

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
186

Deuxième édition
Second edition
1987

Transformateurs de tension

Voltage transformers

Withdrawn



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 186: 1993

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
186

Deuxième édition
Second edition
1987

Transformateurs de tension

Voltage transformers

© 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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	8
PRÉFACE	8

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

Articles		
	SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application		10
2. Prescriptions générales		10
3. Conditions de service		10
4. Définitions		12

SECTION DEUX — VALEURS ASSIGNÉES ET PRESCRIPTIONS APPLICABLES À TOUS LES TRANSFORMATEURS DE TENSION

5. Valeurs normales des tensions assignées	18
6. Valeurs normales de la puissance de précision	18
7. Valeurs normales du facteur de tension assigné	20
8. Limites d'échauffement	20
9. Spécifications relatives à l'isolement	24
9 bis. Tenue au court-circuit	32

SECTION TROIS — ESSAIS — GÉNÉRALITÉS

10. Classification des essais	32
-------------------------------------	----

SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE

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

SECTION CINQ — ESSAIS INDIVIDUELS

15. Vérification du marquage des bornes	40
16. Essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles	40
17. Essais à fréquence industrielle entre sections et sur les enroulements secondaires	44

SECTION SIX — ESSAIS SPÉCIAUX

18. Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires	44
--	----

SECTION SEPT — MARQUAGE

19. Indications à porter sur la plaque signalétique	46
---	----

SECTION HUIT — MARQUAGE DES BORNES

20. Généralités	46
21. Marquage	46

CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS DE TENSION MONOPHASÉS POUR MESURES

SECTION NEUF — GÉNÉRALITÉS

22. Domaine d'application	50
23. Définitions	50

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

24. Désignation de la classe de précision — Indice de classe	50
25. Limites de l'erreur de tension et du déphasage	50

SECTION ONZE — ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

26. Essais de type	52
26 bis. Essais individuels	52

SECTION DOUZE — MARQUAGE

27. Indications à porter sur la plaque signalétique d'un transformateur de tension pour mesures	52
---	----

CONTENTS

FOREWORD	9
PREFACE	9
CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS	
Clause	SECTION ONE — GENERAL
1. Scope	11
2. General requirements	11
3. Service conditions	11
4. Definitions	13
SECTION TWO — RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS	
5. Standard values of rated voltages	19
6. Standard values of rated output	19
7. Standard values of rated voltage factor	21
8. Limits of temperature rise	21
9. Insulation requirements	25
9 a. Short-circuit withstand capability	33
SECTION THREE — TESTS — GENERAL	
10. Classification of tests	33
SECTION FOUR — TYPE TESTS	
11. Temperature-rise test	35
12. Short-circuit withstand capability test	37
13. Impulse tests on primary winding	37
14. Wet test for outdoor type transformers	41
SECTION FIVE — ROUTINE TESTS	
15. Verification of terminal markings	41
16. Power-frequency tests on primary windings and measurement of partial discharges	41
17. Power-frequency tests between sections and on secondary windings	45
SECTION SIX — SPECIAL TESTS	
18. Chopped lightning impulse test on primary windings	45
SECTION SEVEN — MARKING	
19. Rating plate markings	47
SECTION EIGHT — TERMINAL MARKINGS	
20. General	47
21. Markings	47
CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR SINGLE-PHASE MEASURING VOLTAGE TRANSFORMERS	
SECTION NINE — GENERAL	
22. Scope	51
23. Definitions	51
SECTION TEN — ACCURACY REQUIREMENTS	
24. Accuracy class designation	51
25. Limits of voltage error and phase displacement	51
SECTION ELEVEN — TESTS FOR ACCURACY	
26. Type tests	53
26 a. Routine tests	53
SECTION TWELVE — MARKING	
27. Marking of the rating plate of a measuring voltage transformer	53

CHAPITRE III: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS DE TENSION MONOPHASÉS POUR PROTECTION

SECTION TREIZE — GÉNÉRALITÉS

	Pages
28. Domaine d'application	54
29. Définitions	54

SECTION QUATORZE — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

30. Désignation de la classe de précision	54
31. Limites de l'erreur de tension et du déphasage	56

SECTION QUINZE — PRESCRIPTIONS CONCERNANT L'ENROULEMENT SECONDAIRE DE TENSION RÉSIDUELLE

32. Tensions secondaires nominales	56
33. Puissance de précision	58
34. Classe de précision	58

SECTION SEIZE — ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

35. Essais de type	58
36. Essais individuels	58

SECTION DIX-SEPT — MARQUAGE

37. Indications à porter sur la plaque signalétique d'un transformateur de tension pour protection	58
--	----

CHAPITRE IV: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION

SECTION DIX-HUIT — GÉNÉRALITÉS

38. Domaine d'application	60
39. Prescriptions générales	60
40. Définitions	60

SECTION DIX-NEUF — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LES VALEURS ASSIGNÉES ET EXIGENCES RELATIVES AU FONCTIONNEMENT

41. Domaine de référence normal de la fréquence	64
42. Valeurs normales de la puissance de sortie assignée	64

SECTION VINGT — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

43. Classes de précision normales	64
44. Limites de l'erreur de tension et du déphasage	64

SECTION VINGT ET UN — EFFETS DES PHÉNOMÈNES TRANSITOIRES

45. Ferro-résonance	64
46. Réponse transitoire	66

SECTION VINGT-DEUX — DISPOSITIF DE COUPLAGE

47. Dispositif de couplage pour courant porteur	66
---	----

SECTION VINGT-TROIS — ESSAIS

48. Généralités	66
-----------------------	----

SECTION VINGT-QUATRE — ESSAIS DE TYPE

49. Essai d'échauffement	68
50. Essai à la tension de choc	68
51. Essais de ferro-résonance	68
52. Essai de réponse transitoire	68
53. Essais concernant la précision	70

SECTION VINGT-CINQ — ESSAIS INDIVIDUELS

54. Essais à fréquence industrielle	72
55. Essais concernant la précision	72

CHAPTER III: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR SINGLE-PHASE PROTECTIVE VOLTAGE TRANSFORMERS

SECTION THIRTEEN — GENERAL

	Page
28. Scope	55
29. Definitions	55

SECTION FOURTEEN — ACCURACY REQUIREMENTS

30. Accuracy class designation	55
31. Limits of voltage error and phase displacement	57

SECTION FIFTEEN — REQUIREMENTS FOR SECONDARY WINDINGS INTENDED TO PRODUCE A RESIDUAL VOLTAGE

32. Rated secondary voltages	57
33. Rated output	59
34. Accuracy class	59

SECTION SIXTEEN — TESTS FOR ACCURACY

35. Type tests	59
36. Routine tests	59

SECTION SEVENTEEN — MARKING

37. Marking of the rating plate of a protective voltage transformer	59
---	----

CHAPTER IV: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITOR VOLTAGE TRANSFORMERS

SECTION EIGHTEEN — GENERAL

38. Scope	61
39. General requirements	61
40. Definitions	61

SECTION NINETEEN — RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS

41. Standard reference range of frequency	65
42. Standard values of rated output	65

SECTION TWENTY — ACCURACY REQUIREMENTS

43. Standard accuracy classes	65
44. Limits of voltage error and phase displacement	65

SECTION TWENTY-ONE — EFFECTS OF TRANSIENTS

45. Ferro-resonance	65
46. Transient response	67

SECTION TWENTY-TWO — COUPLING DEVICE

47. Carrier-frequency coupling device	67
---	----

SECTION TWENTY-THREE — TESTS

48. General	67
-------------------	----

SECTION TWENTY-FOUR — TYPE TESTS

49. Temperature-rise test	69
50. Impulse test	69
51. Ferro-resonance tests	69
52. Transient response test	69
53. Tests for accuracy	71

SECTION TWENTY-FIVE — ROUTINE TESTS

54. Power-frequency tests	73
55. Tests for accuracy	73

SECTION VING-SIX — MARQUAGE

	Pages
56. Indications à porter sur la plaque signalétique d'un transformateur condensateur de tension	74
FIGURES	76
ANNEXE A — Schéma type et schéma du circuit équivalent d'un transformateur condensateur de tension	80
ANNEXE B — Conditions de base autorisant les essais sur circuit équivalent	82
ANNEXE C — Charges pour l'essai de réponse transitoire	84
ANNEXE D — Emploi du circuit équivalent pour les essais individuels de série concernant la précision	86

Withdrawn

SECTION TWENTY-SIX — MARKING

	Page
56. Marking of the rating plate of a capacitor voltage transformer	75
FIGURES	76
APPENDIX A — Typical and equivalent diagrams for a capacitor voltage transformer	80
APPENDIX B — Main condition allowing tests on the equivalent circuit	83
APPENDIX C — Burdens for the transient response test	85
APPENDIX D — Use of the equivalent circuit for the routine tests for accuracy	87

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE TENSION

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.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

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 186(1969) de la CEI, le premier complément (1970), le deuxième complément (1981), ainsi que les modifications n° 1 (1978) et n° 2 (1980).

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)69	38(BC)71	38(BC)73	38(BC)76

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 nos 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: Techniques des essais à haute tension.
- 60-1 (1973): Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
- 71: Coordination de l'isolement.
- 85 (1984): Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.
- 358 (1971): Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs.
- 507 (1975): Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

VOLTAGE 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.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

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

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 186(1969) as well as Supplements A (1970) and B (1981) and Amendments No. 1 (1978) and No. 2 (1980).

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)69	38(CO)71	38(CO)73	38(CO)76

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): Instruments Transformers, Part 4: Measurement of Partial Discharges.

50(321) (1986): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 321: Instrument Transformers.

60: High-Voltage Test Techniques.

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.

358 (1971): Coupling Capacitors and Capacitor Dividers.

507 (1975): Artificial Pollution Tests on High-Voltage Insulators to be Used on A.C. Systems.

TRANSFORMATEURS DE TENSION

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

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux transformateurs neufs, destinés à être utilisés avec des appareils de mesure électriques et des dispositifs électriques de protection, de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Les prescriptions générales du chapitre I sont applicables à tous les transformateurs de tension, mais pour certains types, par exemple les transformateurs-condensateurs de tension, elles doivent être modifiées conformément au chapitre approprié.

Elle est applicable principalement aux transformateurs à enroulement séparés, mais elle est également applicable, dans la mesure du possible, aux autotransformateurs. La norme n'est pas applicable aux transformateurs utilisés dans des laboratoires.

Note. — Bien que la présente norme ne comporte aucun chapitre relatif aux exigences particulières pour les transformateurs de tension triphasés, il a été estimé que les prescriptions générales du chapitre I pourraient leur être applicables. C'est pourquoi l'on trouve dans ce chapitre quelques références à leur cas (voir notamment les paragraphes 4.4 et 5.1, l'article 6 et la section huit).

2. Prescriptions générales

Tous les transformateurs doivent convenir pour l'usage de mesure mais certains, en plus, peuvent convenir pour des usages de protection. Les transformateurs utilisés à la fois pour les mesures et pour la protection doivent être conformes aux chapitres I, II, III et IV de la présente norme.

3. Conditions de service

A défaut de conventions spéciales entre les parties, la présente norme est valable dans les conditions de service ci-après.

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 doit en être averti.

3.1 Température de l'air ambiant

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

3.2 Altitude

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

3.3 Conditions atmosphériques

Atmosphère pas trop polluée.

VOLTAGE TRANSFORMERS

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to new voltage transformers for use with electrical measuring instruments and electrical protective devices at frequencies from 15 Hz to 100 Hz.

The general requirements of this chapter apply to all voltage transformers, but, for certain types, for example capacitor voltage transformers, the requirements are subject to the modifications stated in the appropriate chapter.

Although the requirements relate basically to transformers with separate windings, they are also applicable, where appropriate, to auto-transformers. The standard does not apply to transformers for use in laboratories.

Note. — Requirements specific to three-phase voltage transformers are not included in this standard but, so far as they are relevant, the requirements in Chapter I apply to these transformers and a few references to them are included in Chapter I (e.g. see Sub-clauses 4.4 and 5.1, Clause 6 and Section Eight).

2. General requirements

All the transformers shall be suitable for measuring purposes, but, in addition, certain types may be suitable for protection purposes. Transformers for the dual purpose of measurement and protection shall comply with Chapters I, II, III and IV of this standard.

3. Service conditions

Unless otherwise specified, this standard is valid for the following service conditions.

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

3.1 Ambient air temperature

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

3.2 Altitude

Up to 1 000 m (3 300 ft) above sea level.

3.3 Atmospheric conditions

Atmospheres which are not heavily polluted.

3.4 *Situation du neutre du réseau*

- 1) Neutre isolé (voir paragraphe 4.20).
- 2) Neutre mis à la terre par bobine d'extinction (voir paragraphe 4.21).
- 3) Neutre mis à la terre (voir paragraphe 4.23):
 - a) neutre effectivement à la terre;
 - b) neutre non effectivement à la terre.

4. 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 du VEI.

4.1 *Transformateur de mesure*

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

4.2 *Transformateur de tension*

Transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions (321-03-01).

4.3 *Transformateur de tension non mis à la terre*

Transformateur de tension dont toutes les parties de l'enroulement primaire, y compris les bornes, sont isolées par rapport à la terre à un niveau qui correspond à son niveau d'isolement assigné.

4.4 *Transformateur de tension mis à la terre*

Transformateur de tension monophasé destiné à avoir l'une des extrémités de son enroulement primaire reliée directement à la terre ou transformateur de tension triphasé destiné à avoir le point neutre de ses enroulements primaires relié directement à la terre.

4.5 *Enroulement primaire*

Enroulement auquel est appliquée la tension à transformer.

4.6 *Enroulement secondaire*

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

4.7 *Circuit secondaire*

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

4.8 *Tension primaire assignée*

Valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-12 modifié).

4.9 *Tension secondaire assignée*

Valeur de la tension secondaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-16 modifié).

3.4 *System earthing*

- 1) Isolated neutral system (see Sub-clause 4.20).
- 2) Resonant earthed system (see Sub-clause 4.21).
- 3) Earthed neutral system (see Sub-clause 4.23):
 - a) effectively earthed neutral system;
 - b) non-effectively earthed neutral system.

4. Definitions

For the purpose 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 number in brackets.

4.1 *Instrument transformer*

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

4.2 *Voltage transformer*

An instrument transformer in which the secondary voltage, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary voltage and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections (321-03-01).

4.3 *Unearthed voltage transformer*

A voltage transformer which has all parts of its primary winding, including terminals, insulated from earth to a level corresponding to its rated insulation level.

4.4 *Earthed voltage transformer*

A single-phase voltage transformer which is intended to have one end of its primary winding directly earthed or a three-phase voltage transformer which is intended to have the star-point of its primary winding directly earthed.

4.5 *Primary winding*

The winding to which the voltage to be transformed is applied.

4.6 *Secondary winding*

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

4.7 *Secondary circuit*

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

4.8 *Rated primary voltage*

The value of the primary voltage which appears in the designation of the transformer and on which its performance is based (321-01-12 modified).

4.9 *Rated secondary voltage*

The value of the secondary voltage which appears in the designation of the transformer and on which its performance is based (321-01-16 modified).

4.10 *Rapport de transformation*

Rapport de la tension primaire réelle à la tension secondaire réelle (321-01-18 modifié).

4.11 *Rapport de transformation assigné*

Rapport de la tension primaire assignée à la tension secondaire nominale (321-01-20 modifié).

4.12 *Erreur de tension (erreur de rapport)*

Erreur que le transformateur introduit dans la mesure d'une tension et qui provient de ce que le rapport de transformation n'est pas égal au rapport de transformation assigné (321-01-22 modifié).

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

$$\text{erreur de tension \%} = \frac{k_n U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

dans laquelle:

k_n est le rapport de transformation assigné

U_p est la tension primaire

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

4.13 *Déphasage*

Différence de phase entre les vecteurs des tensions primaire et secondaire, le sens des vecteurs étant choisi de façon que cet angle soit nul pour un transformateur parfait (321-01-23 modifié).

Le déphasage est considéré comme positif lorsque le vecteur de la tension secondaire est en avance sur le vecteur de la tension primaire. Il est exprimé habituellement en minutes ou en centiradians.

Note. — Cette définition n'est rigoureuse que pour des tensions sinusoïdales.

4.14 *Classe de précision*

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

4.15 *Charge*

Admittance du circuit secondaire, exprimée en siemens, avec indication du facteur de puissance (en retard ou en avance).

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

4.16 *Charge de précision*

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

4.17 *Puissance de précision*

Valeur de la puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié) que le transformateur peut fournir au circuit secondaire à la tension secondaire assignée lorsqu'il est raccordé à sa charge de précision (321-01-27 modifié).

4.18 *Tension la plus élevée pour le matériel*

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

4.10 Actual transformation ratio

The ratio of the actual primary voltage to the actual secondary voltage (321-01-18 modified).

4.11 Rated transformation ratio

The ratio of the rated primary voltage to the rated secondary voltage (321-01-20 modified).

4.12 Voltage error (ratio error)

The error which a transformer introduces into the measurement of a voltage and which arises when the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio (321-01-22 modified).

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

$$\text{voltage error \%} = \frac{k_n U_s - U_p}{U_p} \times 100$$

where:

k_n is the rated transformation ratio

U_p is the actual primary voltage

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

4.13 Phase displacement

The difference in phase between the primary voltage and the secondary voltage 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 voltage vector leads the primary voltage vector. It is usually expressed in minutes or centiradians.

Note. — This definition is strictly correct for sinusoidal voltages only.

4.14 Accuracy class

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

4.15 Burden

The admittance of the secondary circuit expressed in siemens and power factor (lagging or leading).

Note. — The burden is usually expressed as the apparent power in voltamperes, absorbed at a specified power factor and at the rated secondary voltage.

4.16 Rated burden

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

4.17 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 voltage and with rated burden connected to it (321-01-27 modified).

4.18 Highest voltage for equipment

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

4.19 Niveau d'isolement assigné

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

4.20 Réseau à neutre isolé

Réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre, à l'exception de celles constituées par des dispositifs de signalisation, de mesure ou de protection, de très grande impédance.

4.21 Réseau compensé par bobine d'extinction

Réseau dont le neutre est réuni à la terre par une bobine dont la réactance est de valeur telle que lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule entre le défaut et la bobine neutralise essentiellement la composante capacitive à fréquence fondamentale du courant de défaut.

Note. — Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteigne spontanément.

4.22 Facteur de mise à la terre

Le facteur de mise à la terre en un emplacement déterminé d'un réseau triphasé (généralement le point d'installation d'un matériel), et pour une configuration donnée du réseau, est le rapport, exprimé en pour-cent, de la tension efficace la plus élevée à la fréquence du réseau entre une phase saine et la terre à cet emplacement pendant un défaut à la terre (affectant une ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau) à la tension efficace entre phases à la fréquence du réseau qui serait obtenue au même emplacement avec disparition du défaut.

4.23 Réseau à neutre à la terre

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

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de mise à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 80%.

Note. — Cette condition est approximativement réalisée quand 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 inférieur à 1 pour toutes les configurations du réseau.

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de mise à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 80%.

4.24 Installation en situation exposée

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

Note. — Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes directement ou par l'intermédiaire de câbles de faible longueur.

4.25 Installation en situation non exposée

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

Note. — Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains.

4.26 Fréquence assignée

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

4.19 *Rated insulation level*

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

4.20 *Isolated neutral system*

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

4.21 *A 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 phase-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by this reactor substantially neutralizes the power-frequency capacitance component of the earth-fault current.

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

4.22 *Factor of earthing*

The factor of earthing at a selected location of a three-phase system (generally, the point of installation of 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 fault-free phase at the selected location during a fault to earth (affecting one or more phases at any point) to the line-to-line r.m.s. power-frequency voltage which would be obtained at the selected location with the fault removed.

4.23 *An 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 transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection.

- a) A three-phase system with effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by a factor of earthing at this point which does not exceed 80%.

Note. — This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than 3 and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than 1.

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

4.24 *Exposed installation*

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

Note. — Such installations are usually connected to overhead transmission lines either directly or through a short length of cable.

4.25 *Non-exposed installation*

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

Note. — Such installations are usually connected to underground cable networks.

4.26 *Rated frequency*

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

4.27 *Facteur de tension assignée*

Facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée pour déterminer la tension maximale pour laquelle le transformateur doit répondre aux prescriptions d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié ainsi qu'aux prescriptions de précision correspondantes.

SECTION DEUX — VALEURS ASSIGNÉES ET PRESCRIPTIONS APPLICABLES À TOUS LES TRANSFORMATEURS DE TENSION

5. Valeurs normales des tensions assignées

5.1 *Tension primaire assignée*

Les valeurs normales de la tension primaire assignée des transformateurs triphasés et des transformateurs monophasés pour utilisation sur un réseau monophasé, ou entre phases sur un réseau triphasé, doivent être choisies parmi les valeurs des tensions nominales de réseaux désignées comme étant des valeurs usuelles de la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI. Les valeurs normales de la tension primaire assignée des transformateurs monophasés utilisés entre une phase d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre du réseau et la terre sont $1/\sqrt{3}$ fois les valeurs des tensions nominales de réseaux.

Note. — Le fonctionnement d'un transformateur de tension utilisé en transformateur de mesure ou en transformateur de protection est basé sur la tension primaire assignée, tandis que le niveau d'isolement assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevées pour le matériel de la Publication 38 de la CEI.

5.2 *Tension secondaire assignée*

La tension secondaire assignée doit être choisie selon la pratique à l'endroit où le transformateur doit être utilisé. Les valeurs indiquées ci-dessous sont considérées comme des valeurs normales pour les transformateurs monophasés utilisés sur des réseaux monophasés ou montés entre phases de réseaux triphasés:

a) *Basée sur la pratique courante d'un groupe de pays européens:*

100 V et 110 V;

200 V pour les circuits secondaires étendus.

b) *Basée sur la pratique courante aux États-Unis et au Canada:*

120 V pour les réseaux de distribution;

115 V pour les réseaux de transport;

230 V pour les circuits secondaires étendus.

Pour les transformateurs monophasés destinés à être montés en phase et terre dans les réseaux triphasés, pour lesquels la tension primaire assignée est un nombre divisé par $\sqrt{3}$, la tension secondaire assignée doit être l'une des valeurs mentionnées ci-dessus, divisée par $\sqrt{3}$, de manière à conserver la valeur du rapport de transformation assigné.

Notes 1. — La tension secondaire assignée des enroulements destinés à produire la tension secondaire résiduelle est à l'étude.

2. — Dans la mesure du possible, le rapport de transformation assigné devra avoir une valeur simple. Si l'une des valeurs suivantes: 10 - 12 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 80 et leurs multiples décimaux est utilisée pour le rapport de transformation assigné en même temps que l'une des tensions secondaires assignées de ce paragraphe, on obtient la majorité des valeurs normales de tensions nominales de réseaux de la Publication 38 de la CEI.

6. Valeurs normales de la puissance de précision

Les valeurs normales de la puissance de précision, exprimées en voltampères, pour un facteur de puissance de 0,8 (circuit inductif) sont:

10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 VA.

4.27 Rated voltage factor

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

SECTION TWO — RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS

5. Standard values of rated voltages

5.1 Rated primary voltages

The standard values of rated primary voltage of three-phase transformers and of single-phase transformers for use in a single-phase system or between lines in a three-phase system shall be one of the values of nominal system voltage designated as being usual values in IEC Publication 38: IEC Standard Voltages. The standard values of rated primary voltage of a single-phase transformer connected between one line of a three-phase system and earth or between a system neutral point and earth shall be $1/\sqrt{3}$ times one of the values of nominal system voltage.

Note. — The performance of a voltage transformer as a measuring or protection transformer is based on the rated primary voltage, whereas the rated insulation level is based on one of the highest voltages for equipment of IEC Publication 38.

5.2 Rated secondary voltages

The rated secondary voltage shall be chosen according to the practice at the location where the transformer is to be used. The values given below are considered standard values for single-phase transformers in single-phase systems or connected line-to-line in three-phase systems and for three-phase transformers:

a) Based on the current practice of a group of European countries:

100 V and 110 V;
200 V for extended secondary circuits.

b) Based on the current practice in the United States and Canada:

120 V for distribution systems;
115 V for transmission systems;
230 V for extended secondary circuits.

For single-phase transformers intended to be used phase-to-earth in three-phase systems where the rated primary voltage is a number divided by $\sqrt{3}$, the rated secondary voltage shall be one of the fore-mentioned values divided by $\sqrt{3}$, thus retaining the value of the rated transformation ratio.

Notes 1. — The rated secondary voltage for windings intended to produce a residual secondary voltage is under consideration.

2. — Whenever possible, the rated transformation ratio should be of a simple value. If one of the following values: 10 - 12 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 80 and their decimal multiples is used for the rated transformation ratio together with one of the rated secondary voltages of this sub-clause, the majority of the standard values of nominal system voltage of IEC Publication 38 will be covered.

6. Standard values of rated output

The standard values of rated output at a power factor of 0.8 lagging, expressed in volt-amperes, are:

10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 VA.

Les valeurs préférées sont soulignées. La puissance de précision d'un transformateur triphasé est celle par phase.

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.

7. Valeurs normales du facteur de tension assigné

Le facteur de tension est déterminé par la tension maximale de fonctionnement, laquelle dépend à son tour du réseau et des conditions de mise à la terre de l'enroulement primaire du transformateur.

Les valeurs normales du facteur de tension assigné approprié aux différentes conditions de mise à la terre du réseau sont données dans le tableau I ci-après, concurremment avec la durée admissible de l'application de la tension maximale de fonctionnement (c'est-à-dire, durée assignée).

TABLEAU I
Valeurs normales du facteur de tension assigné

Facteur de tension assigné	Durée assignée	Mode de connexion de l'enroulement primaire et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre phases d'un réseau quelconque Entre point neutre de transformateurs en étoile et terre dans un réseau quelconque
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre effectivement à la terre (paragraphe 4.23 a))
1,5	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre non effectivement à la terre (paragraphe 4.23 b)) avec élimination automatique du défaut à la terre
1,9	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre isolé (paragraphe 4.20) sans élimination automatique du défaut à la terre, ou dans un réseau compensé par bobine d'extinction (paragraphe 4.21) sans élimination automatique du défaut à la terre
1,9	8 h	

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

8. Limites d'échauffement

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement ci-après, l'échauffement d'un transformateur de tension à la tension spécifiée, à la fréquence assignée, pour la charge de précision, ou la plus grande des charges de précision lorsque le transformateur en comporte plusieurs, pour un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité, ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée au tableau II.

La tension à appliquer au transformateur doit être celle indiquée à l'alinéa correspondant aux points a), b) ou c) ci-après:

- Tous les transformateurs de tension, quels que soient leur facteur de tension et leur durée assignée doivent être essayés à 1,2 fois la tension primaire assignée. L'essai doit être continué jusqu'à ce que la température du transformateur atteigne un état stable.
- Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,5 pendant 30 s ou de 1,9 pendant 30 s doivent être essayés à leur facteur de tension respectif pendant 30 s comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée effectuée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas alors dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée au tableau II.

The values underlined are preferred values. The rated output of a three-phase transformer shall be the rated output per phase.

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.

7. Standard values of rated voltage factor

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

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

TABLE I
Standard values of rated voltage factors

Rated voltage factor	Rated time	Method of connecting the primary winding and system earthing conditions
1.2	Continuous	Between phases in any network Between transformer star-point and earth in any network
1.2	Continuous	Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (Sub-clause 4.23 a))
1.5	30 s	
1.2	Continuous	Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (Sub-clause 4.23 b)) with automatic earth fault tripping
1.9	30 s	
1.2	Continuous	Between phase and earth in an isolated neutral system without automatic earth fault tripping (Sub-clause 4.20) or in a resonant earthed system (Sub-clause 4.21) without automatic earth fault tripping
1.9	8 h	

Note. — Reduced rated times are permissible by agreement between manufacturer and user.

8. Limits of temperature rise

Unless otherwise specified below, the temperature rise of a voltage transformer at the specified voltage, at rated frequency and at rated burden, or at the highest rated burden if there are several rated burdens, at any power factor between 0.8 lagging and unity, shall not exceed the appropriate value given in Table II.

The voltage to be applied to the transformer shall be in accordance with Item a), b) or c) below, as appropriate:

- All voltage transformers irrespective of voltage factor and time rating* shall be tested at 1.2 times the rated primary voltage. The test shall be continued until the temperature of the transformer has reached a steady state.
- Transformers having a voltage factor of 1.5 for 30 s or 1.9 for 30 s* shall be tested at their respective voltage factor for 30 s starting after the application of 1.2 times rated voltage for a time sufficient to reach stable thermal conditions; the temperature rise shall not exceed by more than 10 K the value specified in Table II.

En variante, de tels transformateurs peuvent être essayés à leur facteur de tension respectif pendant 30 s en partant de l'état froid; l'échauffement des enroulements ne doit pas alors dépasser 10 K.

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

- c) *Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,9 pendant 8 h* doivent être essayés à 1,9 fois la tension assignée pendant 8 h comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée effectuée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas alors dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée au tableau II.

Les valeurs du tableau II sont basées sur les conditions de service énoncées à l'article 3.

Si des températures de l'air ambiant, supérieures à celles indiquées au paragraphe 3.1 ont été spécifiées, les limites d'échauffement du tableau II doivent être réduites d'une quantité égale à l'excédent de la température ambiante.

Si un transformateur est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m et est essayé à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement données au tableau II doivent être réduites des quantités suivantes par 100 m de différence entre l'altitude du lieu d'installation et 1 000 m:

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

L'échauffement des enroulements est limité par la classe d'isolation la plus basse soit de l'enroulement lui-même, soit de la matière environnante dans laquelle il est immergé. Les limites d'échauffement des différentes classes d'isolation sont données dans le tableau II.

TABLEAU II

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 quelques matières, par exemple les résines, le constructeur devra spécifier la classe à laquelle elles appartiennent.

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

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

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

- c) *Transformers having a voltage factor of 1.9 for 8 h* shall be tested at 1.9 times the rated voltage for 8 h starting after the application of 1.2 times rated voltage for a time sufficient to reach stable thermal conditions; the temperature rise shall not exceed by more than 10 K the values specified in Table II.

The values in Table II are based on the service conditions given in Clause 3.

If ambient temperatures in excess of the values given in Sub-clause 3.1 are specified, the permissible temperature rise in Table II 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 II 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 II.

TABLE II
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. — For some materials (e.g. resin) the manufacturer should specify the relevant insulation class.

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

Si le transformateur est muni d'un conservateur d'huile ou si l'huile est surmontée d'un gaz inerte ou si la cuve est scellée hermétiquement, l'échauffement de l'huile, mesuré à la partie supérieure de la cuve ou de l'enveloppe, ne doit pas dépasser 55 K.

Si le transformateur ne possède pas de telles dispositions, l'échauffement de l'huile, mesuré à la partie supérieure de la cuve ou de l'enveloppe, ne doit pas dépasser 50 K.

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

9. Spécifications relatives à l'isolement

9.1 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.

9.1.1 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 IIIA ou IIIB.

9.1.2 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 IIIC.

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

9.2 Autres spécifications pour l'isolation d'un enroulement primaire

9.2.1 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 spécifié. 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 IIID.

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'essais sont indiquées dans le tableau IIIE, 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 devra être considéré comme un essai de type.

When the transformer is fitted with a conservator tank or 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 II.

9. Insulation requirements

9.1 Rated insulation levels, primary windings

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

9.1.1 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 power-frequency short-duration withstand voltages, shall be one of those given in Tables IIA or IIIB.

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

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

9.2 Other requirements for primary winding insulation

9.2.1 Power-frequency withstand voltage

Windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300 \text{ kV}$ shall also be capable of withstanding the specified power-frequency test. There are two alternative methods specified in this standard for windings in this category. These 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 IIID.

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, depending on the highest voltage for equipment U_m , are given in Table IIIE.

Method I shall be used unless otherwise specified.

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

Note. — 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 should be considered a type test.

TABLEAU IIIA

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
	450	185
123	550	230
145	650	275
170	750	325
	850	360
245	950	395
	1 050	460

TABLEAU IIIB

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 États-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)
	Puissance du réseau		
	≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4,40	60	75	19
13,20	95	110	34
13,97			
14,52			
26,4	150		50
36,5	200		70