

**NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD**

**CEI
IEC
185**

Deuxième édition
Second edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale

International Electrotechnical Commission

Международная Электротехническая Комиссия

Transformateurs de courant

Current transformers

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60185:1987
Withdrawn

Publication
185: 1987

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

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

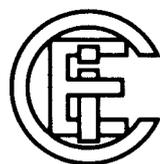
IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
185

Deuxième édition
Second edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Transformateurs de courant

Current transformers

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60185:1987

© CEI 1987 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

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	Pages
PRÉFACE	6
	6

CHAPITRE I: PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES APPLICABLES
À TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

SECTION UN - GÉNÉRALITÉS

Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Conditions de service	8
3. Définitions	10

SECTION DEUX - CONDITIONS AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

4. Valeurs normales des courants primaires assignés	16
5. Valeurs normales du courant secondaire assigné	16
6. Valeurs normales des courants d'échauffement	16
7. Valeurs normales des puissances de précision	16
8. Courants de court-circuit assignés	18
9. Limites des échauffements	18
10. Spécifications relatives à l'isolement	20

SECTION TROIS - ESSAIS - GÉNÉRALITÉS

11. Classification des essais	32
-------------------------------------	----

SECTION QUATRE - ESSAIS DE TYPE

12. Essais de tenue aux courants de court-circuit	34
13. Essai d'échauffement	36
14. Essais au choc de l'enroulement primaire	36
15. Essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur	40

SECTION CINQ - ESSAIS INDIVIDUELS

16. Vérification du marquage des bornes	40
17. Essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles	40
18. Essais à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaires et secondaires et sur les enroulements secondaires	42
19. Essai de surtension entre spires	42

SECTION SIX - ESSAIS SPÉCIAUX

20. Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires	44
21. Mesure du facteur de dissipation diélectrique	44

SECTION SEPT - MARQUAGE

22. Marquage des bornes - Règles générales	44
23. Marquage des plaques signalétiques	46

CONTENTS

FOREWORD	7
PREFACE	7

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE
TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

SECTION ONE – GENERAL

Clause	
1. Scope	9
2. Service conditions	9
3. Definitions	11

SECTION TWO – RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

4. Standard values of rated primary current	17
5. Standard values of rated secondary current	17
6. Rated continuous thermal current	17
7. Standard values of rated output	17
8. Short-time current ratings	19
9. Limits of temperature rise	19
10. Insulation requirements	21

SECTION THREE – TESTS – GENERAL

11. Classification of tests	33
-----------------------------------	----

SECTION FOUR – TYPE TESTS

12. Short-time current tests	35
13. Temperature-rise test	37
14. Impulse tests on primary windings	37
15. Wet test for outdoor type transformers	41

SECTION FIVE – ROUTINE TESTS

16. Verification of terminal markings	41
17. Power-frequency tests on primary windings and measurement of partial discharges	41
18. Power-frequency tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings	43
19. Test of interturn insulation	43

SECTION SIX – SPECIAL TESTS

20. Chopped lightning-impulse test on primary windings	45
21. Measurement of dielectric dissipation factor	45

SECTION SEVEN – MARKING

22. Terminal markings – General rules	45
23. Rating plate markings	47

CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES
CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR MESURES

SECTION HUIT – GÉNÉRALITÉS

Articles	Pages
24. Domaine d'application	50
25. Définitions	50

SECTION NEUF – PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

26. Classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures – Indice de classe	52
27. Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures	52
28. Transformateurs à gamme étendue	56

SECTION DIX – ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

29. Essais de type	56
30. Essais individuels	56
31. Courant de sécurité assigné	56

SECTION ONZE – MARQUAGE

32. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour mesures	58
---	----

CHAPITRE III: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES
CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR PROTECTION

SECTION DOUZE – GÉNÉRALITÉS

33. Domaine d'application	60
34. Définitions	60

SECTION TREIZE – EXIGENCES CONCERNANT LA PRÉCISION

35. Valeurs normales des facteurs limites de précision	62
36. Classes de précision	62
37. Limites des erreurs	62

SECTION QUATORZE – ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

38. Erreur de courant et déphasage – Essais de type et essais individuels	64
39. Erreur composée – Essais de type	64
40. Erreur composée – Essais individuels	66

SECTION QUINZE – MARQUAGE

41. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour protection	66
--	----

ANNEXE A – Transformateurs de courant pour protection	68
---	----

CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR MEASURING CURRENT TRANSFORMERS

SECTION EIGHT - GENERAL

Clauses	Page
24. Scope	51
25. Definitions	51

SECTION NINE - ACCURACY REQUIREMENTS

26. Accuracy class designation	53
27. Limits of current error and phase displacement	53
28. Extended current rating	57

SECTION TEN - TESTS FOR ACCURACY

29. Type tests	57
30. Routine tests	57
31. Instrument security current	57

SECTION ELEVEN - MARKING

32. Marking of the rating plate of a measuring current transformer	59
--	----

CHAPTER III: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR PROTECTIVE CURRENT TRANSFORMERS

SECTION TWELVE - GENERAL

33. Scope	61
34. Definitions	61

SECTION THIRTEEN - ACCURACY REQUIREMENTS

35. Standard accuracy limit factors	63
36. Accuracy classes	63
37. Limits of error	63

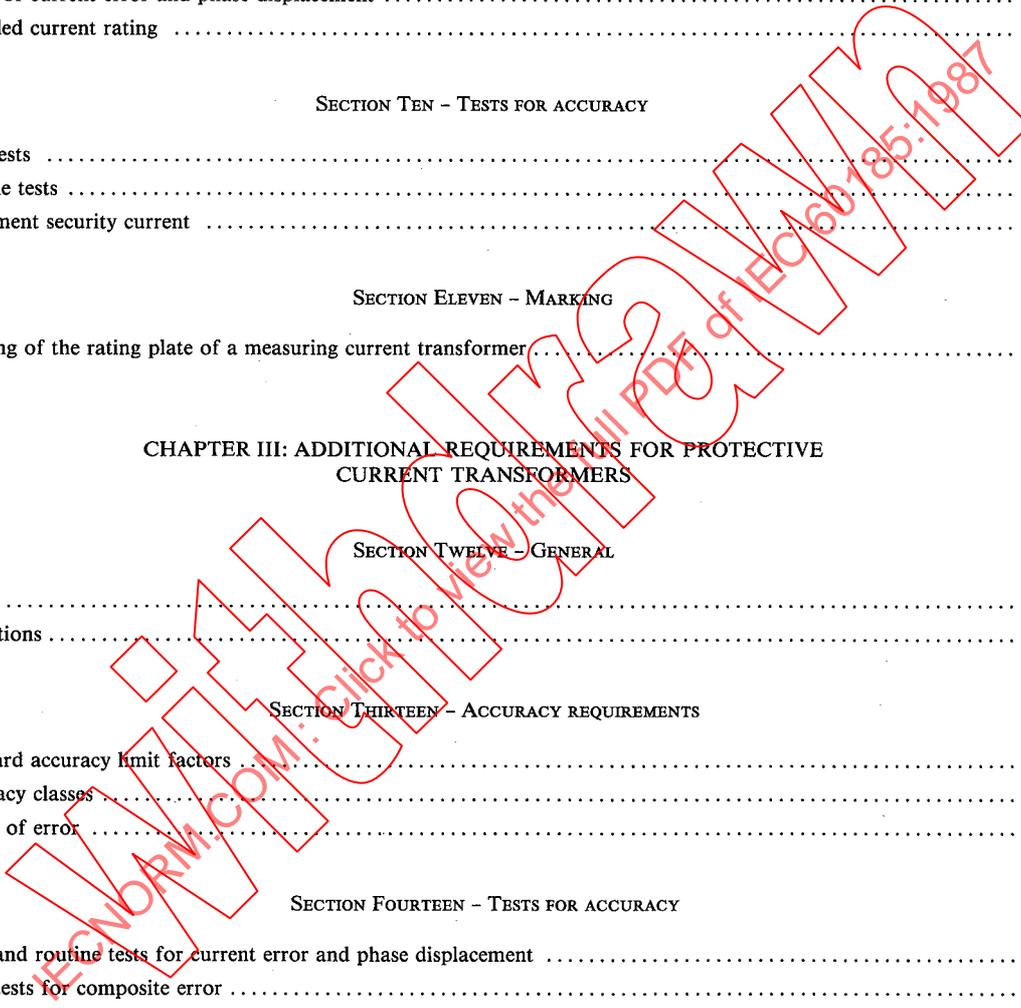
SECTION FOURTEEN - TESTS FOR ACCURACY

38. Type and routine tests for current error and phase displacement	65
39. Type tests for composite error	65
40. Routine tests for composite error	67

SECTION FIFTEEN - MARKING

41. Marking of the rating plate of a protective current transformer	67
---	----

APPENDIX A - Protective current transformers	69
--	----



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE COURANT

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 185 (1966) de la CEI et les modifications n° 1 (1977), n° 2 (1980) et n° 3 (1982).

Le texte de cette norme est issu aussi des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
38(BC)68	38(BC)70	38(BC)72	38(BC)75

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s 28 (1925): Spécification internationale d'un cuivre-type recuit.
- 38 (1983): Tensions normales de la CEI.
- 44-4 (1980): Transformateurs de mesure, Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.
- 50 (321) (1986): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 321: Transformateurs de mesure.
- 60-1 (1973): Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
- 71: Coordination de l'isolement.
- 85 (1984): Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.
- 507 (1975) (rapport): Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CURRENT TRANSFORMERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 38: Instrument Transformers.

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 185 (1966) as well as Amendments No. 1 (1977), No. 2 (1980) and No. 3 (1982).

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
38(CO)68	38(CO)70	38(CO)72	38(CO)75

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 28 (1925): International Standard of Resistance for Copper.
- 38 (1983): IEC Standard Voltages.
- 44-4 (1980): Instrument Transformers, Part 4: Measurement of Partial Discharges.
- 50(321) (1986): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 321: Instrument Transformers.
- 60-1 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.
- 71: Insulation Co-ordination.
- 85 (1984): Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation.
- 507 (1975) (Report): Artificial Pollution Tests on High-voltage Insulators to be Used on A.C. Systems.

TRANSFORMATEURS DE COURANT

CHAPITRE I: PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES APPLICABLES À TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

SECTION UN - GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme 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.

2. Conditions de service

A défaut de conventions spéciales entre les parties, la présente norme est valable dans les conditions de service suivantes:

Note. - Si le transformateur est destiné à être utilisé ou même s'il doit être transporté dans des conditions différentes de celles indiquées, le constructeur devra en être averti.

2.1 Température de l'air ambiant

Maximum	40 °C
Moyenne journalière n'excédant pas	30 °C
Minimum, dans le cas des transformateurs pour emploi à l'intérieur des bâtiments	- 5 °C
Minimum, dans le cas des transformateurs pour emploi à l'extérieur des bâtiments	- 25 °C

2.2 Altitude

Inférieure à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

2.3 Conditions atmosphériques

Atmosphère pas trop polluée.

2.4 Situation du neutre du réseau

- 1) Neutre isolé (voir définition paragraphe 3.18).
- 2) Neutre mis à la terre par bobine d'extinction (voir définition paragraphe 3.19).
- 3) Neutre mis à la terre (voir définition paragraphe 3.21):
 - a) Neutre mis effectivement à la terre.
 - b) Neutre mis non effectivement à la terre.

CURRENT TRANSFORMERS

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

SECTION ONE - GENERAL

1. Scope

This standard 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 auto-transformers.

2. Service conditions

Unless otherwise specified, current transformers shall be suitable for use under the following service conditions:

Note. - The manufacturer should be informed if the conditions, including the conditions under which transformers are to be transported, differ from those specified.

2.1 Ambient air temperatures

Maximum	40 °C
Daily mean, not exceeding	30 °C
Minimum, for indoor type transformers	- 5 °C
Minimum, for outdoor type transformers	- 25 °C

2.2 Altitude

Up to 1000 m (3 300 ft) above sea level.

2.3 Atmospheric conditions

Atmospheres which are not heavily polluted.

2.4 System earthing

- 1) Isolated neutral system (see definition Sub-clause 3.18).
- 2) Resonant earthed system (see definition Sub-clause 3.19).
- 3) Earthed neutral system (see definition Sub-clause 3.21):
 - a) Effectively earthed neutral system.
 - b) Non-effectively earthed neutral system.

3. Définitions

Pour les termes utilisés dans la présente norme, les définitions suivantes sont applicables.

Plusieurs de ces définitions sont conformes ou similaires à celles de la Publication 50(321) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 321: Transformateurs de mesure. Celles-ci sont indiquées par l'adjonction entre parenthèses du numéro de référence correspondant au VEI.

3.1 *Transformateur de mesure*

Transformateur destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs, des relais et autres appareils analogues (321-01-01 modifié).

3.2 *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 (321-02-01).

3.3 *Enroulement primaire*

Enroulement traversé par le courant à transformer.

3.4 *Enroulement secondaire*

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

3.5 *Circuit secondaire*

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

3.6 *Courant primaire assigné*

Valeur du courant primaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-11 modifié).

3.7 *Courant secondaire assigné*

Valeur du courant secondaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-15 modifié).

3.8 *Rapport de transformation*

Rapport entre le courant primaire et le courant secondaire (321-01-17 modifié).

3.9 *Rapport de transformation assigné*

Rapport entre le courant primaire assigné et le courant secondaire assigné (321-01-19 modifié).

3. Definitions

For the purposes of this standard, the following definitions shall apply.

Some of the definitions agree with or are similar to those of IEC Publication 50(321): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 321: Instrument Transformers. These are indicated by the relevant IEV reference numbers in brackets.

3.1 *Instrument transformer*

A transformer intended to supply measuring instruments, meters, relays and other similar apparatus (321-01-01 modified).

3.2 *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 (321-02-01).

3.3 *Primary winding*

The winding through which flows the current to be transformed.

3.4 *Secondary winding*

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

3.5 *Secondary circuit*

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

3.6 *Rated primary current*

The value of the primary current on which the performance of the transformer is based (321-01-11 modified).

3.7 *Rated secondary current*

The value of the secondary current on which the performance of the transformer is based (321-01-15 modified).

3.8 *Actual transformation ratio*

The ratio of the actual primary current to the actual secondary current (321-01-17 modified).

3.9 *Rated transformation ratio*

The ratio of the rated primary current to the rated secondary current (321-01-19 modified).

3.10 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 (321-01-21 modifié).

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

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

dans laquelle K_n est le rapport de transformation assigné, I_p le courant primaire donné, I_s le courant secondaire correspondant à I_p dans les conditions de la mesure.

3.11 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 (321-01-23 modifié).

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.

3.12 Classe de précision

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

3.13 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.

3.14 Charge de précision

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

3.15 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.

3.16 Tension la plus élevée pour le matériel

Tension efficace entre phases la plus élevée pour laquelle est conçue l'isolation du transformateur.

3.17 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.

3.10 *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 (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 and I_s the actual secondary current when I_p is flowing, under the conditions of measurement.

3.11 *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 (321-01-23 modified).

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.

3.12 *Accuracy class*

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

3.13 *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.

3.14 *Rated burden*

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

3.15 *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.

3.16 *Highest voltage for equipment*

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

3.17 *Rated insulation level*

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

3.18 Réseau à neutre isolé

Réseau dans lequel il n'y a pas de connexion intentionnelle à la terre à l'exception de celles constituées par des dispositifs indicateurs, de mesure et de protection, de très grande impédance.

3.19 Réseau à neutre mis à la terre par bobine d'extinction

Réseau dont le neutre est connecté à la terre par une bobine de réactance de valeur telle que, lors d'un défaut entre un conducteur de phase et le sol, le courant inductif à la fréquence du réseau, qui traverse le défaut et la bobine, compense sensiblement la composante capacitive du courant qui traverse le défaut.

Note. – Dans le dispositif de mise à la terre par bobine d'extinction, le courant qui passe effectivement dans le défaut est suffisamment faible pour que l'arc à la terre à travers l'air ne puisse se maintenir.

3.20 Facteur de mise à la terre

Rapport, exprimé en pour-cent, de la valeur efficace de la tension la plus élevée entre un conducteur de phase sain et le sol, lors d'un défaut à la terre affectant un ou plusieurs conducteurs d'un système triphasé, à la valeur efficace de la tension entre deux conducteurs de phase en l'absence de défaut, les deux mesures se rapportant au même emplacement et la fréquence étant celle du réseau. (L'emplacement en question sera généralement le point d'installation d'un équipement.)

3.21 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 mise à la terre ne dépasse pas 80%.

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 mise à terre est supérieur à 80%.

3.22 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.

3.23 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.

3.24 Fréquence assignée

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

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

Valeur efficace du courant primaire que le transformateur peut supporter pendant une seconde, son secondaire étant mis en court-circuit, sans qu'il subisse de dommage.

3.18 *Isolated neutral system*

A system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring or protective devices of very high impedance.

3.19 *Resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil)*

A system earthed through a reactor, the reactance being of such value that during a single line-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by this reactor essentially neutralizes the power-frequency capacitive component of the earth-fault current.

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

3.20 *Earthing factor*

At a selected location in a three-phase system (generally the point of installation of an equipment), for a given system layout, is the ratio, expressed as a percentage, of the highest r.m.s. line-to-earth power-frequency voltage on a sound phase at the selected location during a fault to earth affecting one or more phases, to the line-to-line r.m.s. power-frequency voltage which would be obtained at the selected location with the fault removed.

3.21 *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 earthing factor at this point which does not exceed 80%.

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 one.

b) A system with *non-effectively earthed* neutral at a given location is a system characterized by an earthing factor at this point that may exceed 80%.

3.22 *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.

3.23 *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.

3.24 *Rated frequency*

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

3.25 *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.

3.26 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.

3.27 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.

SECTION DEUX - CONDITIONS AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

4. Valeurs normales des courants primaires assignés

4.1 Transformateurs à un seul rapport de transformation

Les valeurs normales des courants primaires assignés en ampères sont:

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

et leurs multiples ou sous-multiples décimaux.

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

4.2 Transformateurs à plusieurs rapports de transformation

Les valeurs normales figurant au paragraphe 4.1 s'appliquent au plus petit courant primaire assigné.

5. Valeurs normales du courant secondaire assigné

Les valeurs normales du courant secondaire assigné 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.

6. Valeurs normales des courants d'échauffement

Sauf indications contraires, le courant d'échauffement est égal au courant primaire assigné (voir article 28).

7. 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.

3.26 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.

3.27 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.

SECTION TWO - RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

4. Standard values of rated primary current

4.1 Single-ratio transformers

The standard values of rated primary currents are:

10 - 12.5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 amperes,

and their decimal multiples or fractions.

The preferred values are those underlined.

4.2 Multi-ratio transformers

The standard values given in Sub-clause 4.1 refer to the lowest values of rated primary current.

5. Standard values of rated secondary current

The standard values of rated secondary current 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.

6. Rated continuous thermal current

Unless otherwise specified, the rated continuous thermal current shall be the rated primary current. (See Clause 28.)

7. 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.

8. Courants de court-circuit assignés

Les transformateurs de courant à primaire bobiné ou formé d'un seul conducteur doivent satisfaire aux prescriptions des paragraphes 8.1 et 8.2 ci-après.

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

Pour chaque transformateur, la valeur assignée du courant de court-circuit thermique doit être spécifiée (voir définition paragraphe 3.25).

8.2 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 définition paragraphe 3.26).

9. Limites des échauffements

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 I. Ces valeurs supposent que le transformateur est destiné à fonctionner dans les conditions de service indiquées à l'article 2.

- S'il est prévu que la température de l'air ambiant pourrait dépasser les valeurs indiquées au paragraphe 2.1, l'échauffement indiqué au tableau I 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 1 000 m, les essais étant faits à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement données au tableau I doivent être réduites dans les proportions suivantes, par 100 m d'altitude du lieu de fonctionnement au-dessus de 1 000 m:

- a) Transformateurs immergés dans l'huile 0,4%
- b) Transformateurs à sec 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 au tableau I.

8. Short-time current ratings

Current transformers supplied with a fixed primary winding or conductor shall comply with the requirements of Sub-clauses 8.1 and 8.2 below.

8.1 Thermal rating

A rated short-time thermal current (I_{th}) shall be assigned to the transformer. (See definition Sub-clause 3.25.)

8.2 Dynamic rating

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 definition Sub-clause 3.26.)

9. 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 I. These values are based on the service conditions given in Clause 2.

- If ambient temperatures in excess of the values given in Sub-clause 2.1 are specified, the permissible temperature rise in Table I 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 1 000 m and tested at an altitude below 1 000 m, the limits of temperature rise given in Table I shall be reduced by the following amounts for each 100 m that the altitude at the operating site exceeds 1 000 m:
 - a) Oil immersed transformers 0.4%
 - b) Dry-type transformers 0.5%

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 I.

TABLEAU I

Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la Publication 85 de la CEI*)	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), le constructeur devra indiquer 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 I.

10. Spécifications relatives à l'isolement

10.1 Niveaux d'isolement assignés, enroulements primaires

Le choix du niveau d'isolement des transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 3,6 kV doit être effectué conformément à la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement. Pour les transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 3,6 kV, le niveau d'isolement est déterminé par la tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle.

10.1.1 Pour les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel est comprise dans la gamme $3,6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$, le niveau d'isolement assigné, défini par la tension assignée de tenue au choc de foudre et la tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle, est l'un de ceux qui figurent aux tableaux IIA ou IIB.

*Publication 85 de la CEI: Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

TABLE I
Limits of temperature rise of windings

Class of insulation (in accordance with IEC Publication 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 I.

10. Insulation requirements

10.1 Rated insulation levels, primary windings

The choice of the insulation level for transformers having highest voltage for equipment greater than or equal to 3.6 kV shall be made in accordance with IEC Publication 71: Insulation Co-ordination. For transformers having highest voltage for equipment less than 3.6 kV, the insulation level is determined by the rated short-duration power-frequency withstand voltage.

10.1.1 For windings having highest voltage for equipment in the range $3.6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$, the rated insulation level, defined by the rated lightning-impulse and short-duration power-frequency withstand voltages, shall be one of those given in Tables IIA and IIB.

*IEC Publication 85: Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation.

10.1.2 Pour les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV, le niveau d'isolement assigné, défini par les tensions assignées de tenue au choc de manœuvre et au choc de foudre, est l'un de ceux qui figurent au tableau IIC.

Note. – Dans cette gamme de tension, on considère que le choc de manœuvre a normalement priorité dans le choix du niveau d'isolement.

10.2 *Autres spécifications pour l'isolation d'un enroulement primaire*

10.2.1 *Tension de tenue à fréquence industrielle*

Les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV doivent également être capables de résister à l'essai à fréquence industrielle spécifiée. Deux méthodes, au choix, sont spécifiées dans la présente norme pour les enroulements de cette catégorie. Ces méthodes sont fondées sur différentes spécifications concernant les tensions et les procédures d'essai.

Méthode I: L'enroulement doit résister à la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle qui correspond à la tension assignée de choc de foudre indiquée dans le tableau IID.

Méthode II: L'enroulement doit résister à un essai à fréquence industrielle de plus longue durée dont le niveau de tension est plus faible que la tension de courte durée, combiné avec une spécification d'essai de décharges partielles. Les tensions d'essai sont indiquées dans le tableau IIE en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, U_m .

Sauf spécification contraire, la méthode I doit être adoptée.

Le choix de la méthode II nécessite un accord particulier entre le constructeur et l'acheteur.

Note. – L'essai selon la méthode II peut être précédé d'un essai au choc de foudre afin de compléter les essais diélectriques individuels de l'enroulement primaire.

Si la méthode I est adoptée, l'essai au choc de foudre doit être considéré comme un essai de type.

10.1.2 For windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV, the rated insulation level, defined by the rated switching and lightning impulse withstand voltages, shall be one of those given in Table IIC.

Note. – In this voltage range, it is considered that switching impulse should have priority in the selection of insulation level.

10.2 *Other requirements for primary winding insulation*

10.2.1 *Power-frequency withstand voltage*

Windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV shall also be capable of withstanding the specified power-frequency test. Two alternative methods are specified in this standard for windings in this category. The methods are based on different requirements regarding the test voltages and the test procedures.

Method I: The winding shall withstand the power-frequency short-duration withstand voltage corresponding to the selected rated lightning-impulse voltage as given in Table IID.

Method II: The winding shall withstand a power-frequency test of longer duration at a voltage level lower than the short-duration test combined with a partial discharge test requirement. The test voltages, related to the highest voltage for equipment U_m , are given in Table IIE.

Method I shall be used unless otherwise specified.

The use of Method II requires special agreement between manufacturer and purchaser.

Note. – The Method II test may be preceded by a lightning-impulse test in order to complete the dielectric routine tests of the primary winding.

If Method I is adopted, the lightning-impulse test is to be considered a type test.

TABLEAU IIA

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)	Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV	kV
0,72		3
1,2		6
3,6	20	10
	40	10
7,2	40	20
	60	20
12	60	28
	75	28
17,5	75	38
	95	38
24	95	50
	125	50
36	145	70
	170	70
52	250	95
72,5	325	140
123	450	185
	550	230
145	650	275
170	750	325
	850	360
245	950	395
	1050	460

TABLE IIA

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment less than 300 kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)	Rated power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
kV	kV	kV
0.72		3
1.2		6
3.6	20	10
	40	10
7.2	40	20
	60	20
12	60	28
	75	28
17.5	75	38
	95	38
24	95	50
	125	50
36	145	70
	170	70
52	250	95
72.5	325	140
123	450	185
	550	230
145	650	275
170	750	325
	850	360
245	950	395
	1050	460

TABLEAU IIB

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 52 kV

Fondé sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et dans quelques autres pays

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)		Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
	≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4,40 13,20 13,97 14,52	60 95	75 110	19 34
26,4 36,5	150 200		50 70

TABLEAU IIC

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de manœuvre (valeur de crête)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)
kV	kV	kV
300	750	950
	850	1050
362	850	1050
	950	1175
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
525	1050	1425
	1175	1550
	1300	1800
765	1425	2100
	1550	2400

Note. - La tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'étant pas encore définitivement fixée, des permutations peuvent devenir nécessaires dans les niveaux d'essais au choc de manœuvre et au choc de foudre.

TABLE IIB

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment less than 52 kV

Based on practice in the United States of America and some other countries

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)		Rated power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
	Power system ≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4.40	60	75	19
13.20 } 13.97 } 14.52 }	95	110	34
26.4	150		50
36.5	200		70

TABLE IIC

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated switching-impulse withstand voltage (peak)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)
kV	kV	kV
300	750	950
	850	1050
362	850	1050
	950	1175
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
525	1050	1425
	1175	1550
	1300	1800
765	1425	2100
	1550	2400

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

TABLEAU IID

Méthode I: tensions de tenue à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV
950	395
1050	460
1175	510
1300	570
1425	630
1550	680
1800	790
2100	880
2400	975

TABLEAU IIE

Méthode II: tensions d'essai à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de précontrainte à fréquence industrielle 10 s (valeur efficace)	Tension d'essai de décharges partielles 5 min (valeur efficace)
kV	kV	kV
300	395	225
362	460	270
420	510	315
525	630	395
765	790/880*	575

*A déterminer en fonction de la tension assignée de tenue au choc de foudre (voir tableau IID).

Note. – Les valeurs de tensions indiquées doivent être considérées comme provisoires et pourront être modifiées à la lumière de l'expérience et de la révision de la Publication 44-4 de la CEI: Transformateurs de mesure, Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.

D'autres niveaux de tension peuvent être utilisés à cause des conditions des réseaux et doivent être subordonnés à un accord spécial entre le constructeur et l'acheteur.

TABLE IID

Method I: Power-frequency withstand voltages for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)	Power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
kV	kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 800	790
2 100	880
2 400	975

TABLE IIE

Method II: Power-frequency test voltages for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Power-frequency prestress voltage 10 s (r.m.s.)	Partial discharge test voltage 5 min (r.m.s.)
kV	kV	kV
300	395	225
362	460	270
420	510	315
525	630	395
765	790/880*	575

*To be determined by the rated lightning-impulse withstand voltage (see Table IID).

Note. – The specified values of the voltages are provisional and may be changed in the light of experience and of revision of IEC Publication 44-4: Instrument Transformers, Part 4: Measurement of Partial Discharges.

Other voltage levels may be used due to network conditions and require special agreement between manufacturer and purchaser.

10.2.2 *Décharges partielles*

Les prescriptions relatives à la mesure des décharges partielles et l'amplitude limite de ces décharges sont indiquées dans la Publication 44-4 de la CEI qui s'applique à tous les transformateurs de courant, à l'exception des transformateurs dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV et dont les spécifications comportent le choix de la méthode II (voir paragraphe 17.3).

10.2.3 *Choc de foudre coupé*

Si cette prescription supplémentaire est spécifiée, les enroulements primaires doivent également être capables de résister à des tensions au choc de foudre coupé dont la valeur de crête est la même que pour les tensions au choc de foudre plein.

10.2.4 *Mesure du facteur de dissipation diélectrique*

Si cette prescription supplémentaire est spécifiée, le facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) doit être mesuré. La mesure n'est applicable qu'aux transformateurs immergés dans un liquide diélectrique et dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , de l'enroulement primaire est supérieure ou égale à 72,5 kV. La valeur limite du facteur de dissipation diélectrique, mesuré à une tension ne dépassant pas $U_m/\sqrt{3}$, doit aussi faire l'objet d'une spécification supplémentaire.

Notes 1. - Le facteur de dissipation diélectrique dépend à la fois de la tension et de la température.

2. - Des mesures du facteur de dissipation diélectrique à faible tension (par exemple de 2,5 kV à 10 kV) peuvent être utilisées comme valeurs de référence pour diagnostiquer si l'isolation se dégrade en service.

10.3 *Spécifications d'isolement entre sections*

Pour les enroulements primaires et secondaires divisés en deux sections ou plus, l'isolement entre sections doit être capable de résister à une tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

10.4 *Spécifications d'isolement pour les enroulements secondaires*

L'isolement des enroulements secondaires doit être capable de résister à une tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

10.5 *Spécifications d'isolement entre spires*

L'isolement entre spires des enroulements doit être capable de résister pendant 1 min à une surtension entre spires de 4,5 kV crête entre les extrémités de l'ensemble de l'enroulement secondaire.

Pour certains types de transformateurs, des valeurs plus faibles peuvent être acceptées, conformément à la procédure d'essai de l'article 19.

10.6 *Ligne de fuite*

Pour l'isolation extérieure sensible à la pollution, la ligne de fuite minimale spécifiée, mesurée à la surface de l'isolation, est indiquée dans le tableau III. De plus, le rapport entre la ligne de fuite minimale totale et la distance d'amorçage ne devrait généralement pas excéder 3,5:1.

10.2.2 *Partial discharges*

The permissible magnitude of partial discharges and the requirements for their measurement are given in IEC Publication 44-4 which is applicable to all current transformers except transformers having $U_m \geq 300$ kV specified in accordance with Method II (see Sub-clause 17.3).

10.2.3 *Chopped lightning impulse*

If additionally specified, the primary windings shall also be capable of withstanding chopped lightning-impulse voltages having the same peak value as the full lightning-impulse voltages.

10.2.4 *Measurement of dielectric dissipation factor*

If additionally specified, the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be measured. The measurement is applicable only to transformers with liquid-immersed primary winding insulation having $U_m \geq 72.5$ kV. The permissible value of the dielectric dissipation factor measured at a voltage not exceeding $U_m/\sqrt{3}$ shall also be subjected to additional specification.

Notes 1. - The dielectric dissipation factor is dependent on both voltage and temperature.

2. - Measurements of the dielectric dissipation factor at low voltage (e.g. 2.5 kV to 10 kV) may be used as a reference value when determining whether the insulation is deteriorating in service.

10.3 *Between-section insulation requirements*

For primary and secondary windings divided into two or more sections, the between-section insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV (r.m.s.) for 1 min.

10.4 *Insulation requirements for secondary windings*

The secondary winding insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV (r.m.s.) for 1 min.

10.5 *Interturn insulation requirements*

The interturn insulation of the windings shall be capable of withstanding for 1 min an interturn overvoltage of 4.5 kV peak across the complete secondary winding.

For some types of transformers, lower values can be accepted in accordance with the test procedure given in Clause 19.

10.6 *Creepage distance*

For outdoor insulation sensitive to pollution, the required minimum creepage distance measured on the insulation surface is given in Table III. In addition, the ratio between the total minimum creepage distance and the arcing distance should generally not exceed 3.5:1.

TABLEAU III

Niveau de pollution	Ligne de fuite nominale spécifique minimale entre phase et terre (mm/kV entre phases)
I Faible	16
II Moyen	20
III Fort	25
IV Très fort	31

Notes 1. - La définition des différentes classes de pollution est encore à l'étude.

Il est reconnu que la performance de l'isolation superficielle est largement affectée par la forme de l'isolateur.

2. - Les essais de pollution artificielle, décrits dans la Publication 507 (rapport) de la CEI: Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif, ne sont pas inclus dans la présente norme. Une expérience complémentaire est encore nécessaire avant qu'une prescription pour ces essais, fondée sur ce rapport, puisse être publiée.

10.7 Altitude

La décharge disruptive d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques qui sont prédominantes. Pour s'assurer que les tensions de tenue de l'isolation externe d'un transformateur de courant destiné à fonctionner à des altitudes dépassant 1 000 m au-dessus du niveau de la mer sont suffisantes, il faut normalement augmenter la distance d'amorçage.

A titre d'indication générale, la tension assignée de tenue sur laquelle est fondée la distance d'amorçage devrait être accrue de 1% par 100 m au-delà de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

SECTION TROIS - ESSAIS - GÉNÉRALITÉS

11. 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 doivent 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 ont convenu.

TABLE III

Pollution level	Minimum nominal specific creepage distance between phase and earth (mm/phase-to-phase kV)
I Light	16
II Medium	20
III Heavy	25
IV Very heavy	31

Notes 1. – The definition of the various pollution classes is still under consideration.

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

2. – Artificial pollution tests, described in IEC Publication 507 (Report): Artificial Pollution Tests on High-voltage Insulators to be Used on A.C. Systems, are not included in this standard. More experience is needed before a test requirement based on this report can be issued.

10.7 Altitude

The disruptive discharge of external insulation depends on the prevailing atmospheric conditions. In order to ensure that the withstand voltages of the external insulation of a current transformer intended for operation at altitudes exceeding 1 000 m above sea level are sufficient, the arcing distance normally has to be increased.

For general guidance, the rated withstand voltage on which the arcing distance is based should be increased by 1% for each 100 m in excess of 1 000 m above sea level.

SECTION THREE – TESTS – GENERAL

11. 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.

11.1 *Essais de type*

Les essais suivants sont des essais de type. Pour les détails, se référer aux articles appropriés:

- a) Essai(s) de tenue aux courants de court-circuit (article 12).
- b) Essai d'échauffement (article 13).
- c) Essai au choc de foudre (article 14).
- d) Essai au choc de manœuvre (article 14).
- e) Essais sous pluie pour les transformateurs du type extérieur (article 15).
- f) Détermination des erreurs (articles 29, 31 et 39).

Les essais diélectriques de type doivent normalement être exécutés sur le même transformateur, sauf spécification contraire.

Après que les transformateurs ont été soumis aux essais diélectriques de type du paragraphe 11.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels du paragraphe 11.2.

11.2 *Essais individuels*

Les essais suivants sont des essais individuels. Pour les détails, se référer aux articles appropriés:

- a) Vérification du marquage des bornes (article 16).
- b) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (article 18).
- c) Essai de tenue à fréquence industrielle entre sections (article 18).
- d) Essai de surtension entre spires (article 19).
- e) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires (article 17).
- f) Mesure des décharges partielles (article 17).
- g) Détermination des erreurs (articles 30 et 40).

A l'exception du fait que la détermination des erreurs du point g) doit être effectuée après les essais des points b), c) et d), l'ordre ou une combinaison possible des autres essais n'est pas normalisé.

La répétition éventuelle d'essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires est effectuée à 80% de la tension d'essai spécifiée, sauf lorsque la méthode II a été adoptée.

11.3 *Essais spéciaux*

Les essais suivants sont des essais spéciaux. Pour les détails, se référer aux articles appropriés:

- a) Essai de choc de foudre coupé (article 20).
- b) Mesure du facteur de dissipation diélectrique (article 21).

SECTION QUATRE – ESSAIS DE TYPE

12. **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 17 °C et 27 °C.

11.1 *Type tests*

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

- a) Short-time current test(s) (Clause 12).
- b) Temperature-rise test (Clause 13).
- c) Lightning-impulse test (Clause 14).
- d) Switching-impulse test (Clause 14).
- e) Wet tests for outdoor type transformers (Clause 15).
- f) Determination of errors (Clauses 29, 31 and 39).

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

After transformers have been subjected to the dielectric type tests of Sub-clause 11.1, they shall be subjected to all the routine tests of Sub-clause 11.2.

11.2 *Routine tests*

The following tests are routine tests; for details, reference should be made to the relevant clauses:

- a) Verification of terminal marking (Clause 16).
- b) Power-frequency withstand test on secondary windings (Clause 18).
- c) Power-frequency withstand test between sections (Clause 18).
- d) Interturn overvoltage test (Clause 19).
- e) Power-frequency withstand test on primary winding (Clause 17).
- f) Partial discharge measurement (Clause 17).
- g) Determination of errors (Clauses 30 and 40).

Apart from the fact that determination of errors of Item g) shall be performed after the tests of Items b), c) and d), the order or possible combination of the other tests is not standardized.

Repeat power-frequency tests on primary windings should be performed at 80% of the specified test voltage, except when Method II has been adopted.

11.3 *Special tests*

The following tests are special tests; for details, reference should be made to the relevant clauses:

- a) Chopped lightning-impulse test (Clause 20).
- b) Measurement of the dielectric dissipation factor (Clause 21).

SECTION FOUR - TYPE TESTS

12. **Short-time current tests**

For the thermal short-time current I_{th} test, the transformer shall initially be at a temperature between 17 °C and 27 °C.

L'essai thermique doit être effectué avec le (les) circuit(s) secondaire(s) 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^2t) 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 (les) circuit(s) secondaire(s) 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}).

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 30 °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 dans les articles 17, 18 et 19 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).

Ce dernier examen n'est pas exigé si la densité du courant pour le courant assigné thermique (I_{th}) ne dépasse pas 160 A/mm², l'enroulement étant en cuivre de conductivité au moins égale à 97% de la valeur indiquée dans la Publication 28 de la CEI: Spécification internationale d'un cuivre type recuit.

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 nominal ne dépasse pas 180 A/mm², l'enroulement étant en cuivre de conductivité au moins égale à 97% de la valeur indiquée dans la Publication 28 de la CEI. En conséquence, la vérification que cette condition est satisfaite peut remplacer l'essai précédent, s'il en est ainsi convenu entre le constructeur et l'acheteur.

13. Essai d'échauffement

Un essai doit être fait pour vérifier la conformité aux prescriptions de l'article 9. 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.

14. Essais au choc de l'enroulement primaire

14.1 Généralités

Les essais au choc sont effectués conformément à la Publication 60 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

La tension d'essai est appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire (reliées entre elles) et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes d'enroulement(s) secondaire(s) sont reliés à la terre.

This test shall be made with the secondary winding(s) short-circuited and at a current I for a time t , such 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}).

The transformer shall be deemed to have passed these tests if, after cooling to ambient temperature (between 10 °C and 30 °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 Clauses 17, 18 and 19 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, does not exceed 160 A/mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97% of the value given in IEC Publication 28: International Standard of Resistance for Copper.

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 current, does not exceed 180 A/mm², where the winding is of copper of conductivity not less than 97% of the value given in IEC Publication 28. Consequently, compliance with this requirement may take the place of tests, if agreed between manufacturer and purchaser.

13. Temperature-rise test

A test shall be made to prove compliance with the requirements of Clause 9. 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.

14. Impulse tests on primary windings

14.1 General

The impulse tests shall be performed in accordance with IEC Publication 60: High-Voltage Test Techniques.

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

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

Un claquage de l'isolation au cours de l'essai peut être mis en évidence par la variation de la forme d'onde de la tension entre la tension de référence et la tension assignée de tenue.

On peut améliorer la détection des défauts en complétant les enregistrements de tension par des enregistrements du (ou des) courant(s) de terre.

14.2 *Essai au choc de foudre*

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans les tableaux IIA, IIB, IIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

14.2.1 *Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV*

L'essai est exécuté en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité sont 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'un défaut de l'isolation n'a été 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 le constructeur et l'acheteur conviennent d'autres essais pour vérifier l'isolation externe, le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois de chaque polarité, sans correction pour conditions atmosphériques.

14.2.2 *Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV*

L'essai est exécuté en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité sont appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur a satisfait à l'essai si:

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

14.3 *Essai au choc de manœuvre*

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

L'essai est effectué en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité sont appliqués, avec correction pour conditions atmosphériques.

Sur les transformateurs de type extérieur, l'essai est effectué sous pluie. L'essai à sec n'est pas exigé.

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

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 the recording of earth current(s), as a complement to the voltage records.

14.2 *Lightning-impulse test*

The test voltages shall have the appropriate values given in Tables IIA, IIB and IIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

14.2.1 *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.

14.2.2 *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).

14.3 *Switching-impulse test*

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

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

Outdoor-type transformers shall be subjected to wet test. Dry test is not required.

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'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

15. Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur

Afin de vérifier les performances de l'isolation externe, les transformateurs de type extérieur sont soumis aux essais sous pluie.

Les modalités des essais sous pluie sont conformes au paragraphe 8.1 de la Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

15.1 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

L'essai est effectué conformément au paragraphe 17.2 avec une tension à fréquence industrielle corrigée en fonction des conditions atmosphériques.

15.2 Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV

L'essai est constitué par l'essai au choc de manœuvre conformément au paragraphe 14.3.

SECTION CINQ – ESSAIS INDIVIDUELS

16. Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct (voir article 22).

17. Essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles

17.1 Généralités

Les essais à fréquence industrielle sont effectués conformément à la Publication 60 de la CEI.

La tension d'essai est appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire (reliées entre elles) et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes d'enroulement(s) secondaire(s) sont reliés à la terre.

La mesure des décharges partielles est effectuée conformément à la Publication 44-4 de la CEI.

L'amplitude minimale mesurable compte tenu des parasites ou de la sensibilité de mesure du circuit adopté doit en général être inférieure à la moitié de l'amplitude limite spécifiée.

17.2 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

Les tensions d'essai pour les enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV ont les valeurs appropriées indiquées dans les tableaux IIA ou IIB, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. L'essai est effectué pendant 1 min conformément au paragraphe 17.1.

The transformer passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashover occurs 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 (i.e. variations in the waveshape of the recorded quantities).

15. Wet test for outdoor type transformers

In order to verify the performance of the external insulation, outdoor type transformers shall be subjected to wet tests.

The wetting procedure shall be in accordance with Sub-clause 8.1 of IEC Publication 60-1, High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

15.1 Windings having $U_m < 300$ kV

The test shall be performed in accordance with Sub-clause 17.2, with power-frequency voltage corrected for atmospheric conditions.

15.2 Windings having $U_m \geq 300$ kV

The test shall be performed with switching impulse voltage in accordance with Sub-clause 14.3.

SECTION FIVE - ROUTINE TESTS

16. Verification of terminal markings

It shall be verified that the terminal markings are correct (see Clause 22).

17. Power-frequency tests on primary windings and measurement of partial discharges

17.1 General

The power-frequency tests shall be performed in accordance with IEC Publication 60.

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

The measurement of partial discharges shall be performed in accordance with IEC Publication 44-4.

The minimum measurable magnitude due to disturbances or the measuring sensitivity of the adopted circuit shall in general be lower than half the permissible magnitude specified.

17.2 Windings having $U_m < 300$ kV

The test voltages for windings having $U_m < 300$ kV shall have the appropriate values given in Tables IIA and IIB, depending on the highest voltage for equipment. The test shall be performed for 1 min in accordance with Sub-clause 17.1.

17.3 Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV

L'essai à fréquence industrielle pour les enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV est effectué conformément à l'une des méthodes désignées par méthode I ou méthode II dans les paragraphes ci-dessous.

Sauf spécification contraire, la méthode I doit être adoptée.

L'adoption de la méthode II est subordonnée à un accord entre constructeur et acheteur.

17.3.1 Méthode I

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IID, en fonction de la tension assignée de tenue au choc de foudre. L'essai est effectué pendant 1 min conformément au paragraphe 17.1.

17.3.2 Méthode II

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIE, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. Les modalités d'essai de la méthode II consistent en l'application d'une tension de précontrainte à fréquence industrielle, d'une courte durée de 10 s. Cette tension de précontrainte est alors réduite, sans interruption, à la tension d'essai de décharges partielles, et maintenue à ce niveau pendant 5 min.

L'amplitude limite des décharges partielles mesurées pendant la dernière minute à la tension spécifiée d'essai de décharges partielles doit être de 10 pC.

18. Essais à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaires et secondaires et sur les enroulements secondaires

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées respectivement indiquées aux paragraphes 10.3 et 10.4. La tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre les bornes de chaque enroulement secondaire ou section d'enroulement et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre), et les bornes de tous les autres enroulements ou sections d'enroulements sont reliés ensemble et à la terre.

19. Essai de surtension entre spires

L'essai de surtension entre spires destiné à satisfaire aux spécifications du paragraphe 10.5 est exécuté conformément à l'une des modalités d'essais indiquées ci-dessous.

Modalité A

L'enroulement secondaire en essai étant ouvert (ou étant relié à un dispositif à haute impédance qui mesure la tension de crête), un courant alternatif pratiquement sinusoïdal de fréquence comprise entre 40 Hz et 62 Hz (conformément à la Publication 60 de la CEI) et de valeur efficace égale ou inférieure au courant primaire assigné (ou courant étendu assigné s'il y a lieu) doit être appliqué pendant 1 min à l'enroulement primaire, de façon à induire dans l'enroulement secondaire complet une tension dont la valeur de crête est égale à la valeur spécifiée pour l'essai.

Modalité B

L'enroulement primaire étant ouvert, la tension spécifiée pour l'essai (à une fréquence appropriée) doit être appliquée pendant 1 min à l'enroulement secondaire complet: la valeur efficace du courant secondaire ne doit pas dépasser le courant secondaire assigné (le courant étendu assigné s'il y a lieu).

La valeur de la fréquence d'essai ne doit pas dépasser cinq fois la fréquence assignée; à cette valeur de fréquence, la valeur de la tension d'essai peut être égale à la valeur obtenue pour le courant secondaire assigné (pour le courant étendu assigné s'il y a lieu).

17.3 Windings having $U_m \geq 300$ kV

The power frequency test for windings having $U_m \geq 300$ kV shall be carried out in accordance with one of the methods indicated as Method I and Method II in the following sub-clauses.

Method I should be used unless otherwise specified.

The use of Method II shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

17.3.1 Method I

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IID, depending on the rated lightning-impulse withstand voltage. The test shall be performed for 1 min in accordance with Sub-clause 17.1.

17.3.2 Method II

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIE, depending on the highest voltage for equipment. The Method II test procedure shall consist of a short-time application for 10 s at the power-frequency prestress voltage. This prestress voltage is then reduced to the partial discharge test voltage without interruption and maintained at this level for 5 min.

The maximum permissible partial discharge magnitude measured during the final minute at the specified partial discharge test voltage shall be 10 pC.

18. Power-frequency tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings

The test voltage shall have the appropriate values given in Sub-clauses 10.3 and 10.4. The test voltage shall be applied for 1 min in turn between the terminals of each secondary winding or section of winding and earth. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed) and the terminals of all other windings or sections shall be connected together and to earth.

19. Test of interturn insulation

The interturn overvoltage test to meet the requirements of Sub-clause 10.5 shall be performed in accordance with one of the test procedures given below.

Procedure A

With the secondary winding open-circuited (or connected to a high impedance device which reads peak voltage), a substantially sinusoidal alternating current at a frequency between 40 Hz and 62 Hz (in accordance with IEC Publication 60) and of r.m.s. value less than or equal to the rated primary current (or rated extended current when applicable) shall be applied for 1 min to the primary winding, sufficient to produce a voltage at the secondary terminals having a peak value equal to the prescribed test voltage.

Procedure B

With the primary winding open-circuited, the prescribed test voltage (at some suitable frequency) shall be applied for 1 min to the secondary terminals providing that the r.m.s. value of the secondary current does not exceed the rated secondary current (or rated extended current when applicable).

The value of the test frequency shall be not greater than five times the rated frequency; at this frequency value, the prescribed test voltage may be the value obtained at the rated secondary current (extended range current when applicable).

SECTION SIX - ESSAIS SPÉCIAUX

20. Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires

L'essai n'est effectué qu'en polarité négative et est combiné avec l'essai au choc de foudre plein de polarité négative, de la façon décrite ci-dessous.

La tension de choc de foudre normalisée est coupée après 2 à 5 μ s. Le circuit de coupure est tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée de l'onde enregistrée soit limitée à environ 30% de l'onde coupée. La séquence d'application des chocs est la suivante:

- a) Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV
 - une onde pleine 100%
 - deux ondes coupées 100%
 - quatorze ondes pleines 100%
- b) Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV
 - une onde pleine 100%
 - deux ondes coupées 100%
 - deux ondes pleines 100%

Des différences dans les formes des ondes pleines des chocs appliqués avant et après les chocs coupés indiquent un défaut interne.

Il n'y a pas à tenir compte de contournements le long d'une isolation externe autorégénératrice pendant les chocs coupés, dans l'évaluation du comportement de l'isolation externe.

21. Mesure du facteur de dissipation diélectrique

La mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) est faite après l'essai à fréquence industrielle des enroulements primaires. La température ambiante et la température du matériel en essai doivent être comprises entre 10 °C et 30 °C.

La mesure du facteur de dissipation diélectrique est faite au moyen d'un pont de Schering ou par une autre méthode équivalente.

La tension d'essai est appliquée aux bornes de l'enroulement primaire court-circuité. Généralement l'enroulement (ou les enroulements) secondaire(s) court-circuité(s), les écrans éventuels et le châssis métallique isolé sont reliés au pont de mesure. Si le transformateur est équipé d'un dispositif spécial (borne) approprié à cette mesure, les autres bornes sont court-circuitées et reliées au châssis métallique mis à la terre ou protégé par écran.

SECTION SEPT - MARQUAGE

22. 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.

SECTION SIX - SPECIAL TESTS

20. Chopped lightning-impulse test on primary windings

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

The standard lightning impulse shall be chopped after 2 to 5 μ s. The chopping circuit shall be so arranged that the amount of overswing to opposite polarity of the recorded impulse shall be limited to approximately 30% of the chopped impulse. The sequence of the impulse applications shall be as follows:

- a) Windings having $U_m < 300$ kV
 - one 100% full impulse
 - two 100% chopped impulses
 - fourteen 100% full impulses
- b) Windings having $U_m \geq 300$ kV
 - one 100% full impulse
 - two 100% chopped impulses
 - two 100% full impulses

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

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

21. Measurement of dielectric dissipation factor

The measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be made after the power-frequency test on the primary windings. The ambient temperature and the temperature of the equipment under test shall be between 10 °C and 30 °C.

The measurement of the dielectric dissipation factor shall be made by means of a Schering Bridge or other equivalent method.

The test voltage shall be applied to the short-circuited primary winding terminals. Generally the short-circuited secondary winding(s), any screen and the isolated metal casing shall be connected to the measuring bridge. If the transformer has a special device (terminal) suitable for the measurement, the other terminals shall be short-circuited and connected to the earthed or the screened metal casing.

SECTION SEVEN - MARKING

22. 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 tappings, if any.

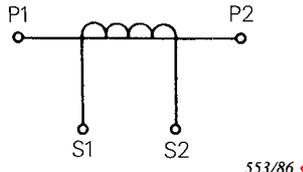
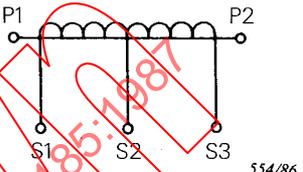
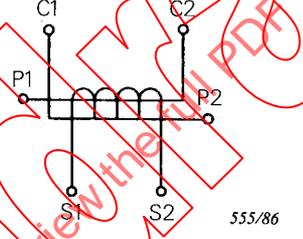
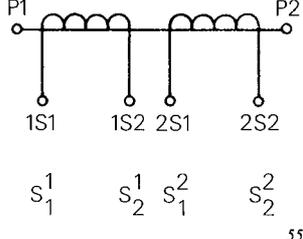
22.1 *Mode de marquage*

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.

22.2 *Marques à employer*

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

<p>Bornes du primaire</p> <p>Bornes du secondaire</p>	 <p>553/86</p> <p>FIG. 1. - Transformateur à un seul rapport de transformation.</p>	 <p>554/86</p> <p>FIG. 2. - Transformateur avec une sortie intermédiaire au secondaire.</p>
<p>Bornes du primaire</p> <p>Bornes du secondaire</p>	 <p>555/86</p> <p>FIG. 3. - Transformateur à 2 sections dans l'enroulement primaire, pour montage série-parallèle.</p>	 <p>556/86</p> <p>FIG. 4. - Transformateurs à 2 enroulements secondaires; chacun sur un noyau magnétique propre. (Deux variantes pour les bornes secondaires.)</p>

22.3 *Indications relatives à la polarité des bornes*

Les bornes marquées P 1, S 1, C 1 doivent avoir, à tout instant, la même polarité.

23. **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 article 32);

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

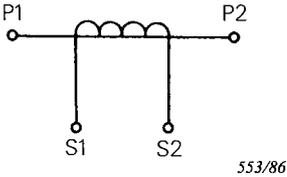
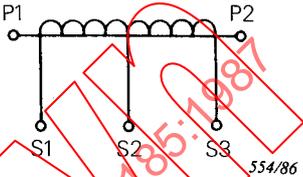
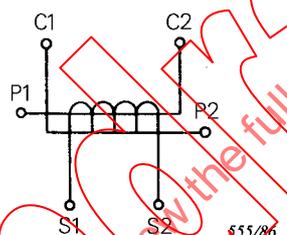
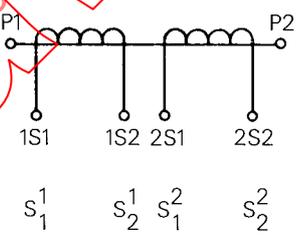
22.1 Method of marking

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.

22.2 Markings to be used

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

Primary terminals		
Secondary terminals	FIG. 1. - Single ratio transformer. 553/86	FIG. 2. - Transformer with an intermediate tapping on secondary winding. 554/86
Primary terminals		
Secondary terminals	FIG. 3. - Transformer with primary winding in 2 sections intended for connections either in series or in parallel. 555/86	FIG. 4. - Transformer with 2 secondary windings; each with its own magnetic core. (Two alternative markings for the secondary terminals.) 556/86

22.3 Indication of relative polarities

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

23. Rating plate markings

All current transformers shall carry at least the following markings:

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

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

- the rated frequency (e.g. 50 Hz);
- the rated output and the corresponding accuracy class, together with additional information specified in later parts of these recommendations (see Clause 32);

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) 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).

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

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

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

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

- h) le courant de court-circuit thermique assigné (I_{th}) et le courant dynamique correspo si celui-ci diffère de $2,5 I_{th}$ (par exemple: 13 kA ou 13/40 kA);
- i) la classe d'isolement 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 lements et des bornes correspondantes.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60185:1987

- 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).

Notes 1. – The two Items f) and g) may be combined into one marking (e.g. 1.2/6/ – kV* or 145/275/650 kV).

*2. – A dash indicates absence of an impulse voltage level.

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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60185:1987

CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR MESURES

SECTION HUIT - GÉNÉRALITÉS

24. Domaine d'application

Le chapitre II comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs pour mesures, ceux qui sont indiqués dans le premier chapitre.

25. Définitions

25.1 Transformateur de courant pour mesures

Transformateur de courant destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs et autres appareils analogues.

25.2 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:

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

où:

K_n = rapport de transformation assigné

I_p = valeur efficace du courant primaire

i_p = valeur instantanée du courant primaire

i_s = valeur instantanée du courant secondaire

T = valeur de la période des courants

25.3 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. - L'erreur composée devra être 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.

25.4 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.

CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR MEASURING CURRENT TRANSFORMERS

SECTION EIGHT – GENERAL

24. Scope

Chapter II covers the requirements and tests, in addition to those in Chapter I, that are necessary for current transformers for use with electrical measuring instruments.

25. Definitions

25.1 *Measuring current transformer*

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

25.2 *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 = rated transformation ratio

I_p = r.m.s. value of the primary current

i_p = instantaneous value of the primary current

i_s = instantaneous value of the secondary current

T = duration of one cycle

25.3 *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.

25.4 *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.

25.5 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'au paragraphe 34.5 et dans l'article 39 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.

25.6 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.

SECTION NEUF - PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

26. Classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures – Indice de classe

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.

26.1 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.

27. 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 IV, 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 IVA 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 V 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 sera inférieure à 1 VA.

25.5 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 Sub-clause 34.5 and Clause 39 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.

25.6 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.

SECTION NINE – ACCURACY REQUIREMENTS

26. Accuracy class designation

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.

26.1 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for measuring current transformers are:

0.1 – 0.2 – 0.5 – 1 – 3 – 5.

27. Limits of current error and phase displacement

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 IV 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 IV A 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 V 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.

TABLEAU IV
Limites de l'erreur

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, ±, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné				Déphasage, ±, 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	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

TABLEAU IV A
Limites de l'erreur des transformateurs de courant pour applications particulières
Ce tableau est applicable uniquement à des transformateurs dont le courant secondaire assigné est égal à 5 A

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, ±, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné					Déphasage, ±, 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
0,2S	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
0,5S	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

TABLEAU V
Limites de l'erreur

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, ±, 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.

TABLE IV
Limits of error

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 IV A

*Limits of error for current transformers for special applications
This table is applicable only to transformers having a rated secondary current of 5 A*

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
0.2S	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
0.5S	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

TABLE V

Limits of error

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.

28. 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 des courants, laquelle est exprimée en pour-cent du courant primaire assigné.
- b) Dans le tableau IV, 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.

SECTION DIX - ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

29. Essais de type

Les essais de type destinés à prouver la conformité des transformateurs de classes de précision 0,1 à 1 aux prescriptions de l'article 27 seront exécutés pour toutes les valeurs indiquées dans le tableau IV 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 IV pour 120% seront exécutés au courant d'échauffement.

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

30. Essais individuels

Les essais individuels seront en principe les mêmes que les essais de type prévus à l'article 29; 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 l'article 27.

31. Courant 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%:

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

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.

28. Extended current rating

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:

- a) The rated continuous thermal current shall be the rated extended primary current expressed as a percentage of the rated primary current.
- b) The limits of current error and phase displacement prescribed for 120% of rated primary current in Table IV 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.

SECTION TEN - TESTS FOR ACCURACY

29. Type tests

Type tests to prove compliance with Clause 27 shall, in the case of transformers of Classes 0.1 to 1, be made at each value of current given in Table IV 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 V at 50% and at 100% of rated burden (subject to 1 VA minimum).

30. Routine tests

The routine test for accuracy is in principle the same as the type test in Clause 29, 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 Clause 27.

31. Instrument security current

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%:

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

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

Note. – L'essai indirect présente le grand avantage de ne nécessiter ni la mise en œuvre 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 3 000 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.

SECTION ONZE – MARQUAGE

32. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour mesures

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de l'article 23.

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 (article 28), 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 l'article 7: 15 VA classe 1–7 VA classe 0,5).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF & IEC 60044-1:1985

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 3 000 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.

SECTION ELEVEN – MARKING

32. Marking of the rating plate of a measuring current transformer

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with Clause 23.

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 (Clause 28) 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 Clause 7.

CHAPITRE III: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR PROTECTION

SECTION DOUZE - GÉNÉRALITÉS

33. Domaine d'application

Le chapitre III comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs de courant pour protection, ceux qui sont indiqués dans le premier chapitre. Les prescriptions de ce chapitre 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 pour mesure de protection doivent satisfaire aux prescriptions de tous les chapitres de la présente norme.

34. Définitions

34.1 Transformateur de courant pour protection

Transformateur de courant destiné à alimenter des relais de protection.

34.2 Erreur composée*

En régime permanent, valeur efficace de la différence entre:

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

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

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

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

où:

K_n = rapport de transformation assigné

I_p = valeur efficace du courant primaire

i_p = valeur instantanée du courant primaire

i_s = valeur instantanée du courant secondaire

T = valeur de la période des courants

* Voir annexe A.

CHAPTER III: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR PROTECTIVE CURRENT TRANSFORMERS

SECTION TWELVE – GENERAL

33. Scope

Chapter III covers the requirements and tests, in addition to those in Chapter I, that are necessary for current transformers for use with electrical protective relays, and in particular for the 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 dependent 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 chapters of this standard.

34. Definitions

34.1 *Protective current transformer*

A current transformer intended to supply protective relays.

34.2 *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 is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the mathematical expression:

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

where:

K_n = the rated transformation ratio

I_p = the r.m.s. value of the primary current

i_p = the instantaneous value of the primary current

i_s = the instantaneous value of the secondary current

T = the duration of one cycle

* See Appendix A.

34.3 Courant limite de précision assigné

Valeur la plus élevée du courant primaire pour laquelle le transformateur doit satisfaire aux prescriptions concernant l'erreur composée.

34.4 Facteur limite de précision

Rapport entre le courant limite de précision assigné et le courant primaire assigné.

34.5 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.

34.6 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.

SECTION TREIZE - EXIGENCES CONCERNANT LA PRÉCISION**35. Valeurs normales des facteurs limites de précision**

Les valeurs normales des facteurs limites de précision sont:

5 - 10 - 15 - 20 - 30.

36. Classes de précision**36.1 Classe de précision d'un transformateur de courant pour protection - Indice de classe**

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.

36.2 Classes de précision normales

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

5 P et 10 P.

37. Limites des erreurs

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 VI.

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.