'air ambiant pourrait dépasser les valeurs indiquées en 3.1, l'échauffement indiqué dans le tableau 2 doit être réduit d'une valeur égale à l'excès de température ambiante.

Si le transformateur est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1000 m, les essais étant faits à une altitude inférieure à 1000 m, les limites d'échauffement données dans le tableau 2 doivent être réduites dans les proportions suivantes, par 100 m d'altitude du lieu de fonctionnement au-dessus de 1000 m:

- a) transformateurs immergés dans l'huile 0,4 %;
- b) transformateurs à sec 0,5 %.

4.2 *Standard values of rated secondary currents*

The standard values of rated secondary currents are 1 A, 2 A and 5 A, but the preferred value is 5 A.

NOTE – For transformers intended for delta-connected groups, these ratings divided by $\sqrt{3}$ are also standard values.

4.3 *Rated continuous thermal current*

Unless otherwise specified, the rated continuous thermal current shall be the rated primary current (see 11.3).

4.4 *Standard values of rated output*

The standard values of rated output up to 30 VA are:

2,5 – 5,0 – 10 – 15 and 30 VA.

Values above 30 VA may be selected to suit the application.

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

4.5 *Short-time current ratings*

Current transformers supplied with a fixed primary winding or conductor shall comply with the requirements of 4.5.1 and 4.5.2.

4.5.1 *Rated short-time thermal current (I_{th})*

A rated short-time thermal current (I_{th}) shall be assigned to the transformer (see 2.1.25).

4.5.2 *Rated dynamic current (I_{dyn})*

The value of the rated dynamic current (I_{dyn}) shall normally be 2.5 times the rated short-time thermal current (I_{th}) and it shall be indicated on the rating plate when it is different from this value (see 2.1.26).

4.6 *Limits of temperature rise*

The temperature rise of a current transformer when carrying a primary current equal to the rated continuous thermal current, with a unity power-factor burden corresponding to the rated output, shall not exceed the appropriate value given in table 2. These values are based on the service conditions given in clause 3.

If ambient temperatures in excess of the values given in 3.1 are specified, the permissible temperature rise in table 2 shall be reduced by an amount equal to the excess ambient temperature.

If a transformer is specified for service at an altitude in excess of 1000 m, and tested at an altitude below 1000 m, the limits of temperature rise given in table 2 shall be reduced by the following amounts for each 100 m that the altitude at the operating site exceeds 1000 m:

- a) oil immersed transformers 0,4 %;
- b) dry-type transformers 0,5 %.

L'échauffement des enroulements est limité par la classe la plus basse d'isolation soit de l'enroulement même soit du milieu dans lequel il est noyé.

Les limites d'échauffement admissibles pour chaque classe d'isolation sont indiquées dans le tableau 2.

Tableau 2 – Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la CEI 85)	Limites d'échauffement K
Toutes les classes, les enroulements étant immergés dans l'huile	60
Toutes les classes, les enroulements étant immergés dans l'huile et hermétiquement scellés	65
Toutes les classes, les enroulements étant noyés dans une masse isolante bitumineuse	50
Enroulements non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse bitumineuse, des classes suivantes:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
NOTE – Pour certaines matières isolantes (par exemple résine), il convient que le constructeur indique la classe d'isolation applicable.	

Lorsque le transformateur est muni d'un conservateur d'huile ou lorsque l'huile est surmontée d'un gaz inerte ou lorsque le transformateur est hermétiquement fermé, l'échauffement de l'huile à sa partie supérieure, la mesure étant effectuée dans la cuve, ne doit pas dépasser 55 K.

S'il n'existe aucune des dispositions précédentes, l'échauffement de l'huile à sa partie supérieure ne doit pas dépasser 50 K.

L'échauffement mesuré à la surface du circuit magnétique et des autres parties métalliques en contact avec des enroulements ou des isolants, ou à leur voisinage immédiat, ne doit pas dépasser les valeurs admises du tableau 2.

5 Prescriptions relatives à la conception

5.1 Prescription relatives à l'isolement

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

5.1.1 Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires

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

Dans le cas d'un transformateur de courant sans enroulement primaire et sans isolation primaire propre, la valeur de U_m est supposée être égale à 0,72 kV

The temperature rise of the windings is limited by the lowest class of insulation, either of the winding itself, or of the surrounding medium in which it is embedded. The maximum temperature rises of the insulation classes are as given in table 2.

Table 2 – Limits of temperature rise of the windings

Class of insulation (in accordance with IEC 85)	Maximum temperature rise K
All classes immersed in oil	60
All classes immersed in oil and hermetically sealed	65
All classes immersed in bituminous compound	50
Classes not immersed in oil or bituminous compound:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
NOTE – With some products (e.g. resin) the manufacturer should specify the relevant insulation class.	

When the transformer is fitted with a conservator tank, has an inert gas above the oil, or is hermetically sealed, the temperature rise of the oil at the top of the tank or housing shall not exceed 55 K.

When the transformer is not so fitted or arranged, the temperature rise of the oil at the top of the tank or housing shall not exceed 50 K.

The temperature rise measured on the external surface of the core and other metallic parts where in contact with, or adjacent to, insulation shall not exceed the appropriate value in table 2.

5 Design requirements

5.1 Insulation requirements

These requirements apply to all types of current transformer insulation. For gas insulated current transformers, supplementary requirements may be necessary (under consideration).

5.1.1 Rated insulation levels for primary windings

The rated insulation level of a primary winding of a current transformer shall be based on its highest voltage for equipment U_m .

For a current transformer without primary winding and without primary insulation of its own, the value $U_m = 0,72$ kV is assumed.

5.1.1.1 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m 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 3.

5.1.1.2 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m 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 3.

En ce qui concerne le choix entre les différents niveaux pour la même valeur de U_m , voir la CEI 71-1.

5.1.1.3 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par les tensions de tenue assignées au choc de manœuvre et au choc de foudre 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 71-1.

Tableau 3 – Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateur avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m inférieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête)
kV	kV	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	1050

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

5.1.1.1 For windings having $U_m = 0,72$ kV or 1,2 kV, the rated insulation level is determined by the rated power-frequency withstand voltage, according to table 3.

5.1.1.2 For windings having $U_m = 3,6$ kV and greater 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 3.

For the choice between the alternative levels for the same value of U_m , see IEC 71-1.

5.1.1.3 For windings having U_m greater than or equal to 300 kV, the rated insulation level is determined by the rated switching and lightning impulse withstand voltages, and shall be chosen in accordance with table 4.

For the choice between the alternative levels for the same value of U_m , see IEC 71-1.

Table 3 – Rated insulation levels for transformer primary windings 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	1050

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

Tableau 4 – Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateur avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de manoeuvre (valeur de crête) kV	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV
300	750	950
	850	1050
362	850	1050
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
525	1050	1425
	1175	1550
765	1425	1950
	1550	2100
NOTES 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir les niveaux d'isolement les plus élevés. 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'ont pas encore été décidés définitivement, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manoeuvre et au choc de foudre peuvent devenir nécessaires.		

5.1.2 Autres prescriptions pour l'isolement des enroulements primaires

5.1.2.1 Tension de tenue à fréquence industrielle

Les enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV doivent, conformément au tableau 5, supporter la tension de tenue à fréquence industrielle correspondant à la tension de tenue au choc de foudre choisie.

5.1.2.2 Décharges partielles

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

Les niveaux de décharges partielles ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 6, pour les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures de 8.2.2.

Tableau 5 – Tensions de tenue à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure 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
1050	460
1175	510
1300	570
1425	630
1550	680
1950	880
2100	975

Table 4 – Rated insulation levels for transformer primary windings 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	1050
362	850	1050
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
525	1050	1425
	1175	1550
765	1425	1950
	1550	2100

NOTES

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

5.1.2 Other requirements for primary winding insulation

5.1.2.1 Power-frequency withstand voltage

Windings having 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 5.

5.1.2.2 Partial discharges

Partial discharge requirements are applicable to current transformers having U_m not less than 7,2 kV.

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in table 6, at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a prestressing performed according to the procedures of 8.2.2.

Table 5 – Power frequency withstand voltages for transformer primary windings 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
1050	460
1175	510
1300	570
1425	630
1550	680
1950	880
2100	975

Tableau 6 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles

Type de mise à la terre du réseau	Tension d'essai de décharges partielles (valeur efficace) 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 $\leq 1,5$)	U_m $1,2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de mise à la terre $> 1,5$)	$1,2 U_m$ $1,2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
NOTES 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. 2 Le niveau admissible de décharges partielles est aussi valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée.			

5.1.2.3 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.

5.1.2.4 Capacité et facteur de dissipation diélectrique

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

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

NOTES

- 1 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent être l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.
- 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.

5.1.2.5 Chocs coupés multiples

Si cela est convenu en complément, l'enroulement primaire des transformateurs de courant immergés dans l'huile et de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV doit pouvoir supporter des chocs coupés multiples pour contrôler le comportement aux contraintes à haute fréquence attendues en service.

En l'absence d'une expérience suffisante pour proposer un programme d'essai définitif et des critères d'acceptation, seules des informations sur une procédure possible d'essai sont données dans la présente norme, en annexe B. La preuve que la conception est appropriée est laissée au constructeur.

NOTE – Il convient d'examiner particulièrement la conception en ce qui concerne les écrans internes et les connexions parcourues par les courants transitoires.

Table 6 – Partial discharge test voltages and permissible levels

Type of earthing of the system	PD test voltage (r.m.s.) kV	Permissible PD level pC	
		Type of insulation	
		immersed in liquid	solid
Earthed neutral system (earth fault factor $\leq 1,5$)	U_m $1,2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
Isolated or non effectively earthed neutral system (earth fault factor $> 1,5$)	$1,2 U_m$ $1,2 U_m / \sqrt{3}$	10 5	50 20
NOTES 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non effectively earthed systems are valid. 2 The permissible PD level is also valid for frequencies different from rated frequency.			

5.1.2.3 Chopped lightning impulse

If additionally specified, the primary winding shall also be capable of withstanding a chopped lightning impulse voltage having a peak value of 115 % of the full lightning impulse voltage.

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

5.1.2.4 Capacitance and dielectric dissipation factor

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

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

NOTES

- 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.
- 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 ambient temperature normally does not exceed 0,005.

5.1.2.5 Multiple chopped impulses

If additionally agreed, the primary winding of oil-immersed CTs having $U_m \geq 300$ kV shall be capable of withstanding multiple chopped impulses for checking the behaviour to high-frequency stresses expected in operation.

As there is not enough experience to propose a definitive test programme and acceptance criteria, in this standard only some information is given in annex B on a possible test procedure. The proof that the design is adequate is left to the manufacturer.

NOTE – The design should be particularly examined with respect to internal shields and connections carrying transient currents.

5.1.3 Prescriptions d'isolement entre sections

Dans le cas des enroulements primaires et secondaires divisés en deux sections ou plus, la tension de tenue assignée à fréquence industrielle de l'isolation entre sections doit être de 3 kV (valeur efficace).

5.1.4 Prescriptions d'isolement pour les enroulements secondaires

La tension de tenue assignée à fréquence industrielle des enroulements secondaires doit être de 3 kV (valeur efficace).

5.1.5 Prescriptions d'isolement entre spires

La tension de tenue assignée de l'isolation entre spires doit être de 4,5 kV en valeur de crête.

Pour certains types de transformateur, des valeurs plus faibles peuvent être acceptées conformément à la procédure d'essai indiquée en 8.4.

NOTE – Par suite de la procédure d'essai, la forme d'onde peut être fortement déformée.

5.1.6 Prescriptions pour l'isolation externe

5.1.6.1 Pollution

Dans le cas des transformateurs de courant pour l'extérieur, avec des isolateurs en céramique susceptibles de pollution, les lignes de fuite pour des niveaux de pollution donnés sont indiquées dans le tableau 7.

Tableau 7 – Longueurs de la ligne de fuite

Niveau de pollution		Valeur nominale minimale de la ligne de fuite spécifique (mm/kV ^{1) 2)}	<u>Ligne de fuite</u> Distance d'arc
I	Léger	16	≤ 3,5
II	Moyen	20	
III	Fort	25	≤ 4,0
IV	Très fort	31	

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 CEI 71-1).

2) Pour d'autres informations et pour les tolérances de fabrication sur la ligne de fuite, voir la CEI 815.

NOTES

1 Il est reconnu que les performances de l'isolation de surface sont fortement affectées par la forme de l'isolateur.

2 Dans les régions très légèrement polluées, des lignes de fuite spécifiques 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.

3 Dans des cas de sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite spécifique 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 spécifique peut être utilisée mais, dans certains cas, l'utilisation du lavage peut être envisagée.

5.2 Prescriptions mécaniques

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

Le tableau 8 donne des informations sur les charges statiques que les transformateurs de courant doivent pouvoir supporter. Les valeurs comprennent les charges dues au vent et à la glace.

5.1.3 Between-section insulation requirements

For primary and secondary windings divided in two or more sections, the rated power-frequency withstand voltage of the insulation between sections shall be 3 kV (r.m.s.).

5.1.4 Insulation requirements for secondary windings

The rated power-frequency withstand voltage for secondary windings insulation shall be 3 kV (r.m.s.).

5.1.5 Inter-turn insulation requirements

The rated withstand voltage for inter-turn insulation shall be 4,5 kV peak.

For some types of transformers, lower values can be accepted in accordance with the test procedure given in 8.4.

NOTE – Due to the test procedure, the waveshape may be highly distorted.

5.1.6 Requirements for the external insulation

5.1.6.1 Pollution

For outdoor current transformers with ceramic insulators susceptible to contamination, the creepage distances for given pollution levels are given in table 7.

Table 7 – Creepage distances

Pollution level		Minimum nominal specific creepage distance mm/kV ^{1) 2)}	<u>Creepage distance</u> 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 71-1).

2) For other information and manufacturing tolerances on the creepage distance, see IEC 815.

NOTES

1 It is recognized that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape.

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.

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.

5.2 Mechanical requirements

These requirements apply only to current transformers having a highest voltage for equipment of 72,5 kV and above.

In table 8 guidance is given on the static loads that current transformers shall be capable withstanding. The figures include loads due to wind and ice.

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

Tableau 8 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel U_m kV	Charge de tenue statique F_R N	
	Charge classe I	Charge classe II
72,5 à 100	1250	2500
123 à 170	2000	3000
245 à 362	2500	4000
≥ 420	4000	6000
NOTES 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. 2 Il convient que les transformateurs de courant supportent des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple lors de courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge d'essai de tenue statique. 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 Classification des essais

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

Essai de type

Essai effectué 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 peut également être considéré comme valable s'il est exécuté sur un transformateur qui présente des différences mineures. De telles différences devront faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Essai individuel

Essai auquel est soumis individuellement chaque transformateur.

Essai spécial

Essai autre qu'un essai de type ou un essai individuel, dont le constructeur et l'acheteur sont convenus.

6.1 Essais de type

Les essais suivants sont des essais de type; pour les détails il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- essais de tenue au courant de court-circuit (voir article 7.1);
- essai d'échauffement (voir 7.2);
- essai au choc de foudre (voir 7.3.2);
- essai au choc de manoeuvre (voir 7.3.3);
- essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur (voir 7.4);
- détermination des erreurs (voir 11.4 et/ou 12.4, 11.6, 12.5).

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

Table 8 – Static withstand test loads

Highest voltage for equipment U_m kV	Static withstand loads F_R N	
	Load class I	Load class II
72,5 to 100	1250	2500
123 to 170	2000	3000
245 to 362	2500	4000
≥ 420	4000	6000
NOTES 1 The sum of the loads acting in routine operating conditions should not exceed 50 % of the specified withstand test load. 2 Current transformers should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short circuits) not exceeding 1,4 times the static withstand test load. 3 For some applications, it may be necessary to establish the resistance to rotation of the primary terminals. The moment to be applied during test shall be agreed between manufacturer and purchaser.		

6 Classification of tests

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

Type test

A test made on a transformer of each type 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 if it is made on a transformer which has minor deviations. Such deviations should be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

Routine test

A test to which each individual transformer is subjected.

Special test

A test other than a type test or a routine test, agreed on by manufacturer and purchaser.

6.1 Type tests

The following tests are type tests; for details reference should be made to the relevant subclauses:

- short-time current tests (see 7.1);
- temperature rise test (see 7.2);
- lightning impulse test (see 7.3.2);
- switching impulse test (see 7.3.3);
- wet test for outdoor type transformers (see 7.4);
- determination of errors (see 11.4 and/or 12.4, 11.6, 12.5).

Il convient que tous les essais diélectriques de type soient effectués sur le même transformateur, sauf spécification contraire.

Après que les transformateurs ont été soumis aux essais diélectriques de type de 6.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels de 6.2.

6.2 Essais individuels

Les essais suivants s'appliquent à chaque transformateur individuel;

- a) vérification du marquage des bornes (voir 8.1);
- b) essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire (voir 8.2.1);
- c) mesure des décharges partielles (voir 8.2.2);
- d) essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (voir 8.3);
- e) essais de tenue à fréquence industrielle entre sections (voir 8.3);
- f) essai de surtension entre spires (voir 8.4);
- g) détermination des erreurs (voir 11.5 et/ou 12.4, 12.6).

L'ordre des essais n'est pas normalisé mais la détermination des erreurs doit être effectuée après les autres essais.

Il convient que les essais répétés à fréquence industrielle sur les enroulements primaires soient effectués à 80 % de la tension d'essai spécifiée.

6.3 Essais spéciaux

Les essais suivants doivent être effectués selon accord entre constructeur et acheteur:

- a) essai au choc de foudre coupé (voir 9.1);
- b) mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique (voir 9.2);
- c) essai aux chocs coupés multiples sur l'enroulement primaire (voir annexe B);
- d) essais mécaniques (voir 9.3).

7 Essais de type

7.1 Essais de tenue aux courants de court-circuit

Avant chaque essai au courant I_{th} de court-circuit thermique, le transformateur doit avoir une température comprise entre 10 °C et 40 °C.

L'essai thermique doit être effectué avec le ou les circuits secondaires en court-circuit et en faisant passer dans l'enroulement primaire un courant de valeur efficace I pendant un temps t , tel que la grandeur ($I^2 t$) soit au moins égale à (I_{th}^2) et que la valeur de t soit comprise entre 0,5 s et 5 s.

L'essai dynamique doit être effectué aussi avec le ou les circuits secondaires en court-circuit avec un courant tel que la valeur de la première crête soit au moins égale au courant dynamique assigné I_{dyn} , et en faisant passer ce courant pendant un temps suffisant pour obtenir (ou dépasser) la première crête.

L'essai dynamique peut être combiné avec l'essai thermique pour autant que la première crête du courant ne soit pas inférieure au courant dynamique assigné (I_{dyn}).

All the dielectric type tests should be carried out on the same transformer, unless otherwise specified.

After transformers have been subjected to the dielectric type tests of 6.1, they shall be subjected to all the routine tests of 6.2.

6.2 Routine tests

The following tests apply to each individual transformers:

- a) verification of terminal markings (see 8.1);
- b) power-frequency withstand test on primary winding (see 8.2.1);
- c) partial discharge measurement (see 8.2.2);
- d) power-frequency withstand test on secondary windings (see 8.3);
- e) power-frequency withstand tests, between sections (see 8.3);
- f) inter-turn overvoltage test (see 8.4);
- g) determination of errors (see 11.5 and/or 12.4, 12.6).

The order of the tests is not standardized, but determination of errors shall be performed after the other tests.

Repeated power-frequency tests on primary windings should be performed at 80 % of the specified test voltage.

6.3 Special tests

The following tests are performed upon agreement between manufacturer and purchaser:

- a) chopped lightning impulse test (see 9.1);
- b) measurement of capacitance and dielectric dissipation factor (see 9.2);
- c) multiple chopped impulse test on primary winding (see annex B);
- d) mechanical tests (see 9.3).

7 Type tests

7.1 Short-time current tests

For the thermal short-time current I_{th} test, the transformer shall initially be at a temperature between 10 °C and 40 °C.

This test shall be made with the secondary winding(s) short-circuited, and at a current I for a time t , so that $(I^2 t)$ is not less than (I_{th}^2) and provided t has a value between 0,5 s and 5 s.

The dynamic test shall be made with the secondary winding(s) short-circuited, and with a primary current the peak value of which is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}) for at least one peak.

The dynamic test may be combined with the thermal test above, provided the first major peak current of that test is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}).

On considère que le transformateur a subi ces essais avec succès si, après avoir été ramené à la température de l'air ambiant (comprise entre 10 °C et 40 °C), il satisfait aux conditions suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de manière apparente;
- b) ses erreurs après désaimantation ne diffèrent pas de celles relevées avant l'essai de plus de 50 % des limites correspondant à sa classe de précision;
- c) il est capable de supporter les essais diélectriques prescrits en 8.2, 8.3 et 8.4 sous des tensions ou des courants d'essai égaux à 90 % de ceux qui sont indiqués;
- d) un examen de l'isolation jusqu'à la surface du conducteur ne doit révéler aucune détérioration sensible (par exemple une carbonisation).

L'examen n'est pas exigé si la densité du courant pour le courant thermique assigné (I_{th}) ne dépasse pas:

- 180 A/mm², l'enroulement étant en cuivre de conductivité au moins égale à 97 % de la valeur indiquée dans la CEI 28;
- 120 A/mm², l'enroulement étant en aluminium de conductivité au moins égale à 97 % de la valeur indiquée dans la CEI 121.

NOTE – L'expérience a montré qu'en service les prescriptions concernant le courant thermique sont généralement satisfaites pour une isolation de classe A, si la densité du courant dans l'enroulement primaire correspondant au courant thermique assigné ne dépasse pas les valeurs susmentionnées.

En conséquence, la vérification que cette condition est satisfaite peut remplacer l'examen de l'isolation, s'il en est ainsi convenu entre le constructeur et l'acheteur.

7.2 Essai d'échauffement

Un essai doit être fait pour vérifier la conformité aux prescriptions de 4.6. On admet, dans cet essai, que le transformateur a atteint sa température de régime lorsque la température mesurée n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K par heure.

La température de l'air ambiant pendant l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Pour cet essai, les transformateurs doivent être montés d'une manière analogue au montage en service.

L'échauffement des enroulements doit être mesuré par variation de résistance, exception faite des enroulements de faible résistance pour lesquels un couple thermoélectrique peut être utilisé.

L'échauffement des éléments autres que les enroulements est mesuré à l'aide de thermomètres ou de couples thermoélectriques.

7.3 Essais au choc sur l'enroulement primaire

7.3.1 Généralités

L'essai au choc doit être effectué conformément à la CEI 60-1.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes de l'enroulement ou des enroulements secondaires doivent être reliés à la terre.

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

The transformer shall be deemed to have passed these tests if, after cooling to ambient temperature (between 10 °C and 40 °C), it satisfies the following requirements:

- a) it is not visibly damaged;
- b) its errors after demagnetization do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error appropriate to its accuracy class;
- c) it withstands the dielectric tests specified in 8.2, 8.3 and 8.4, but with the test voltages or currents reduced to 90 % of those given;
- d) on examination, the insulation next to the surface of the conductor does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination d) is not required if the current density in the primary winding, corresponding to the rated short-time thermal current (I_{th}), does not exceed:

– 180 A/ mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97 % of the value given in IEC 28.

– 120 A/ mm² where the winding is of aluminium of conductivity not less than 97 % of the value given in IEC 121.

NOTE – Experience has shown that in service the requirements for thermal rating are generally fulfilled in the case of class A insulation, provided that the current density in the primary winding, corresponding to the rated short-time thermal current, does not exceed the above-mentioned values.

Consequently, compliance with this requirement may take the place of the insulation examination, if agreed between manufacturer and purchaser.

7.2 Temperature-rise test

A test shall be made to prove compliance with the requirements of 4.6. For the purpose of this test, current transformers shall be deemed to have attained a steady temperature when the rate of temperature rise does not exceed 1 K per hour.

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

For the test, the transformers shall be mounted in a manner representative of the mounting in service.

The temperature rise of windings shall, when practicable, be measured by the increase in resistance method, but for windings of very low resistance, thermocouples may be employed.

The temperature rise of parts other than windings may be measured by thermometers or thermocouples.

7.3 Impulse tests on primary winding

7.3.1 General

The impulse test shall be performed in accordance with IEC 60-1.

The test voltage shall be applied between the terminals of the primary winding (connected together) and earth. The frame, case (if any), and core (if intended to be earthed) and all terminals of the secondary winding(s) shall be connected to earth.

The impulse tests generally consist of voltage application 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 waveshape of the impulse shall be recorded.

Une défaillance de l'isolation par suite de l'essai peut être mise en évidence par la variation de la forme d'onde entre la tension de référence et la tension de tenue assignée.

Des améliorations dans la détection des défaillances peuvent être obtenues par l'enregistrement du ou des courants de terre en complément à celui de la tension.

7.3.2 Essai au choc de foudre

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée, indiquée par les tableaux 3 ou 4, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

7.3.2.1 Enroulements avec U_m inférieure à 300 kV

L'essai doit être effectué à la fois en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur a satisfait à l'essai si pour chaque polarité:

- 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 à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

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

7.3.2.2 Enroulements avec U_m égale ou supérieure à 300 kV

L'essai doit être effectué à la fois en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur a satisfait à l'essai si:

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

7.3.3 Essai au choc de manoeuvre

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée, indiquée par le tableau 4, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

L'essai doit être effectué en polarité positive. Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués, avec correction pour conditions atmosphériques.

Pour les transformateurs de type extérieur l'essai doit être effectué sous des conditions de pluie (voir 7.4).

Le transformateur 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 à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

NOTE – Il ne doit pas être tenu compte des chocs avec des contournements aux murs ou au plafond du laboratoire.

Evidence of insulation failure due to the test may be given by variation in the waveshape at both reference and rated withstand voltage.

Improvements in failure detection may be obtained by recording of the current(s) to earth as a complement to the voltage record.

7.3.2 Lightning impulse test

The test voltage shall have the appropriate value, given in tables 3 or 4, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

7.3.2.1 Windings 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 transformer passes the test, if for each polarity:

- 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 occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

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

7.3.2.2 Windings 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 transformer passes the test if:

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

7.3.3 Switching impulse test

The test voltage shall have the appropriate value, given in table 4, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The test shall be performed with positive polarity. Fifteen consecutive impulses, corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

For outdoor-type transformers, the test shall be performed under wet conditions (see 7.4).

The transformer passes 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 occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

NOTE – Impulses with flashover to the walls or ceilings of the laboratory shall be disregarded.

7.4 Essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur

Les modalités de l'essai sous pluie doivent être conformes à la CEI 60-1.

Dans le cas des enroulements avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m inférieure à 300 kV, l'essai doit être effectué avec une tension à fréquence industrielle de la valeur appropriée, indiquée par le tableau 3 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, en appliquant des corrections pour conditions atmosphériques.

Dans le cas des enroulements avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV, l'essai doit être effectué avec une tension de choc de manoeuvre de polarité positive de la valeur appropriée, indiquée par le tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement assigné.

8 Essais individuels

8.1 Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct (voir 10.1).

8.2 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles

8.2.1 Essai à fréquence industrielle

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué conformément à la CEI 60-1.

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée par les tableaux 3 ou 5 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. La durée doit être de 60 s.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. Les bornes de l'enroulement ou des enroulements secondaires, mises en court-circuit, le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et le noyau (s'il y a une borne spéciale de mise à la terre) doivent être reliés à la terre.

8.2.2 Mesure des décharges partielles

8.2.2.1 Circuit d'essai et appareils de mesure

Le circuit d'essai et les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la CEI 270. Des exemples de circuit d'essai sont indiqués par les figures 2 à 4.

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 en figure 5).

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.

NOTES

- 1 Le bruit doit être suffisamment plus bas que la sensibilité. Il est possible de ne pas tenir compte des impulsions connues pour être causées par des perturbations extérieures.
- 2 Pour la suppression du bruit extérieur, le circuit d'essai équilibré (voir figure 4) est approprié.
- 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.

7.4 *Wet test for outdoor type transformers*

The wetting procedure shall be in accordance with IEC 60-1.

For windings having $U_m < 300$ kV, the test shall be performed with power frequency voltage of the appropriate value given in table 3, depending on the highest voltage for equipment applying corrections for atmospheric conditions.

For windings having $U_m \geq 300$ kV, the test shall be performed with switching impulse voltage of positive polarity of the appropriate value given in table 4, depending on the highest voltage for equipment and the rated insulation level.

8 Routine tests

8.1 *Verification of terminal markings*

It shall be verified that the terminal markings are correct (see 10.1).

8.2 *Power-frequency withstand tests on primary windings and partial discharge measurement*

8.2.1 *Power-frequency test*

The power-frequency withstand test shall be performed in accordance with IEC 60-1.

The test voltage shall have the appropriate value given in table 3 or 5, depending on the highest voltage for equipment. The duration shall be 60 s.

The test voltage shall be applied between the short-circuited primary winding and earth. The short-circuited secondary winding(s), the frame, case (if any) and core (if there is a special earth terminal) shall be connected to earth.

8.2.2 *Partial discharge measurement*

8.2.2.1 *Test circuit and instrumentation*

The test circuit and the instrumentation used shall be in accordance with IEC 270. Some examples of test circuits are shown in figures 2 to 4.

The instrument used shall measure the apparent charge q expressed in picocoulomb (pC). Its calibration shall be performed in the test circuit (see an example in figure 5).

A wide-band instrument shall have a bandwidth of at least 100 kHz with a upper cut-off frequency not exceeding 1,2 MHz.

Narrow-band instruments shall have their resonance frequency in the range 0,15 to 2 MHz. Preferred values should be in the range from 0,5 to 2 MHz but, if feasible, the measurement should be performed at the frequency which gives the highest sensitivity.

The sensitivity shall allow to detect a partial discharge level of 5 pC.

NOTES

- 1 The noise shall be sufficiently lower than the sensitivity. Pulses that are known to be caused by external disturbances may be disregarded.
- 2 For the suppression of external noise, the balanced test circuit (see figure 4) is appropriate.
- 3 When electronic signal processing and recovery are used to reduce the background noise, this shall be demonstrated by varying its parameters so that it allows the detection of repeatedly occurring pulses.

8.2.2.2 Procédure d'essai de décharges partielles

Après une précontrainte effectuée selon la procédure A ou B, les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par le tableau 6 sont atteintes et les niveaux de décharges partielles sont mesurés dans un temps de 30 s.

Les décharges partielles mesurées ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 6.

Procédure A: les tensions d'essai de décharges partielles sont atteintes pendant la décroissance de la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

Procédure B: l'essai de décharges partielles est effectué après l'essai de tenue à fréquence industrielle. La tension appliquée est augmentée jusqu'à 80 % de la tension de tenue à 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.

8.3 Essais de tenue à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaire et secondaires et sur les enroulements secondaires

La tension d'essai, avec la valeur appropriée indiquée respectivement en 5.1.3 et 5.1.4, doit être appliquée pendant 60 s, successivement, entre les bornes mises en court-circuit de chaque section d'enroulement, ou de chaque enroulement secondaire, et la terre.

Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il y a une borne spéciale de mise à la terre) et les bornes de tous les autres enroulements ou sections doivent être reliés ensemble et à la terre.

8.4 Essai de surtension entre spires

L'essai de surtension entre spires doit être effectué selon l'une des procédures suivantes.

Sauf convention contraire, le choix de la procédure est laissé au constructeur.

Procédure A: l'enroulement ou les enroulements secondaires étant en circuit ouvert (ou connectés à un dispositif à haute impédance qui mesure la tension de crête) un courant pratiquement sinusoïdal, à une fréquence comprise entre 40 Hz et 60 Hz (conformément à la CEI 60-1) et de valeur efficace égale au courant primaire assigné (ou au courant primaire étendu assigné (voir 11.3), le cas échéant), doit être appliqué pendant 60 s à l'enroulement primaire.

Le courant appliqué doit être limité si la tension d'essai de 4,5 kV en valeur de crête est obtenue avant d'atteindre le courant assigné (ou le courant étendu assigné).

Procédure B: l'enroulement primaire étant en circuit ouvert, la tension d'essai prescrite (à une fréquence appropriée) doit être appliquée pendant 60 s aux bornes de chaque enroulement secondaire, à condition que la valeur efficace du courant secondaire ne dépasse pas le courant secondaire assigné (ou le courant étendu assigné).

La valeur de la fréquence d'essai ne doit pas dépasser 400 Hz.

A cette fréquence, si la valeur de la tension obtenue pour le courant secondaire assigné (ou le courant étendu assigné) est inférieure à 4,5 kV en valeur de crête, la tension obtenue est à considérer comme étant la tension d'essai.

8.2.2.2 *Partial discharge test procedure*

After a prestressing performed according to procedures A or B, the partial discharge test voltages specified in table 6 are reached, and the corresponding partial discharge levels are measured in a time within 30 s.

The measured partial discharge shall not exceed the limits specified in table 6.

Procedure A: the partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power-frequency withstand test.

Procedure B: the partial discharge test is performed after the power-frequency withstand test. The applied voltage is raised to 80 % of the power-frequency withstand voltage, maintained for not less than 60 s, then reduced without interruption to the specified partial discharge test voltages.

If not otherwise specified, the choice of the procedure is left to the manufacturer. The test method used shall be indicated in the test report.

8.3 *Power-frequency withstand tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings*

The test voltage, with the appropriate value given in 5.1.3 and 5.1.4 respectively shall be applied for 60 s in turn between the short-circuited terminals of each winding section, or each secondary winding and earth.

The frame, case (if any), core (if there is a special earth terminal), and the terminals of all the other windings or sections shall be connected together and to earth.

8.4 *Inter-turn overvoltage test*

The inter-turn overvoltage test shall be performed in accordance with one of the following procedures.

If not otherwise agreed, the choice of the procedure is left to the manufacturer.

Procedure A: with the secondary windings open-circuited (or connected to a high impedance device which reads peak voltage), a substantially sinusoidal current at a frequency between 40 Hz and 60 Hz (in accordance with IEC 60-1) and of r.m.s. value equal to the rated primary current (or rated extended primary current (see 11.3) when applicable) shall be applied for 60 s to the primary winding.

The applied current shall be limited if the test voltage of 4,5 kV peak is obtained before reaching the rated current (or extended rated current).

Procedure B: with the primary winding open-circuited, the prescribed test voltage (at some suitable frequency) shall be applied for 60 s to the terminals of each secondary winding, providing that the r.m.s. value of the secondary current does not exceed the rated secondary current (or rated extended current).

The value of the test frequency shall be not greater than 400 Hz.

At this frequency, if the voltage value achieved at the rated secondary current (or rated extended current) is lower than 4,5 kV peak, the obtained voltage is to be regarded as the test voltage.

Lorsque la fréquence dépasse deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être inférieure à 60 s comme suit:

$$\text{durée de l'essai (en s)} = \frac{\text{deux fois la fréquence assignée}}{\text{fréquence d'essai}} \times 60$$

avec un minimum de 15 s.

9 Essais spéciaux

9.1 Essai au choc coupé sur l'enroulement primaire

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, coupé entre 2 μ s à 5 μ s. Le circuit de coupure doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc réel 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 3 ou 4, 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 5.1.2.3.

La séquence d'application des chocs doit être la suivante:

- a) pour les enroulements avec U_m inférieure à 300 kV:
 - un choc plein;
 - deux chocs coupés;
 - quatorze chocs pleins.
- b) pour les enroulements avec U_m égale ou supérieure à 300 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.

Des contournements pendant les chocs coupés le long de l'isolation externe autorégénératrice doivent être négligés dans l'évaluation du comportement de l'isolation.

9.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

Les mesures de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique doivent être faites après l'essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. En général les bornes de l'enroulement ou des enroulements secondaires, mises en court-circuit, tout écran et la carcasse métallique isolée doivent être reliés au pont de mesure. Si le transformateur de courant a un dispositif spécial (borne) adapté à cette mesure, les autres bornes basse tension doivent être mises en court-circuit et reliées, ainsi que la carcasse métallique, à la terre ou à l'écran du pont de mesure.

NOTE – Dans certains cas, il est nécessaire de relier la terre à d'autres points du pont.

When the frequency exceeds twice the rated frequency, the duration of the test may be reduced from 60 s as below:

$$\text{duration of test (in s)} = \frac{\text{twice the rated frequency}}{\text{test frequency}} \times 60$$

with a minimum of 15 s.

9 Special tests

9.1 Chopped impulse test on primary winding

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

The voltage shall be a standard lightning impulse, chopped between 2 μs and 5 μs . The chopping circuit shall be so arranged that the amplitude of overswing of opposite polarity of the actual test 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 3 or 4, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The chopped impulse test voltage shall be in accordance with 5.1.2.3.

The sequence of impulse applications shall be as following:

a) for windings having $U_m < 300 \text{ kV}$:

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

b) for windings having $U_m \geq 300 \text{ kV}$:

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

Differences in wave shape of full wave applications before and after the chopped impulses are an indication of an internal fault.

Flashovers during chopped impulses along self-restoring external insulation shall be disregarded in the evaluation of the behaviour of the insulation.

9.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

The measurement of capacitance and dielectric dissipation factor shall be made after the power-frequency withstand test on the primary windings.

The test voltage shall be applied between the short-circuited primary winding terminals and earth. Generally the short-circuited secondary winding(s), any screen, and the insulated metal casing shall be connected to the measuring bridge. If the current transformer has a special device (terminal) suitable for this measurement, the other low-voltage terminals shall be short-circuited and connected together with the metal casing to the earth or the screen of the measuring bridge.

NOTE – In some cases, it is necessary to connect the earth to other points of the bridge.

L'essai doit être effectué avec le transformateur de courant à la température ambiante et la valeur de cette température doit être enregistrée.

9.3 Essais mécaniques

Les essais sont effectués pour démontrer qu'un transformateur de courant est capable de satisfaire aux prescriptions spécifiées en 5.2.

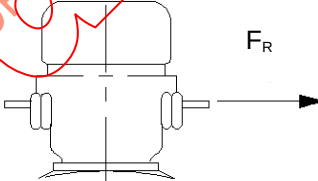
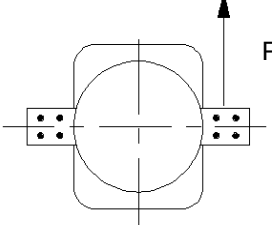
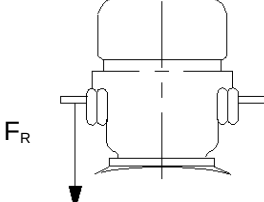
Le transformateur de courant doit être complètement monté et installé en position verticale, avec le châssis fixé de façon rigide.

Les transformateurs de courant 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 dans le tableau 9.

Le transformateur de courant doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si aucun dommage n'est apparent (déformation, rupture ou fuite).

Tableau 9 – Charges d'essai à appliquer aux bornes primaires

Horizontale à chaque borne	
	
Verticale à chaque borne	
NOTE – La charge d'essai doit être appliquée au centre de la borne.	

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

9.3 Mechanical tests

The tests are carried out to demonstrate that a current transformer is capable of complying with the requirements specified in 5.2.

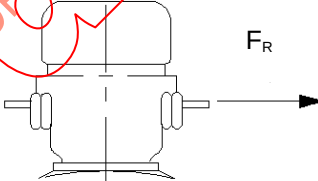
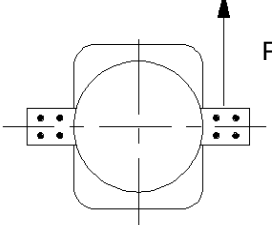
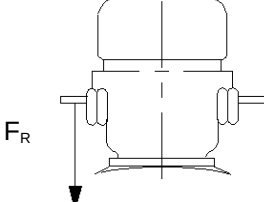
The current transformer shall be completely assembled, installed in a vertical position with the frame rigidly fixed.

Liquid-immersed current transformers shall be filled with the specified insulation medium and submitted to the operating pressure.

The test loads shall be applied for 60 s for each of the conditions indicated in table 9.

The current transformer shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage).

Table 9 – Modalities of application of test loads to be applied to the primary terminals

Horizontal to each terminal	
	
Vertical to each terminal	
NOTE – The test load shall be applied to the centre of the terminal.	

10 Marquage

10.1 Marquage des bornes – Règles générales

Les marquages des bornes permettent d'identifier

- a) les enroulements primaire et secondaire;
- b) les sections de chaque enroulement, lorsqu'il est divisé en sections;
- c) les polarités relatives des enroulements et des sections d'enroulements;
- d) les sorties intermédiaires, s'il en existe.

10.1.1 Mode de marquage

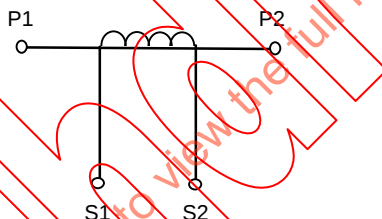
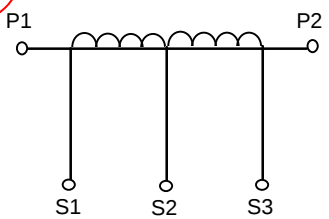
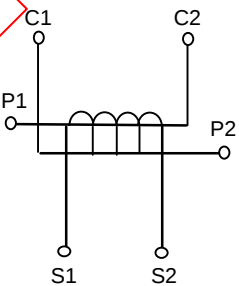
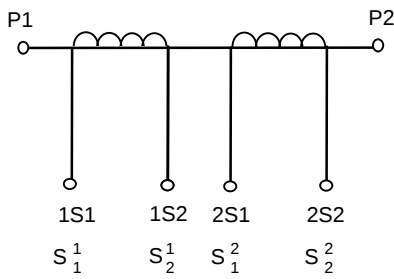
Les bornes doivent être marquées d'une façon claire et indélébile, sur leur surface ou dans leur voisinage immédiat.

Les marques doivent être formées de lettres majuscules suivies ou, si nécessaire, précédées de chiffres.

10.1.2 Marques à employer

Les marques des bornes des transformateurs de courant sont indiquées dans le tableau 10 suivant:

Tableau 10 – Marques des bornes

Bornes du primaire		
Bornes du secondaire	Figure 1 – Transformateur à un seul rapport de transformation.	Figure 2 – Transformateur avec une sortie intermédiaire au secondaire.
Bornes du primaire		
Bornes du secondaire	Figure 3 – Transformateur à 2 sections dans l'enroulement primaire, pour montage série-parallèle.	Figure 4 – Transformateurs à 2 enroulements secondaires; chacun sur un noyau magnétique propre. (Deux variantes pour les bornes secondaires.)

10.1.3 Indications relatives à la polarité des bornes

Les bornes marquées P1, S1 et C1 doivent avoir, à tout instant, la même polarité.

10 Markings

10.1 Terminal markings – General rules

The terminal markings shall identify

- a) the primary and secondary windings;
- b) the winding sections, if any;
- c) the relative polarities of windings and winding sections;
- d) the intermediate tapings, if any.

10.1.1 Method of marking

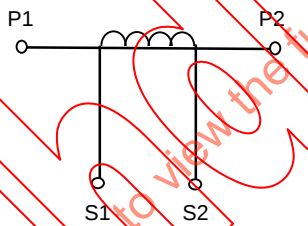
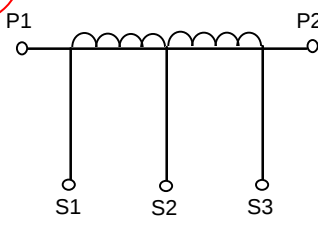
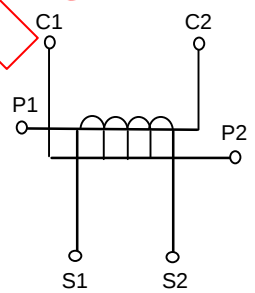
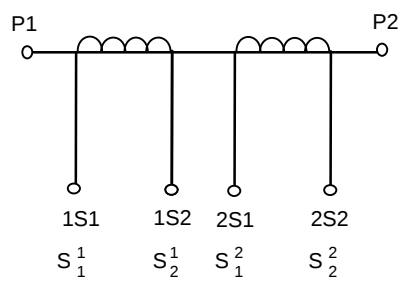
The terminals shall be marked clearly and indelibly, either on their surface or in their immediate vicinity.

The marking shall consist of letters followed, or preceded where necessary, by numbers. The letters shall be in block capitals.

10.1.2 Markings to be used

The markings of current transformer terminals shall be as indicated in the following table 10.

Table 10 – Markings of terminals

Primary terminals		
Secondary terminals	Figure 1 – Single ratio transformer.	Figure 2 – Transformer with an intermediate tapping on secondary winding.
Primary terminals		
Secondary terminals	Figure 3 – Transformer with primary winding in 2 sections intended for connections either in series or in parallel.	Figure 4 – Transformer with 2 secondary windings; each with its own magnetic core. (Two alternative markings for the secondary terminals.)

10.1.3 Indication of relative polarities

All the terminals marked P1, S1 and C1 shall have the same polarity at the same instant.

10.2 Marquage des plaques signalétiques

Tous les transformateurs de courant doivent porter au moins les indications suivantes:

- a) le nom du constructeur ou une indication permettant de l'identifier facilement;
- b) le numéro de série ou l'indication du type ou de préférence les deux;
- c) le rapport de transformation assigné, sous la forme:

$$K_n = I_{pn} / I_{sn} \text{ A (exemple: } K_n = 100/5 \text{ A);}$$

- d) la fréquence assignée (exemple: 50 Hz);
- e) la puissance de précision et la classe de précision correspondante, éventuellement combinées avec des informations complémentaires (voir 11.7 et/ou 12.7);
- f) la tension la plus élevée pour le matériel (exemple: 1,2 kV ou 145 kV);
- g) le niveau d'isolement assigné (exemple: 6/-kV* ou 275/650 kV)

NOTE – Le cas échéant, l'ordre du circuit secondaire sera indiqué (exemple: 1S, 15 VA, classe 0,5; 2S, 30 VA, classe 1).

NOTE – Les indications des points f) et g) peuvent être combinées en une seule (on écrira par exemple: 1,2/6/-kV* ou 145/275/650 kV).

Les indications doivent être marquées de façon indélébile sur le transformateur de courant lui-même ou sur une plaque fixée rigidement sur le transformateur.

De plus, les indications suivantes doivent être marquées sur la plaque signalétique, si l'on dispose d'assez de place:

- h) le courant de court-circuit thermique assigné (I_{th}) et le courant dynamique correspondant, si celui-ci diffère de 2,5 I_{th} (par exemple: 13 kA ou 13/40 kA);
- i) la classe d'isolation si elle est autre que la classe A;

NOTE – Si on utilise des isolants de plusieurs classes, on indiquera celui qui limite l'échauffement.

k) pour les transformateurs à deux enroulements secondaires, l'utilisation de chacun de ces enroulements et des bornes correspondantes.

11 Prescriptions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour mesures

11.1 Désignation de la classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures

La classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures est caractérisée par un nombre (indice de classe) égal à la limite supérieure de l'erreur de courant, exprimée en pour-cent, pour le courant primaire assigné et la charge de précision.

11.1.1 Classes de précision normales

Les classes de précision normales des transformateurs de courant pour mesures sont:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3 – 5.

* Un tiret indique l'absence de tension d'essai aux ondes de choc.

10.2 Rating plate markings

All current transformers shall carry at least the following markings:

- a) the manufacturer's name or other mark by which he may be readily identified;
- b) a serial number or a type designation, preferably both;
- c) the rated primary and secondary current, i.e.:

$$K_n = I_{pn} / I_{sn} \text{ A (e.g. } K_n = 100/5 \text{ A)}$$

- d) the rated frequency (e.g. 50 Hz);
- e) the rated output and the corresponding accuracy class, together with additional information specified in later parts of these recommendations (see 11.7 and/or 12.7);

NOTE – Where appropriate, the category of secondary winding should be marked (e.g. 1S, 15 VA, class 0.5; 2S, 30 VA, class 1).

- f) the highest voltage for equipment (e.g. 1,2 kV or 145 kV);
- g) the rated insulation level (e.g. 6/–kV* or 275/650 kV).

NOTE – The two items f) and g) may be combined into one marking (e.g. 1,2/6/–kV* or 145/275/650 kV).

All information shall be marked in an indelible manner on the current transformer itself or on a rating plate securely attached to the transformer.

In addition, the following information shall be marked whenever space is available:

- h) the rated short-time thermal current (I_{th}) and the rated dynamic current if it differs from 2,5 times the rated short-time thermal current (e.g. 13 kA or 13/40 kA);
- i) the class of insulation, if different from class A)

NOTE – If several classes of insulating material are used, the one which limits the temperature rise of the windings should be indicated.

- k) on transformers with two secondary windings, the use of each winding and its corresponding terminals.

11 Additional requirements for measuring current transformers

11.1 Accuracy class designation for measuring current transformers

For measuring current transformers, the accuracy class is designated by the highest permissible percentage current error at rated current prescribed for the accuracy class concerned.

11.1.1 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for measuring current transformers are:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3 – 5.

* A dash indicates absence of an impulse voltage level.

11.2 Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures

Pour les transformateurs des classes de précision 0.1 – 0.2 – 0.5 et 1, l'erreur de courant et le déphasage, à la fréquence assignée, ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau 11, lorsque la charge secondaire est comprise entre 25 % et 100 % de la charge de précision.

Pour les transformateurs de courant pour applications particulières (spécialement en connexion avec des compteurs d'énergie électrique spéciaux qui mesurent correctement entre 50 mA et 6 A, c'est-à-dire entre 1 % et 120 % du courant assigné 5 A) des classes de précision 0.2 S et 0.5 S, l'erreur de courant et le déphasage, à la fréquence assignée, ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau 12 lorsque la charge secondaire est comprise entre 25 % et 100 % de la charge de précision. Ces classes doivent être employées principalement pour les rapports 25/5, 50/5 et 100/5 et leurs multiples décimaux et seulement pour le courant assigné secondaire 5 A.

Pour les transformateurs des classes 3 et 5, l'erreur de courant à la fréquence assignée ne doit pas dépasser les valeurs du tableau 13 lorsque la charge secondaire est comprise entre 50 % et 100 % de la charge de précision.

Dans tous les cas, la charge employée doit être inductive avec un facteur de puissance de 0,8, sauf si elle absorbe une puissance inférieure à 5 VA; dans ce cas, son facteur de puissance sera l'unité. En aucun cas, la charge ne doit être inférieure à 1 VA.

NOTE – En général, les limites prescrites pour l'erreur de courant et le déphasage sont valables pour n'importe quelle position d'un conducteur externe placé à une distance dans l'air non inférieure à celle qui est requise pour l'isolement dans l'air correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel (U_m).

Il convient que les conditions spéciales d'application, y compris les gammes basses de tension de service associées à des valeurs élevées de courant, fassent l'objet d'un accord séparé entre le constructeur et l'acheteur.

Tableau 11 – Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures (classes de 0.1 à 1)

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné					Déphasage, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné							
						Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120		5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	5	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0.2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0.5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1.0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Tableau 12 – Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures pour applications particulières

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné					Déphasage, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné									
						Minutes					Centiradians				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0.5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

NOTE – Ce tableau est applicable uniquement à des transformateurs dont le courant secondaire assigné est égal à 5 A

11.2 Limits of current error and phase displacement for measuring current transformers

For classes 0.1 – 0.2 – 0.5 and 1, the current error and phase displacement at rated frequency shall not exceed the values given in table 11 when the secondary burden is any value from 25 % to 100 % of the rated burden.

For classes 0.2 S and 0.5 S, the current error and phase displacement of current transformers for special applications (in particular in connection with special electricity meters which measure correctly at a current between 50 mA and 6 A, that is between 1 % and 120 % of the rated current 5 A) at rated frequency shall not exceed the values given in table 12 when the secondary burden is any value from 25 % to 100 % of the rated burden. These classes shall mainly be used for the ratios 25/5, 50/5 and 100/5 and their decimal multiples and only for the rated secondary current 5 A.

For class 3 and class 5, the current error at rated frequency shall not exceed the values given in table 13 when the secondary burden is any value from 50 % to 100 % of the rated burden.

The secondary burden used for test purposes shall have a power-factor of 0,8 lagging except that when the burden is less than 5 VA, a power-factor of 1,0 shall be used. In no case shall the test burden be less than 1 VA.

NOTE – In general the prescribed limits of current error and phase displacement are valid for any given position of an external conductor spaced at a distance in air not less than that required for insulation in air at the highest voltage for equipment (U_m).

Special conditions of application, including lower ranges of operation voltages associated with high current values, should be a matter of separate agreement between manufacturer and purchaser.

Table 11 – Limits of current error and phase displacement for measuring current transformers (classes from 0.1 to 1)

Accuracy class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below					± Phase displacement at percentage of rated current shown below							
						Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120		5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0,4	0,2	0,1	0,1		15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0.2	0,75	0,35	0,2	0,2		30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0.5	1,5	0,75	0,5	0,5		90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1.0	3,0	1,5	1,0	1,0		180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Table 12 – Limits of current error and phase displacement for measuring current transformers for special application

Accuracy class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below					± Phase displacement at percentage of rated current shown below									
						Minutes					Centiradians				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0.5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

NOTE – This table is applicable only to transformers having a rated secondary current of 5 A.

Tableau 13 – Limites de l'erreur de courant des transformateurs de courant pour mesures (classes 3 et 5)

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Il n'est imposé aucune limite de déphasage pour les classes 3 et 5.

11.3 Transformateurs à gamme étendue

Un transformateur de courant des classes 0.1 à 1 sera considéré comme possédant une gamme étendue en courant, s'il satisfait aux deux conditions suivantes:

- a) son courant d'échauffement est porté à la valeur indiquée comme limite de la gamme étendue en courant, laquelle est exprimée en pour-cent du courant primaire assigné;
- b) dans le tableau 11, la valeur supérieure du courant est remplacée par la limite précitée, au cas où celle-ci diffère des 120 % du courant primaire assigné.

Les valeurs normales des courants d'échauffement pour les transformateurs à gamme étendue sont 120 %, 150 % et 200 % du courant primaire assigné.

11.4 Essais de type concernant la précision des transformateurs de courant pour mesures

Les essais de type destinés à prouver la conformité des transformateurs de classes de précision 0.1 à 1 aux prescriptions de 11.2 doivent être exécutés pour toutes les valeurs indiquées dans le tableau 11 avec les charges de 25 % et de 100 % de la charge de précision (sous la réserve du minimum de 1 VA).

Pour les transformateurs à gamme étendue, les essais prévus au tableau 11 pour 120 % doivent être exécutés au courant d'échauffement.

Pour les transformateurs de classes 3 et 5, les essais doivent être exécutés pour les deux valeurs de courant du tableau 13 avec les charges 50 % et 100 % de la charge assignée (sous la réserve du minimum de 1 VA).

11.5 Essais individuels concernant la précision des transformateurs de courant pour mesures

Les essais individuels sont en principe les mêmes que les essais de type prévus en 11.4; ils pourront toutefois être effectués avec un nombre réduit de courants et/ou de charges, s'il résulte d'un essai de type sur un modèle analogue que ce nombre suffit pour conclure que le transformateur satisfait aux conditions de 11.2.

11.6 Facteur de sécurité assigné

Un essai de type peut être fait par l'essai indirect suivant:

- le circuit primaire étant ouvert, une tension pratiquement sinusoïdale, de valeur efficace égale à la f.é.m. limite secondaire et de fréquence assignée, est appliquée aux bornes de l'enroulement secondaire.

Le courant d'excitation (I_{exc}) ainsi obtenu, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné (I_{sn}) par le facteur de sécurité FS , doit être égal ou supérieur à l'erreur composée assignée de 10 %:

$$\frac{I_{exc}}{I_{sn} FS} \times 100 \geq 10$$

Table 13 – Limits of current error for measuring current transformers (classes 3 and 5)

Class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Limits of phase displacement are not specified for class 3 and class 5.

11.3 Extended current ratings

Current transformers of accuracy classes 0.1 to 1 may be marked as having an extended current rating provided they comply with the following two requirements:

- the rated continuous thermal current shall be the rated extended primary current expressed as a percentage of the rated primary current;
- the limits of current error and phase displacement prescribed for 120 % of rated primary current in table 11 shall be retained up to the rated extended primary current.

Standard values of rated extended primary current are 120 %, 150 % and 200 % of the rated primary current.

11.4 Type tests for accuracy of measuring current transformers

Type tests to prove compliance with 11.2 shall, in the case of transformers of classes 0.1 to 1, be made at each value of current given in table 11 at 25 % and at 100 % of rated burden (subject to 1 VA minimum).

Transformers having extended current ratings greater than 120 % shall be tested at the rated extended primary current instead of at 120 % of rated current.

Transformers of class 3 and class 5 shall be tested for compliance with the two values of current given in table 13 at 50 % and at 100 % of rated burden (subject to 1 VA minimum).

11.5 Routine tests for accuracy of measuring current transformers

The routine test for accuracy is in principle the same as the type test in 11.4, but routine tests at a reduced number of currents and/or burdens are permissible provided it has been shown by type tests on a similar transformer that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with 11.2.

11.6 Instrument security factor

A type test may be performed using the following indirect test:

With the primary winding open-circuited, the secondary winding is energized at rated frequency by a substantially sinusoidal voltage having an r.m.s. value equal to the secondary limiting e.m.f.

The resulting excitation current (I_{exc}), expressed as a percentage of the rated secondary current (I_{sn}) multiplied by the instrument security factor FS shall be equal to or exceed the rated value of the composite error of 10 %:

$$\frac{I_{exc}}{I_{sn}} FS \times 100 \geq 10$$

Au cas où ce résultat de mesurage serait mis en question, un mesurage de contrôle doit être effectué par l'essai direct (voir annexe A), dont le résultat est alors obligatoire.

NOTE – L'essai indirect présente le grand avantage de ne nécessiter ni la mise en oeuvre de courants de valeurs élevées (par exemple 30 000 A dans le cas où le courant primaire assigné et le facteur de sécurité pour les appareils de mesure sont respectivement égaux à 3000 A et à 10), ni celle de dispositifs de charge conçus pour pouvoir supporter un courant de 50 A. Avec l'essai indirect, l'effet dû aux conducteurs primaires de retour n'intervient pas physiquement. En service, cet effet ne peut qu'augmenter l'erreur composée, ce qui est souhaitable pour la sécurité de l'appareil alimenté par le transformateur de mesure.

11.7 Marquage de la plaque signalétique d'un transformateur pour mesures

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de 10.2.

La classe de précision et le facteur de sécurité (pour les appareils de mesure) doivent être mentionnées à la suite de l'indication de la puissance de précision correspondante (par exemple: 15 VA classe 0.5 FS 10).

Pour les transformateurs de courant à gamme étendue (voir 11.3), la limite de la gamme des courants doit être marquée à la suite de la classe de précision (exemple: 15 VA classe 0.5 ext. 150 %).

NOTE – On peut marquer sur la plaque signalétique des indications concernant diverses combinaisons de puissance de précision et de classe de précision auxquelles le transformateur peut satisfaire (exemple: 15 VA classe 0.5 – 30 VA classe 1) (autre exemple qui tient compte de la note de 4.4: 15 VA classe 1 – 7 VA classe 0.5).

12 Prescriptions complémentaires concernant les transformateurs de courant pour protection

12.1 Valeurs normales des facteurs limites de précision

Les valeurs normales des facteurs limites de précision sont:

5 – 10 – 15 – 20 – 30.

12.2 Classes de précision d'un transformateur de courant pour protection

12.2.1 Classe de précision

La classe de précision d'un transformateur de courant pour protection est caractérisée par un nombre (indice de classe) et par la lettre «P» (initiale de protection). L'indice de classe indique la limite supérieure de l'erreur composée pour le courant limite de précision assigné et la charge de précision.

12.2.2 Classes de précision normales

Les classes de précision normales des transformateurs de courant pour protection sont:

5P et 10P.

12.3 Limites des erreurs des transformateurs de courant pour protection

Pour la puissance de précision et la fréquence assignée, l'erreur de courant, le déphasage et l'erreur composée ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau 14.

Pour la détermination de l'erreur de courant et du déphasage, la charge doit être inductive et égale à la charge de précision avec un facteur de puissance égal à 0,8, sauf si la puissance correspondante est inférieure à 5 VA; dans ce cas, la charge pourrait être résistive (facteur de puissance unité).

Pour la détermination de l'erreur composée, le facteur de puissance de la charge peut être compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité, au choix du constructeur.

If this result of measurement should be called into question, a controlling measurement shall be performed with the direct test (see annex A), the result of which is then mandatory.

NOTE – The great advantage of the indirect test is that high currents are not necessary (for instance 30 000 A at a primary rated current 3000 A and an instrument security factor 10) and also no burdens which must be constructed for 50 A. The effect of the return primary conductors is not physically effective at the indirect test. Under service conditions the effect can only enlarge the composite error, which is desirable for the safety of the apparatus supplied by the measuring transformer.

11.7 *Marking of the rating plate of a measuring current transformer*

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with 10.2.

The accuracy class and instrument security factor shall be indicated following the indication of corresponding rated output (e.g. 15 VA class 0.5 FS 10).

Current transformers having an extended current rating (see 11.3) shall have this rating indicated immediately following the class designation (e.g. 15 VA class 0.5 ext. 150 %).

NOTE – The rating plate may contain information concerning several combinations of output and accuracy class the transformer can satisfy (e.g. 15 VA class 0.5 – 30 VA class 1) and in this case non-standard values of output may be used (e.g. 15 VA class 1 – 7 VA class 0.5 in accordance with note to 4.4).

12 **Additional requirements for protective current transformers**

12.1 *Standard accuracy limit factors*

The standard accuracy limit factors are:

5 – 10 – 15 – 20 – 30

12.2 *Accuracy classes for protective current transformer*

12.2.1 *Accuracy class designation*

For protective current transformers, the accuracy class is designed by the highest permissible percentage composite error at the rated accuracy limit primary current prescribed for the accuracy class concerned, followed by the letter “P” (meaning protection).

12.2.2 *Standard accuracy classes*

The standard accuracy classes for protective current transformers are:

5P and 10P.

12.3 *Limits of errors for protective current transformers*

At rated frequency and with rated burden connected, the current error, phase displacement and composite error shall not exceed the values given in table 14.

For testing purposes when determining current error and phase displacement, the burden shall have a power-factor of 0,8 inductive except that, where the burden is less than 5 VA, a power-factor of 1,0 is permissible.

For the determination of composite error, the burden shall have a power-factor of between 0,8 inductive and unity at the discretion of the manufacturer.

Tableau 14 – Limites des erreurs des transformateurs de courant pour protection

Classe de précision	Erreur de courant pour le courant primaire assigné en %	Déphasage pour le courant primaire assigné		Erreur composée pour le courant limite de précision en %
		minutes	centiradians	
5P	±1	±60	±1,8	5
10P	±3	–	–	10

12.4 Erreur de courant et du déphasage – Essais de type et essais individuels des transformateurs de courant pour protection

Les essais doivent être effectués pour le courant primaire assigné et la charge de précision afin de vérifier que les prescriptions de 12.3 sont remplies en ce qui concerne l'erreur de courant et le déphasage.

12.5 Erreur composée – Essais de type

a) Les essais de type destinés à prouver la conformité des transformateurs aux indications du tableau 14 en ce qui concerne l'erreur composée doivent être exécutés par une méthode directe en faisant passer dans l'enroulement primaire un courant pratiquement sinusoïdal égal en valeur efficace au courant limite de précision assigné, le secondaire étant connecté à une charge de valeur égale à la charge de précision avec un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité, au choix du constructeur (voir annexe A).

L'essai de type pourra être effectué sur un transformateur de construction analogue à celle du transformateur fourni sauf que son isolation peut être réduite pourvu que la disposition géométrique soit la même dans les deux cas.

NOTE – Dans le cas de courants primaires très élevés et de transformateurs dont la primaire se réduit à une seule barre, il convient de choisir la distance du conducteur de retour du primaire choisie de façon à reproduire autant que possible les conditions de service.

b) Pour les transformateurs dont le circuit magnétique a la forme d'un tore, sur lequel l'enroulement secondaire est réparti uniformément, le primaire étant formé, soit d'un conducteur placé suivant l'axe du tore, soit d'un enroulement réparti uniformément sur le tore, on peut remplacer l'essai direct par l'essai indirect à vide suivant, pourvu que l'effet du courant primaire de retour soit négligeable.

Le circuit primaire étant ouvert, une tension pratiquement sinusoïdale de valeur efficace égale à la f.é.m. limite secondaire et de fréquence assignée est appliquée aux bornes de l'enroulement secondaire.

Le courant d'excitation ainsi obtenu, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné par le facteur limite de précision, ne doit pas dépasser la limite de l'erreur composée indiquée au tableau 14.

NOTES

1 Dans le calcul de la f.é.m. limite secondaire, on peut admettre que l'impédance de l'enroulement secondaire soit égale à sa résistance à la température de 75 °C.

2 Lors de la détermination de l'erreur composée par la méthode indirecte, il n'est pas nécessaire de tenir compte d'une éventuelle différence entre le rapport d'enroulement et le rapport de transformation assigné.

12.6 Erreur composée – Essais individuels

Pour les transformateurs considérés au point b) de 12.5, les essais individuels seront les mêmes que les essais de type.

Pour les autres transformateurs, un essai indirect à vide peut également être effectué mais il y a lieu d'appliquer aux résultats obtenus un facteur de correction résultant d'un essai comparatif entre le méthode précédente et la méthode directe appliquée à un transformateur de même type que le transformateur considéré, placé dans les mêmes conditions de charge et de facteur limite de précision (voir note 2).

Table 14 – Limits of error for protective current transformers

Accuracy class	Current error at rated primary current %	Phase displacement at rated primary current		Composite error at rated accuracy limit primary current %
		minutes	centiradians	
5P	±1	±60	±1,8	5
10P	±3	–	–	10

12.4 Type and routine tests for current error and phase displacement of protective current transformers

Tests shall be made at rated primary current to prove compliance with 12.3 in respect of current error and phase displacement.

12.5 Type tests for composite error

a) Compliance with the limits of composite error given in table 14 shall be demonstrated by a direct test in which a substantially sinusoidal current equal to the rated accuracy limit primary current is passed through the primary winding with the secondary winding connected to a burden of magnitude equal to the rated burden but having, at the discretion of the manufacturer, a power-factor between 0,8 inductive and unity (see annex A).

The test may be carried out on a transformer similar to the one being supplied, except that reduced insulation may be used, provided that the same geometrical arrangement is retained.

NOTE – Where very high primary currents and single bar primary winding current transformers are concerned, the distance between the return primary conductor and the current transformer should be taken into account from the point of view of reproducing service conditions.

b) For current transformers having substantially continuous ring cores, uniformly distributed secondary windings, and having either a centrally located primary conductor(s) or a uniformly distributed primary winding, the direct test may be replaced by the following indirect test, provided that the effect of the return primary conductor(s) is negligible.

With the primary winding open-circuited, the secondary winding is energized at rated frequency by a substantially sinusoidal voltage having an r.m.s. value equal to the secondary limiting e.m.f.

The resulting exciting current, expressed as a percentage of the rated secondary current multiplied by the accuracy limit factor, shall not exceed the limit of composite error given in table 14.

NOTES

1 In calculating the secondary limiting e.m.f., the secondary winding impedance should be assumed to be equal to the secondary winding resistance measured at room temperature and corrected to 75 °C.

2 In determining the composite error by the indirect method, a possible difference between turns ratio and rated transformation ratio need not be taken into account.

12.6 Routine tests for composite error

For all transformers qualifying under item b) of 12.5, the routine test is the same as the type test.

For other transformers, the indirect test of measuring the exciting current may be used, but a correction factor shall be applied to the results, the factor being obtained from a comparison between the results of direct and indirect tests applied to a transformer of the same type as the one under consideration (see note 2), the accuracy limit factor and the conditions of loading being the same.

Un certificat donnant les résultats de l'essai comparatif devrait pouvoir être obtenu du constructeur.

NOTES

- 1 Le facteur de correction est égal au rapport des erreurs composées obtenues respectivement par les méthodes directe et indirecte indiquées au point a) de 12.5. Dans le second cas, l'erreur composée est donnée par le courant d'excitation mesuré, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné par le facteur limite de précision.
- 2 L'expression implique que les ampères-tours soient les mêmes, indépendamment du rapport de transformation, et que les noyaux aient les mêmes dimensions et soient constitués des mêmes matériaux magnétiques.

12.7 Marquage de la plaque signalétique d'un transformateur pour protection

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de 10.2 auxquelles on doit ajouter le facteur limite de précision, qui sera inscrit à la suite de la puissance et de la classe de précision (exemple: 30 VA classe 5P 10).

NOTE – On peut marquer sur la plaque signalétique d'un transformateur de courant les diverses combinaisons de puissances de précision et de classes de précision et, le cas échéant, de facteur limite de précision assigné auxquelles le transformateur peut satisfaire, soit comme transformateur pour mesure, soit comme transformateur pour protection.

Exemple:

(15 VA classe 0.5)	ou (15 VA classe 0.5)
(30 VA classe 1)	(15 VA classe 1, ext. 150 %)
(30 VA classe 5P 10)	(15 VA classe 5P 20)

In such cases, certificates of test should be held available by the manufacturer.

NOTES

- 1 The correction factor is equal to the ratio of the composite error obtained by the direct method and the exciting current expressed as a percentage of the rated secondary current multiplied by the accuracy limit factor, as determined by the indirect method specified in item a) of 12.5.
- 2 The expression “transformer of the same type” implies that the ampere turns are the same irrespective of ratio, and that the geometrical arrangements, magnetic materials and the secondary windings are identical.

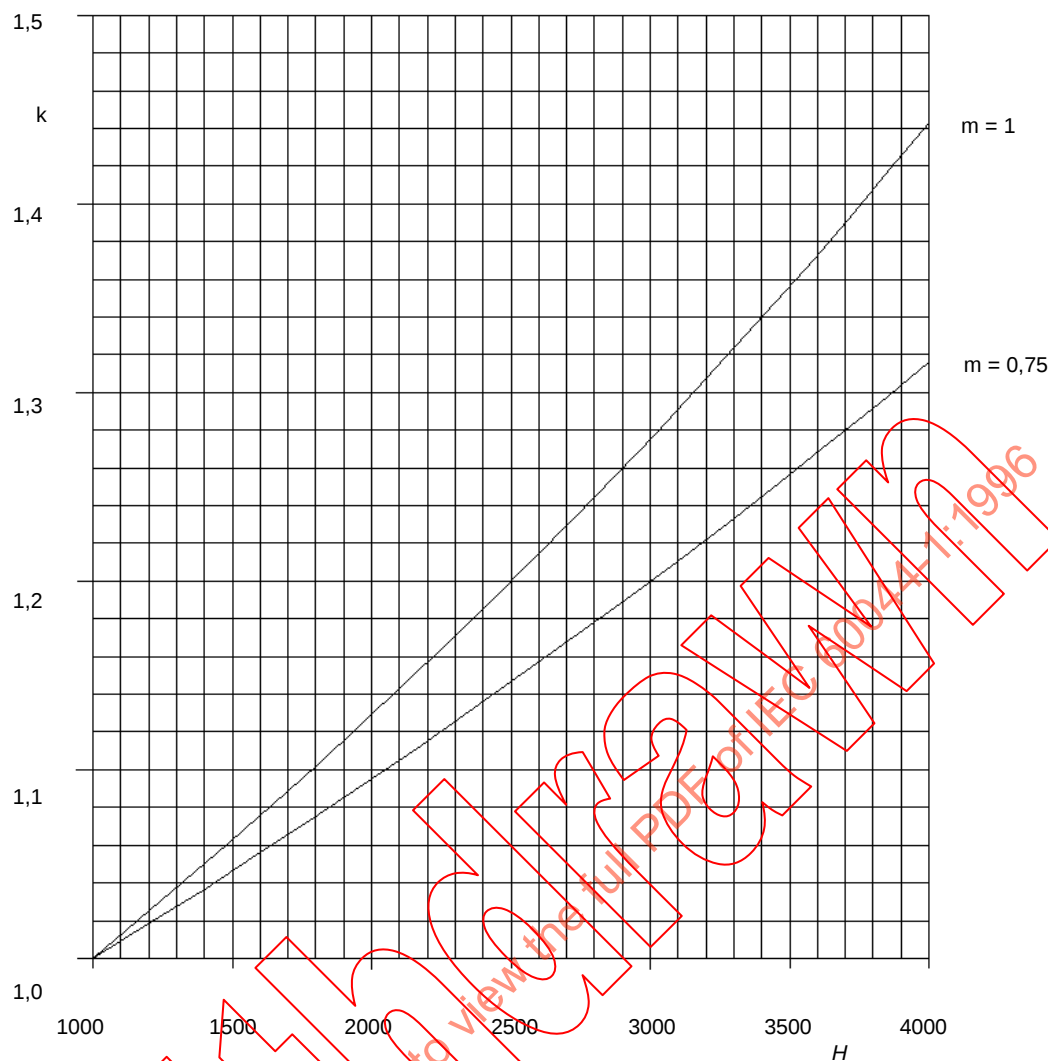
12.7 Marking of the rating plate of a protective current transformer

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with 10.2. The rated accuracy limit factor shall be indicated following the corresponding output and accuracy class (e.g. 30 VA class 5P 10).

NOTE – A current transformer satisfying the requirements of several combinations of output and accuracy class and accuracy limit factor may be marked according to all of them.

Example:

(15 VA class 0.5)	or	(15 VA class 0.5)
(30 VA class 1)		(15 VA class 1, ext. 150 %)
(30 VA class 5P 10)		(15 VA class 5P 20)



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

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

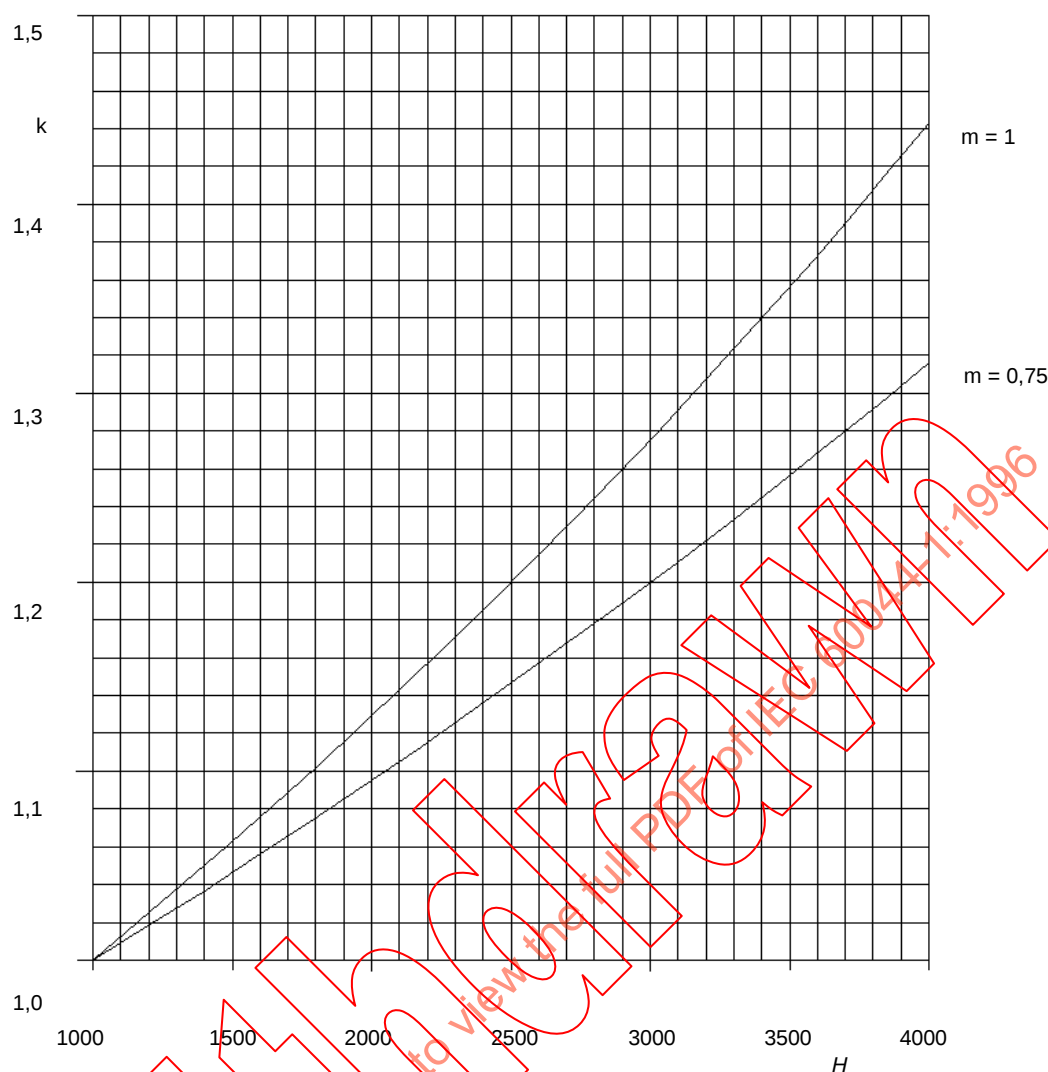
où

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 1 – Facteurs correctifs pour l'altitude



These factors can be calculated with the following equation:

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

where

H is the altitude in metres;

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

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

Figure 1 – Altitude correction factors