

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
186

Deuxième édition
Second edition
1987

Transformateurs de tension

Voltage transformers

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1987
Withdrawn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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1987

Withdawn

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1987

Withdawn

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'Études 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'Études 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 n° 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 auto-transformateurs. 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:

- a) *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.
- b) *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:

- a) *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.
- b) *Transformers having a voltage factor of 1.5 for 30 s or 1.9 for 30 s* shall be tested at their respective voltage factor for 30 s starting after the application of 1.2 times rated voltage for a time sufficient to reach stable thermal conditions; the temperature rise shall not exceed by more than 10 K the value specified in Table 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 IIIA 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 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)
	Puissance du réseau		
	≤ 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 IIIA

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

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)	Rated power-frequency short-duration withstand (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
	450	185
123	550	230
145	680	275
170	750	325
	850	360
245	950	395
	1050	460

TABLE IIIB

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment below 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		110	34
14.52			
26.4	150	50	
36.5			200

TABLEAU IIIC

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	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	950	1 175
	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 050	1 425
	1 175	1 550
765	1 300	1 800
	1 425	2 100
	1 550	2 400

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.

TABLEAU IIID

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
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 IIIC

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	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	950	1 175
	1 050	1 300
525	1 050	1 425
	1 175	1 425
765	1 300	1 550
	1 425	1 800
	1 550	2 100
		2 400

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.

TABLE IIND

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

TABLEAU IIIE

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 IIID).

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 devront être subordonnés à un accord spécial entre le constructeur et l'acheteur.

9.2.2 Tension de tenue à fréquence industrielle pour l'extrémité mise à la terre

L'extrémité de l'enroulement primaire destinée à être mise à la terre doit être capable, si elle est isolée de la cuve ou du châssis, de résister à une tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

9.2.3 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. Cette norme s'applique à tous les transformateurs de tension, 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 16.3).

9.2.4 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.

9.3 Spécifications d'isolement entre sections

Pour les enroulements 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.

9.4 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.

9.5 Ligne de fuite

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

TABLE IIIE

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 pre-stress 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 IIID).

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: Instruments 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.

9.2.2 Power-frequency withstand voltage for earthed terminal

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

9.2.3 Partial discharges

The permissible magnitude of partial discharges and the requirements for their measurement are given in IEC Publication 44-4. That standard is applicable to all voltage transformers except transformers having $U_m \geq 300$ kV and requiring adoption of Method II (see Sub-clause 16.3).

9.2.4 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 voltage.

9.3 Between-section insulation requirements

For 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.

9.4 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.

9.5 Creepage distance

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

TABLEAU IV

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.

9.6 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 tension, 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.

9 bis. Tenue au court-circuit

Le transformateur de tension doit être conçu et réalisé de manière à supporter sans dommage, quand il est alimenté sous sa tension assignée, les effets mécaniques et thermiques d'un court-circuit externe pendant 1 s.

SECTION TROIS — ESSAIS — GÉNÉRALITÉS

10. Classification des essais

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

Essai de type

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

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

Essai individuel

Essai auquel est soumis individuellement chaque transformateur.

Essai special

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

TABLE IV

Pollution level	Minimum nominal specific creepage distance between phase and ground (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.

9.6 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 voltage 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.

9 bis. Short-circuit withstand capability

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

SECTION THREE — TESTS — GENERAL

10. 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.

10.1 Essais de type

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

- a) Essai d'échauffement (article 11)
- b) Essai au choc de foudre (article 13)
- c) Essai au choc de manœuvre (article 13)
- d) Essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur (article 14)
- e) Détermination des erreurs (articles 26 et 35)
- f) Essai de tenue au court-circuit (article 12)

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

Après que les transformateurs ont été soumis aux essais diélectriques de type du paragraphe 10.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels du paragraphe 10.2.

10.2 Essais individuels

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

- a) Vérification du marquage des bornes (article 15).
- b) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (article 17).
- c) Essai de tenue à fréquence industrielle entre sections (article 17).
- d) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires (article 16).
- e) Mesure des décharges partielles (article 16).
- f) Détermination des erreurs (paragraphe 26.1 et article 36).

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

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.

10.3 Essais spéciaux

L'essai suivant est un essai spécial. Pour les détails, se référer à l'article approprié:

- a) Essai au choc de foudre coupé (article 18)

SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE

11. Essai d'échauffement

Un essai doit être fait pour vérifier la conformité aux prescriptions de l'article 8. Pour les besoins de cet essai, on admet que le transformateur a atteint sa température de régime lorsque l'échauffement mesuré n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K par heure. La température de l'air ambiant au lieu d'exécution de l'essai doit être comprise entre 10°C et 30°C.

Lorsqu'il existe plus d'un enroulement secondaire, l'essai doit être fait aux valeurs extrêmes de la charge, à moins qu'il n'en soit convenu différemment entre le constructeur et l'acheteur.

Pour cet essai, le transformateur doit être monté d'une manière analogue au montage en service.

10.1 *Type tests*

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

- a) Temperature-rise test (Clause 11)
- b) Lightning-impulse test (Clause 13)
- c) Switching-impulse test (Clause 13)
- d) Wet test for outdoor type transformers (Clause 14)
- e) Determination of errors (Clauses 26 and 35)
- f) Short-circuit withstand capability test (Clause 12)

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

After transformers have been subjected to the dielectric type tests of Sub-clause 10.1, they shall be subjected to all routine tests of Sub-clause 10.2.

10.2 *Routine tests*

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

- a) Verification of terminal markings (Clause 15).
- b) Power-frequency withstand test on secondary winding (Clause 17).
- c) Power-frequency withstand test between sections (Clause 17).
- d) Power-frequency withstand test on primary windings (Clause 16).
- e) Partial discharge measurement (Clause 16).
- f) Determination of errors (Clauses 26.1 and 36).

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

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

10.3 *Special tests*

The following test is a special test. For details, reference should be made to the relevant clause:

- a) Chopped lightning-impulse test (Clause 18)

SECTION FOUR — TYPE TESTS

11. **Temperature-rise test**

A test shall be made to prove compliance considered with Clause 8. For the purpose of this test, voltage transformers shall be considered to have attained a steady-state 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.

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

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

L'échauffement des enroulements doit être déterminé par la méthode de variation de résistance.

L'échauffement des parties autres que les enroulements peut être mesuré au moyen de thermomètres ou de couples thermoélectriques.

12. Essai de tenue au court-circuit

Cet essai doit être effectué pour apporter la preuve de la conformité à la prescription du paragraphe 9.7.

Pour cet essai, la température initiale du transformateur doit être comprise entre 10°C et 30°C.

Le transformateur de tension est alimenté par le primaire et le court-circuit provoqué aux bornes du secondaire.

Un seul court-circuit est provoqué pendant une durée de 1 s.

Note. — Cette spécification s'applique également lorsque des fusibles font partie intégrante du transformateur.

Pendant le court-circuit, la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes du transformateur ne doit pas être inférieure à la tension assignée.

Si le transformateur comporte plusieurs enroulements secondaires, plusieurs sections d'enroulement secondaire, ou un enroulement secondaire à prises, les connexions pour l'essai doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Note. — Pour les transformateurs du type inductif, l'essai peut être effectué en excitant l'enroulement secondaire et en établissant le court-circuit entre les bornes primaires.

On estime que le transformateur a satisfait à l'essai si, après refroidissement à la température ambiante, il répond aux prescriptions suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de façon visible;
- b) ses erreurs ne diffèrent pas des valeurs consignées avant l'essai de plus de la moitié des valeurs limites d'erreur correspondant à sa classe de précision;
- c) il supporte les essais diélectriques spécifiés aux articles 16 et 17, mais sous une tension d'essai réduite à 90% des valeurs indiquées;
- d) à l'examen, l'isolation à proximité de la surface des enroulements primaire et secondaire ne présente pas de détérioration significative (carbonisation, par exemple).

L'examen *d)* n'est pas exigé si la densité de courant de l'enroulement ne dépasse pas 160 A/mm² pour un enroulement réalisé en cuivre de conductivité supérieure ou égale à 97% de la valeur donnée dans la Publication 28 de la CEI: Spécification internationale d'un cuivre-type recuit. La densité de courant se calcule sur la base de la valeur efficace mesurée du courant de court-circuit symétrique de l'enroulement secondaire (divisée par le rapport de transformation dans le cas de l'enroulement primaire).

13. Essais au choc de l'enroulement primaire

13.1 Généralités

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

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 une variation dans la (ou les) grandeur(s) enregistrée(s) entre la tension de référence et la tension assignée de tenue.

The temperature rise of the windings shall be measured by the increase in resistance method.

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

12. Short-circuit withstand capability test

This test shall be made to prove compliance with Sub-clause 9.7.

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

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

One short-circuit shall be applied for the duration of 1 s.

Note. — This requirement applies also where fuses are an integral part of the transformer.

During the short-circuit, the r.m.s. value of the applied voltage at the transformer terminals shall be not less than the rated voltage.

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

Note. — For inductive type transformers, the test may be carried out by energizing the secondary winding and applying the short-circuit between the primary terminals.

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

- a) it is not visibly damaged;
- b) its errors do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error in its accuracy class;
- c) it withstands the dielectric tests specified in Clauses 16 and 17, but with the test voltage reduced to 90% of those given;
- d) on examination, the insulation next to the surface of both the primary and the secondary windings does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination *d)* is not required if the current density in the winding does not exceed 160 A/mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97% of the value given in IEC Publication 28: International Standard of Resistance for Copper. The current density is to be based on the measured symmetrical r.m.s. short-circuit current in the secondary winding (divided by the rated transformation ratio in the case of the primary).

13. Impulse tests on primary winding

13.1 General

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

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

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

13.2 Essai au choc de foudre

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans les tableaux IIIA, IIIB ou IIIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai est appliquée entre chaque borne de ligne de l'enroulement primaire et la terre. La borne de terre de l'enroulement primaire ou la borne de ligne non essayée dans le cas d'un transformateur de tension non mis à la terre, le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) sont mis à la terre pendant l'essai.

Afin d'améliorer la détection des défauts, une grandeur additionnelle est enregistrée.

Au choix du constructeur, la connexion de mise à la terre peut être faite à travers un dispositif convenable d'enregistrement du courant; les bornes secondaires peuvent être reliées entre elles et à la terre ou peuvent être raccordées à un dispositif convenable pour l'enregistrement de l'onde de tension qui apparaît pendant l'essai dans l'enroulement (ou les enroulements) secondaire(s).

13.2.1 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

L'essai est exécuté à la fois 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 auto-régénératrice,
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucune autre manifestation d'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

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

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

13.2.2 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).

13.3 Essai au choc de manœuvre

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai est appliquée entre la borne de ligne de l'enroulement primaire et la terre. La borne de terre de l'enroulement primaire, une borne de l'enroulement (ou des enroulements) secondaire(s), le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) sont raccordés à la terre.

Au choix du constructeur, la connexion de terre peut être faite à travers un dispositif convenable d'enregistrement du courant. Les bornes secondaires non mises à la terre peuvent être

13.2 *Lightning-impulse test*

The test voltage shall have the appropriate values given in Tables IIIA, IIIB or IIIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level. The test voltage shall be applied between each line terminal of the primary winding and earth. The earthed terminal of the primary winding or the non-tested line terminal in the case of an unearthed voltage transformer, the frame, case (if any) and core (if intended to be earthed) shall be earthed during the test.

In order to improve the failure detection, an additional quantity shall be recorded.

At the manufacturer's discretion, the earth connection may be made through a suitable current recording device. The secondary terminals may be connected together and earthed or may be connected to a suitable device for recording the voltage wave appearing across the secondary winding(s) during the test.

13.2.1 *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 has passed 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 (i.e. variations in the wave-shape of the recorded quantities).

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

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

13.2.2 *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 has passed the test if:

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

13.3 *Switching-impulse test*

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level. The test voltage shall be applied between the line terminal of the primary winding and earth. The earth terminal of the primary winding, one terminal of the secondary winding(s), the frame, case (if any) and core (if intended to be earthed) shall be connected to earth.

At the manufacturer's discretion, the earth connection may be made through a suitable current recording device. The non-earthed secondary terminals may be left open or connected

laissées ouvertes ou raccordées à un dispositif à forte impédance pour l'enregistrement de l'onde de tension qui apparaît pendant l'essai dans l'enroulement (ou les enroulements) secondaire(s).

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

Note. — Pour s'affranchir de l'effet de la saturation du circuit magnétique, il est permis, entre des chocs consécutifs, de modifier l'état magnétique du circuit magnétique par une méthode convenable.

Sur les transformateurs du type extérieur, les essais sont effectués sous pluie. Les essais à sec ne sont pas exigés.

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

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe auto-régénératrice,
- 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. Essai sous pluie pour les transformateurs du 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.

14.1 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

L'essai est effectué conformément aux paragraphes 16.1 et 16.2 avec une tension à fréquence industrielle corrigée pour les conditions atmosphériques.

14.2 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 13.3.

SECTION CINQ — ESSAIS INDIVIDUELS

15. Vérification du marquage des bornes

Il est vérifié que le marquage des bornes est correct (voir article 21).

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

16.1 Généralités

L'essai à fréquence industrielle est effectué conformément à la Publication 60 de la CEI.

Pour les essais par tension appliquée, la durée est de 1 min.

Pour les essais par tension induite, la fréquence de la tension d'essai peut être augmentée au-dessus de la valeur assignée afin d'éviter la saturation du circuit magnétique. La durée de l'essai est de 1 min.

Cependant, si la fréquence d'essai dépasse deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être réduite comme suit:

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

avec un minimum de 15 s.

to a high impedance device for recording the voltage wave appearing across the secondary windings(s) during the test.

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

Note. — To counteract the effect of core saturation, it is permissible, between consecutive impulses, to modify the magnetic status of the core by a suitable procedure.

Outdoor type transformers shall be subjected to wet tests. Dry tests are not required.

The transformer has passed the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-selfrestoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-selfrestoring 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 wave-shape of the recorded quantities).

14. 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.

14.1 Windings having $U_m < 300 \text{ kV}$

The test shall be performed in accordance with Sub-clauses 16.1 and 16.2 with power-frequency voltage corrected for atmospheric conditions.

14.2 Windings having $U_m \geq 300 \text{ kV}$

The test shall be performed with switching-impulse voltage in accordance with Sub-clause 13.3.

SECTION FIVE — ROUTINE TESTS

15. Verification of terminal markings

It shall be verified that the terminal markings are correct (see Clause 21).

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

16.1 General

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

For separate source withstand tests, the duration shall be 1 min.

For induced overvoltage withstand tests, the frequency of the test voltage may be increased above the rated value to prevent saturation of the core. The duration of the test shall be 1 min.

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

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

with a minimum of 15 s.

Si la méthode II a été adoptée, voir paragraphe 16.3.2.

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.

16.2 *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 IIIA ou IIIB, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

Lorsqu'il y a une grande différence entre la tension la plus élevée pour le matériel U_m et la tension assignée primaire spécifiée, la tension induite est limitée à cinq fois la tension assignée primaire.

16.2.1 *Transformateurs de tension non mis à la terre*

Les transformateurs de tension non mis à la terre sont soumis aux essais suivants:

a) *Essai par tension appliquée*

La tension d'essai est appliquée pendant 1 min entre toutes les bornes de l'enroulement (ou des enroulements) primaire(s) raccordées ensemble et à 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 de l'enroulement (ou des enroulements) secondaire(s) sont raccordés ensemble et à la terre.

b) *Essai de surtension induite*

Au choix du constructeur, l'essai est fait en excitant l'enroulement secondaire avec une tension d'une amplitude suffisante pour induire dans l'enroulement primaire la tension d'essai spécifiée, ou en excitant l'enroulement primaire directement à la tension d'essai spécifiée.

Dans chaque cas, la tension d'essai est mesurée du côté de la haute tension. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre), une borne de chaque enroulement secondaire et une borne de l'enroulement primaire sont raccordées ensemble et à la terre.

Note. — L'essai peut être effectué par des applications de la tension d'essai à chaque extrémité de ligne pendant la moitié de la durée requise avec un minimum de 15 s pour chaque extrémité.

16.2.2 *Transformateurs de tension mis à la terre*

Les transformateurs de tension mis à la terre sont soumis aux essais suivants:

a) *Essai par tension appliquée, lorsqu'il est applicable*

La tension d'essai a la valeur appropriée indiquée au paragraphe 9.2.2 et est appliquée pendant 1 min entre l'extrémité de l'enroulement primaire destinée à être mise à la terre 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 extrémités de l'enroulement (ou des enroulements) secondaire(s) sont reliés ensemble et à la terre.

b) *Essai de surtension induite.*

L'essai est effectué comme il est spécifié au paragraphe 16.2.1. La borne de l'enroulement (ou des enroulements) primaire(s) destinée à être mise à la terre en service est mise à la terre pendant l'essai.

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

Le transformateur est soumis aux essais suivants:

a) *Essai par tension appliquée, lorsqu'il est applicable*

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées au paragraphe 9.2.2 et l'essai est effectué comme il est spécifié au paragraphe 16.2.2.

When Method II has been adopted, see Sub-clause 16.3.2.

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.

16.2 Windings having $U_m < 300$ kV

The test voltages for windings having $U_m < 300$ kV shall have the appropriate values given in Tables IIIA or IIIB, depending on the highest voltage for equipment.

When there is a considerable difference between the specified highest voltage for equipment U_m and the specified rated primary voltage, the induced voltage shall be limited to five times the rated primary voltage.

16.2.1 Unearthed voltage transformers

Unearthed voltage transformers shall be submitted to the following tests:

a) Separate source withstand voltage test

The test voltage shall be applied for 1 min between earth and all the terminals of the primary winding(s) connected together. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed) and all terminals of the secondary winding(s) shall be connected together and to earth.

b) Induced overvoltage withstand test

At the manufacturer's discretion, the test shall be made by exciting the secondary winding with a voltage of sufficient magnitude to induce the specified test voltage in the primary winding, or by exciting the primary winding directly at the specified test voltage.

The test voltage shall be measured at the high voltage side in each case. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed), one terminal of each secondary winding and one terminal of the primary winding shall be connected together and to earth.

Note. — The test may be performed by test voltage applications to each line terminal for half the required time with a minimum of 15 s for each terminal.

16.2.2 Earthed voltage transformers

Earthed voltage transformers shall be submitted to the following tests:

a) Separate source withstand voltage test, when applicable

The test voltage shall have the appropriate value given in Sub-clause 9.2.2 and shall be applied for 1 min between the terminal of the primary winding intended to be earthed and earth. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed) and all terminals of the secondary winding(s) shall be connected together and to earth.

b) Induced overvoltage withstand test

The test shall be performed as specified in Sub-clause 16.2.1. The terminal of the primary winding(s) intended to be earthed in service shall be earthed during the test.

16.3 Windings having $U_m \geq 300$ kV

The transformer shall be submitted to the following tests:

a) Separate source withstand voltage test, when applicable

The test voltages shall have the appropriate values given in Sub-clause 9.2.2 and the test shall be performed as specified in Sub-clause 16.2.2.

b) Essai de surtension induite

L'essai de surtension induite 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 suivants. Le transformateur en essai est raccordé et la tension est mesurée comme il est spécifié au paragraphe 16.2.2. Lorsqu'il n'existe aucune spécification différente, la méthode I doit être adoptée. L'adaptation de la méthode II requiert un accord particulier entre constructeur et acheteur.

16.3.1 Méthode I

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIID, en fonction de la tension assignée de tenue au choc de foudre. La durée de l'essai est conforme aux spécifications du paragraphe 16.1.

16.3.2 Méthode II

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIE, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. Quelle que soit la fréquence d'essai, 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 est de 10 pC.

17. Essais à fréquence industrielle entre sections et sur les enroulements secondaires

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées respectivement indiquées aux paragraphes 9.3 et 9.4. 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.

SECTION SIX — ESSAIS SPÉCIAUX**18. 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 normalisée est coupée après 2 à 5 micro-secondes. 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) Enroulement dont U_m est inférieur 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%

b) Induced overvoltage withstand test

The induced overvoltage withstand 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 paragraphs. The transformer under test shall be connected and the voltage measured as specified in Sub-clause 16.2.2. Method I should be used unless otherwise specified. The use of Method II shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

16.3.1 Method I

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIID, depending on the rated lightning-impulse withstand voltage. The duration of the test shall be in accordance with Sub-clause 16.1.

16.3.2 Method II

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIIE, depending on the highest voltage for equipment. Independent of the test frequency, the Method II test procedure shall consist of a short-time application of 10 s at the power-frequency pre-stress voltage. This pre-stress 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.

17. Power-frequency tests between sections and on secondary windings

The test voltage shall have the appropriate values given in Sub-clauses 9.3 and 9.4 respectively. The test voltage shall be applied for 1 min in turn between the terminals of each secondary winding or section 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.

SECTION SIX — SPECIAL TESTS**18. 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 microseconds. The chopping circuit shall be so arranged that the amount of overswing to opposite polarity of the recorded impulse shall be limited to the order of 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

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 auto-régénératrice pendant les chocs coupés, dans l'évaluation du comportement de l'isolation externe.

SECTION SEPT — MARQUAGE

19. Indications à porter sur la plaque signalétique

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

- a) le nom de constructeur ou toute autre marque permettant de l'identifier facilement;
- b) le numéro de série ou la désignation de type, et de préférence les deux;
- c) les tensions nominale primaire et secondaire (par exemple 66/0,11 kV);
- d) la fréquence nominale (par exemple 50 Hz);
- e) la puissance de précision et la classe de précision correspondante (par exemple 50 VA, classe 1,0);

Note. — Lorsqu'il existe deux enroulements secondaires séparés, les indications devront comporter la gamme de puissances de précision de chaque enroulement secondaire en voltampères, ainsi que la classe de précision correspondante et la tension nominale de chaque enroulement.

- f) la tension la plus élevée du réseau (par exemple 72,5 kV);
- g) le niveau d'isolement nominal (par exemple 140/325 kV).

Note. — Les deux alinéas f) et g) peuvent être combinés en une indication unique (par exemple 72,5/140/325 kV).

Toutes ces indications doivent être marquées de manière indélébile sur le transformateur de tension lui-même ou sur une plaque signalétique fixée solidement au transformateur.

De plus, les indications suivantes doivent être données dans la mesure du possible lorsque l'emplacement disponible est suffisant:

- h) le facteur de tension nominal et durée nominale correspondante;
- i) la classe des matières isolantes, si elle est différente de la classe A;

Note. — S'il est fait usage de plusieurs classes de matières isolantes, celle qui limite l'échauffement des enroulements devra être indiquée.

- j) pour les transformateurs ayant plus d'un enroulement secondaire, l'usage de chaque enroulement et les bornes correspondantes.

SECTION HUIT — MARQUAGE DES BORNES

20. Généralités

Ce marquage s'applique aux transformateurs de tension monophasés, ainsi qu'aux ensembles de transformateurs de tension monophasés assemblés en un seul élément et reliés en transformateur de tension triphasé, ou aux transformateurs de tension triphasés qui ont un circuit magnétique commun pour les trois phases.

21. Marquage

21.1 Marquage des bornes

Les marques doivent être conformes aux indications des figures 1 à 10, pages 76 à 78 selon le genre d'appareils auxquels elles s'appliquent.

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

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

SECTION SEVEN — MARKING

19. Rating plate markings

All voltage transformers shall carry at least the following markings:

- a) the manufacturer's name or other mark by which he may be readily identified;
- b) a serial number or a type designation, preferably both;
- c) the rated primary and secondary voltage (e.g. 66/0.11 kV);
- d) rated frequency (e.g. 50 Hz);
- e) rated output and the corresponding accuracy class (e.g. 50 VA, Class 1.0);

Note. — When two separate secondary windings are provided, the marking should indicate the output range of each secondary winding in VA, the corresponding accuracy class and the rated voltage of each winding.

- f) highest system voltage (e.g. 72.5 kV);
- g) rated insulation level (e.g. 140/325 kV).

Note. — The two Items f) and g) may be combined into one marking (e.g. 72.5/140/325 kV).

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

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

- h) rated voltage factor and corresponding rated time;
- i) 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.

- j) on transformers with more than one secondary winding, the use of each winding and its corresponding terminals.

SECTION EIGHT — TERMINAL MARKINGS

20. General

These markings are applicable to single-phase voltage transformers, and also to sets of single-phase voltage transformers assembled as one unit and connected as a three-phase voltage transformer, or to a three-phase voltage transformer having a common core for the three phases.

21. Markings

21.1 Terminal markings

Markings shall be in accordance with Figures 1 to 10, pages 76 to 78 as appropriate.

Les lettres majuscules A, B, C et N désignent les bornes d'enroulement primaire et les lettres minuscules a, b, c et n désignent les bornes d'enroulement secondaire correspondantes.

Les lettres A, B et C désignent les bornes totalement isolées et la lettre N désigne la borne destinée à être mise à la terre et dont l'isolement est inférieur à celui de la ou des autres bornes.

Les lettres da et dn désignent les bornes des enroulements éventuels destinés à fournir une tension résiduelle.

21.2 *Polarités relatives*

Les bornes dont les lettres majuscules et minuscules se correspondent doivent avoir la même polarité à un instant donné.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1987

Withdrawing

Capital letters A, B, C and N denote the primary-winding terminals and the lower-case letters a, b, c and n denote the corresponding secondary-winding terminals.

The letters A, B and C denote fully insulated terminals and the letter N denotes a terminal intended to be earthed and the insulation of which is less than that of the other terminal(s).

Letters da and dn denote the terminals of windings intended to supply a residual voltage.

21.2 *Relative polarity*

Terminals having corresponding capital and lower-case markings shall have the same polarity at the same instant.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1987
Withdrawing

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

SECTION NEUF — GÉNÉRALITÉS

22. **Domaine d'application**

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

23. **Définitions**

23.1 *Transformateur de tension pour mesures*

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

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

24. **Désignation de la classe de précision — Indice de classe**

Pour les transformateurs de tension pour mesure, la classe de précision est caractérisée par un nombre (*indice de classe*) égal à la limite admissible de l'erreur de tension, exprimée en pour-cent, pour la tension nominale primaire et la charge de précision.

24.1 *Classes de précision normales*

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

0,1 — 0,2 — 0,5 — 1,0 — 3,0

25. **Limites de l'erreur de tension et du déphasage**

L'erreur de tension et le déphasage à la fréquence nominale ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau IV à toute tension comprise entre 80% et 120% de la tension nominale et pour toute charge comprise entre 25% et 100% de la charge de précision, sous un facteur de puissance de 0,8 inductif.

Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du transformateur et elles doivent comprendre les effets des coupe-circuit ou des résistances faisant éventuellement partie du transformateur.

**CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS
FOR SINGLE-PHASE MEASURING VOLTAGE TRANSFORMERS**

SECTION NINE — GENERAL

22. Scope

Chapter II contains requirements and tests, in addition to those in Chapter I, that are necessary for single-phase measuring voltage transformers.

23. Definitions

23.1 Measuring voltage transformer

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

SECTION TEN — ACCURACY REQUIREMENTS

24. Accuracy class designation

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

24.1 Standard accuracy classes

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

0.1 — 0.2 — 0.5 — 1.0 — 3.0

25. Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement at rated frequency shall not exceed the values given in Table IV at any voltage between 80% and 120% of rated voltage and with burdens of between 25% and 100% of rated burden at a power factor of 0.8 lagging.

The errors shall be determined at the terminals of the transformer and shall include the effects of any fuses or resistors as an integral part of the transformer.

TABLEAU V

Limites de l'erreur de tension et du déphasage

Classe de précision	Erreur de tension (de rapport) en % ±	Déphasage ±	
		Minutes	Centiradians
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Non spécifié	Non spécifié

Note. — Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires distincts et en raison de leur interdépendance, l'utilisateur devra spécifier deux gammes de puissance, une pour chaque enroulement, la limite supérieure de chacune de ces gammes de puissance correspondant à une valeur normale de la puissance de précision. Chacun des enroulements devra satisfaire à ses propres prescriptions de précision dans toute sa gamme de puissance, lorsqu'au même moment l'autre enroulement fournit une puissance de toute valeur comprise entre zéro et la limite supérieure de la gamme de puissance spécifiée pour ce dernier. Pour vérifier la conformité à cette prescription, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes seulement. Si aucune spécification des gammes de puissance n'est donnée, celles-ci sont réputées être de 25 % à 100 % de la puissance nominale pour chaque enroulement.

Si l'un des enroulements n'est chargé qu'occasionnellement pendant de courtes durées, son effet sur l'autre enroulement peut être négligé.

SECTION ONZE — ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

26. Essais de type

Pour vérifier la conformité aux prescriptions de l'article 25, des essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension nominale, à la fréquence nominale et à 25 % et 100 % de la charge de précision.

26 bis. Essais individuels

Les essais individuels concernant la précision sont en principe les mêmes que les essais de type prescrits à l'article 26, mais il est admis que les essais individuels puissent être faits à un nombre réduit de tensions et/ou de charges, à condition qu'il ait été montré, par des essais de type effectués sur un transformateur identique, que de tels essais en nombre réduit suffisent pour vérifier la conformité à l'article 25.

SECTION DOUZE — MARQUAGE

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

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées, conformément à l'article 19.

La classe de précision doit être indiquée à la suite de l'indication de la puissance de précision (par exemple 100 VA, classe 0,5).

Note. — La plaque signalétique peut comporter des indications concernant plusieurs combinaisons de puissances de précision et de classes de précision auxquelles le transformateur est capable de satisfaire.

TABLE V
Limits of voltage error and phase displacement

Class	Percentage voltage (ratio) error ±	Phase displacement ±	
		Minutes	Centiradians
0.1	0.1	5	0.15
0.2	0.2	10	0.3
0.5	0.5	20	0.6
1.0	1.0	40	1.2
3.0	3.0	Not specified	Not specified

Note. — When ordering transformers having two separate secondary windings, because of their interdependence, the user should specify two output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the other winding has an output of any value from zero up to 100% of the upper limit of the output range specified for the other winding. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be from 25% to 100% of the rated output for each winding.

If one of the windings is loaded only occasionally for short periods, its effect upon the other winding may be neglected.

SECTION ELEVEN — TESTS FOR ACCURACY

26. Type tests

To prove compliance with Clause 25, type tests shall be made at 80%, 100% and 120% of rated voltage, at rated frequency and at 25% and 100% of rated burden.

26a. Routine tests

The routine tests for accuracy are in principle the same as the type tests in Clause 26, but routine tests at a reduced number of voltages 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 25.

SECTION TWELVE — MARKING

27. Marking of the rating plate of a measuring voltage transformer

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with Clause 19.

The accuracy class shall be indicated following the indications of the corresponding rated output (e.g. 100 VA, Class 0.5).

Note. — The rating-plate may contain information concerning several combinations of output and accuracy class that the transformer can satisfy.

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

SECTION TREIZE — GÉNÉRALITÉS

28. **Domaine d'application**

Le chapitre III comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs de tension monophasés pour protection, ceux qui sont indiqués dans les chapitres I et II.

Les prescriptions du chapitre III sont applicables en particulier aux transformateurs qui doivent avoir une précision suffisante pour actionner des systèmes de protection pour des tensions apparaissant en cas de défauts.

29. **Définitions**

29.1 *Transformateur de tension pour protection*

Transformateur de tension destiné à alimenter des relais électriques de protection.

29.2 *Enroulement de tension résiduelle*

Enroulement d'un transformateur de tension monophasé destiné, pour un ensemble de trois transformateurs monophasés, à la constitution d'un triangle ouvert en vue de fournir une tension résiduelle en cas de défaut à la terre.

SECTION QUATORZE — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

30. **Désignation de la classe de précision**

Tous les transformateurs de tension pour protection doivent également être d'une classe de précision de mesure définie conformément aux articles 24 et 25. Cette exigence ne s'étend toutefois pas aux enroulements destinés à fournir une tension résiduelle. En plus, ils doivent être d'une des classes de précision prescrites au paragraphe 30.1.

Cette classe particulière de précision d'un transformateur de tension pour protection est désignée par l'erreur maximale de tension, exprimée en pour cent, admissible entre 5% de la tension nominale et la valeur de la tension correspondant au facteur de tension nominal (voir paragraphe 4.27). Cette expression est suivie de la lettre «P».

30.1 *Classes de précision normales*

Les classes de précision normales des transformateurs de tension pour protection sont «3P» et «6P», et les mêmes limites d'erreur de tension et de déphasage sont normalement applicables aussi bien à 5% de la tension nominale qu'à la tension correspondant au facteur de tension nominal. A 2% de la tension nominale, les limites d'erreur sont portées au double de celles valables à 5% de la tension nominale.

Lorsque les limites d'erreur d'un transformateur sont différentes à 5% de la tension nominale et à la limite supérieure de la tension (c'est-à-dire à la tension correspondant au facteur de tension nominal 1,2, 1,5 ou 1,9), un accord doit intervenir entre le constructeur et l'utilisateur.

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

SECTION THIRTEEN — GENERAL

28. Scope

Chapter III covers the requirements and tests, in addition to those in Chapters I and II, that are necessary for single-phase protective voltage transformers.

The requirements of Chapter III apply particularly to transformers which are required to have sufficient accuracy to operate protective systems at voltages that occur under fault conditions.

29. Definitions

29.1 *Protective voltage transformer*

A voltage transformer intended to provide a supply to electrical protective relays.

29.2 *Residual voltage winding*

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

SECTION FOURTEEN — ACCURACY REQUIREMENTS

30. Accuracy class designation

All voltage transformers intended for protective purposes, with the exception of residual voltage windings, shall be assigned a measuring accuracy class in accordance with Clauses 24 and 25. In addition, they shall be assigned one of the accuracy classes specified in Sub-clause 30.1.

The accuracy class for a protective voltage transformer is designated by the highest permissible percentage voltage error prescribed for the accuracy class concerned, from 5% of rated voltage to a voltage corresponding to the rated voltage factor (see Sub-clause 4.27). This expression is followed by the letter "P".

30.1 *Standard accuracy classes*

The standard accuracy classes for protective voltage transformers are "3P" and "6P", and the same limits of voltage error and phase displacement will normally apply at both 5% of rated voltage and at the voltage corresponding to the rated voltage factor. At 2% of rated voltage, the error limits will be twice as high as those at 5% of rated voltage.

Where transformers have different error limits at 5% of rated voltage and at the upper voltage limit (i.e. the voltage corresponding to rated voltage factor 1.2, 1.5 or 1.9), agreement should be made between manufacturer and user.

31. **Limites de l'erreur de tension et du déphasage**

L'erreur de tension et le déphasage à la fréquence nominale ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau VI à 5% de la valeur nominale et au produit de la valeur nominale par le facteur de tension nominal (1,2, 1,5 ou 1,9) et pour toute charge comprise entre 25% et 100% de la charge nominale avec un facteur de puissance de 0,8 inductif.

A 2% de la tension nominale, les limites de l'erreur de tension et du déphasage, pour toute charge comprise entre 25% et 100% de la charge nominale avec un facteur de puissance de 0,8 inductif, seront le double de celles indiquées au tableau VI.

TABLEAU VI

Limites de l'erreur de tension et du déphasage

Classe de précision	Erreur de tension (de rapport) en % + ou -	Déphasage + ou -	
		Minutes	Centiradians
3 P	3,0	120	3,5
6 P	6,0	240	7,0

Note. — Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires distincts et en raison de leur interdépendance, l'utilisateur devra spécifier deux gammes de puissance, une pour chaque enroulement, la limite supérieure de chacune de ces gammes de puissance correspondant à une valeur assignée normalisée de la puissance. Chacun des enroulements devra satisfaire à ses propres prescriptions de précision dans toute sa gamme de puissance, lorsqu'au même moment l'autre enroulement fournit une puissance de toute valeur comprise entre zéro et la limite supérieure de sa gamme de puissance. Pour vérifier la conformité à cette prescription, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes seulement. Si aucune spécification des gammes de puissance n'est donnée, celles-ci sont réputées être de 25% à 100% de la puissance nominale pour chaque enroulement.

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

32. **Tensions secondaires nominales**

Les tensions secondaires de l'enroulement destiné à être relié en triangle ouvert avec des enroulements semblables pour fournir une tension résiduelle sont données au tableau VII.

TABLEAU VII

Tensions secondaires nominales

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

Note. — Lorsque les conditions sont telles que les valeurs préférentielles conduisent à une tension résiduelle trop faible, les valeurs non préférentielles peuvent être utilisées, mais l'attention est attirée sur la nécessité de prendre des précautions concernant la sécurité.

31. Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement at rated frequency shall not exceed the values in Table VI at 5% rated voltage and at rated voltage multiplied by the rated voltage factor (1.2, 1.5 or 1.9) with burdens of between 25% and 100% of rated burden at a power factor of 0.8 lagging.

At 2% of rated voltage, the limits of error and phase displacement with burdens of between 25% and 100% of rated burden at a power factor of 0.8 lagging will be twice as high as those given in Table VI.

TABLE VI

Limits of voltage error and phase displacement

Class	Percentage voltage (ratio) error + or -	Phase displacement + or -	
		Minutes	Centiradians
3 P	3.0	120	3.5
6 P	6.0	240	7.0

Note. — When ordering transformers having two separate secondary windings, because of their interdependence, the user should specify two output ranges, one for each winding, the upper limit of each output range corresponding to a standard rated output value. Each winding should fulfil its respective accuracy requirements within its output range, whilst at the same time the other winding has an output of any value from zero up to 100% of the upper limit of its output range. In proving compliance with this requirement, it is sufficient to test at extreme values only. If no specification of output ranges is supplied, these ranges are deemed to be from 25% to 100% of the rated output for each winding.

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

32. Rated secondary voltages

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

TABLE VII

Rated secondary voltages

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

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

33. Puissance de précision

La puissance de précision de l'enroulement destiné à être relié en triangle ouvert avec des enroulements semblables pour produire une tension résiduelle doit être spécifiée en volt-ampères et la valeur doit être choisie parmi celles de l'article 6.

Note. — Pour une même admittance du circuit secondaire, la puissance fournie par cet enroulement dans les conditions prévues à cet article diffère normalement de la puissance qu'il peut être appelé à fournir, en cas de défaut, dans le circuit qu'il forme avec deux enroulements analogues dans un système triphasé.

34. Classe de précision

La classe de précision de l'enroulement destiné à fournir une tension résiduelle doit être spécifiée conformément au paragraphe 30.1 et à l'article 31.

SECTION SEIZE — ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

35. Essais de type

Pour vérifier la conformité à l'article 31, des essais doivent être faits à 2%, 5% et 100% de la tension nominale et au produit de la tension nominale par le facteur de tension nominal, à 25% et à 100% de la charge nominale et pour un facteur de puissance de 0,8 inductif.

36. Essais individuels

Les essais individuels concernant la précision sont en principe les mêmes que les essais de type prescrits à l'article 35, mais il est admis que les essais individuels puissent être effectués à un nombre réduit de tensions et/ou de charges, à condition qu'il ait été montré, par des essais de type effectués sur un transformateur identique, que de tels essais en nombre réduit suffisent pour vérifier la conformité à l'article 31.

SECTION DIX-SEPT — MARQUAGE

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

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées, conformément à l'article 19.

La classe de précision doit être marquée à la suite de l'indication de la puissance nominale correspondante.

La figure 11, page 79, donne un exemple type de plaque signalétique.

33. Rated output

The rated output of windings intended to be connected in broken delta with similar windings to produce a residual voltage shall be specified in voltamperes and the value shall be chosen from the values specified in Clause 6.

Note. — For a given admittance of the secondary circuit, the power delivered by this winding under the conditions specified in this clause will normally differ from the power that it may deliver in the event of a fault when associated with two other similar windings in a three-phase system.

34. Accuracy class

The accuracy class for a residual voltage winding shall be as defined in Sub-clause 30.1 and in Clause 31.

SECTION SIXTEEN — TESTS FOR ACCURACY**35. Type tests**

To prove compliance with Clause 31, type tests shall be made at 2%, 5% and at 100% of rated voltage and at rated voltage multiplied by the rated voltage factor, at 25% and at 100% of rated burden at a power-factor of 0.8 lagging.

36. Routine tests

The routine tests for accuracy are in principle the same as the type tests in Clause 35, but routine tests at a reduced number of voltages 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 31.

SECTION SEVENTEEN — MARKING**37. Marking of the rating plate of a protective voltage transformer**

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with Clause 19.

The accuracy class shall be indicated after the corresponding rated output.

An example of a typical rating plate is given in Figure 11, page 79.

CHAPITRE IV: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION

SECTION DIX-HUIT — GÉNÉRALITÉS

38. **Domaine d'application**

Le chapitre IV comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs condensateurs de tension, ceux qui sont indiqués dans les chapitres I, II et III. Les prescriptions du présent chapitre sont applicables aux transformateurs condensateurs de tension destinés à être branchés entre phase et terre, comprenant essentiellement un diviseur capacitif et un élément électromagnétique connecté selon le schéma de principe de la figure A1, de l'annexe A.

Le chapitre IV n'est pas applicable aux transformateurs condensateurs de tension dans lesquels la capacité du condensateur à haute tension est telle que la puissance de sortie est inférieure à 10 VA; cependant, certaines des présentes prescriptions peuvent être applicables à de tels dispositifs.

39. **Prescriptions générales**

Sauf stipulation contraire dans le présent chapitre, les transformateurs condensateurs de tension doivent satisfaire à toutes les prescriptions applicables des chapitres I, II et III. De plus, les condensateurs doivent satisfaire aux prescriptions de la Publication 358 de la CEI: Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs.

40. **Définitions**

Les définitions suivantes s'appliquent dans le présent chapitre:

40.1 *Transformateur condensateur de tension*

Transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif et un élément électromagnétique conçus et connectés de façon que la tension secondaire de l'élément électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire appliquée au diviseur capacitif et en phase avec elle.

40.2 *Diviseur de tension*

Dispositif constitué par des résistances, des condensateurs ou des inductances permettant d'obtenir entre deux points une tension proportionnelle à la tension à mesurer (20-30-160).

40.2.1 *Diviseur (de tension) capacitif*

Diviseur de tension composé uniquement de condensateurs.

40.2.2 *Borne à haute tension (ou de ligne)*

Borne à relier à la ligne de transport d'énergie.

40.2.3 *Borne à basse tension*

Borne à relier au circuit de couplage pour courant porteur ou à la terre.

Note. — Les bornes à haute et à basse tension sont les bornes primaires.

40.2.4 *Borne intermédiaire*

Borne à relier à un circuit intermédiaire tel que l'élément électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension.

40.3 *Condensateur à haute tension (C₁)*

Condensateur connecté entre la borne à haute tension et la borne intermédiaire.

CHAPTER IV: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR CAPACITOR VOLTAGE TRANSFORMERS

SECTION EIGHTEEN — GENERAL

38. Scope

Chapter IV covers the requirements and tests, in addition to those in Chapters I, II and III, that are necessary for capacitor voltage transformers intended to be connected between line and earth, comprising essentially a capacitor divider and an electromagnetic unit interconnected as shown diagrammatically in Figure A1 of Appendix A.

Chapter IV does not apply to capacitor voltage transformers in which the capacitance of the high-voltage capacitor is such that outputs of 10 VA cannot be obtained, although some of the clauses may apply to such devices.

39. General requirements

Unless otherwise stated in this chapter, all capacitor voltage transformers shall comply with the relevant requirements in Chapters I, II and III. In addition, the capacitor(s) shall comply with the requirements of the IEC Publication 358: Coupling Capacitors and Capacitor Dividers.

40. Definitions

For the purpose of this chapter, the following definitions apply:

40.1 Capacitor voltage transformer

A voltage transformer comprising a capacitor divider unit and an electromagnetic unit so designed and interconnected that the secondary voltage of the electromagnetic unit is substantially proportional to and in phase with the primary voltage applied to the capacitor divider unit.

40.2 Voltage divider

A device comprising resistors, capacitors or inductors by means of which it is possible to obtain between two points a voltage proportional to the voltage to be measured (20-30-160).

40.2.1 Capacitor (voltage) divider

A voltage divider comprising only capacitors.

40.2.2 High-voltage (or line) terminal

Terminal to be connected to the power line.

40.2.3 Low-voltage terminal

Terminal to be connected to the carrier-frequency transmission circuit or to the earth terminal.

Note. — The high-voltage and low-voltage terminals are the primary terminals.

40.2.4 Intermediate (voltage) terminal

Terminal to be connected to an intermediate circuit, such as the electromagnetic unit of a capacitor voltage transformer.

40.3 High-voltage capacitor (C_1)

Capacitor connected between the high-voltage and intermediate voltage terminals.

40.4 Condensateur à tension intermédiaire (C_2)

Condensateur connecté entre la borne intermédiaire et la borne à basse tension ou la borne de terre.

40.5 Élément électromagnétique

Élément d'un transformateur condensateur de tension, connecté à la borne intermédiaire et à la borne de terre du diviseur capacitif (ou, éventuellement, directement à la terre au cas où un dispositif de couplage pour courant porteur est utilisé) et qui fournit la tension secondaire.

Note. — Un élément électromagnétique comprend essentiellement un transformateur destiné à réduire la tension intermédiaire à la valeur désirée de tension secondaire, et une inductance telle que la réactance de l'ensemble du transformateur et de l'inductance soit approximativement égale, à la fréquence assignée, à la réactance capacitive de deux parties du diviseur ($C_1 + C_2$) reliées en parallèle. La réactance inductive peut être incorporée totalement ou partiellement dans le transformateur.

40.6 Tension intermédiaire

Tension existant entre la borne intermédiaire et la borne de terre d'un diviseur capacitif lorsque la tension primaire est appliquée entre la borne primaire et la borne de terre.

40.7 Rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

Rapport entre la somme des capacités des condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire et la capacité du condensateur à haute tension:

$$\frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

Notes 1. — C_1 et C_2 comprennent les capacités parasites, qui sont habituellement négligeables.

2. — Ce rapport correspond aussi au rapport de la tension primaire à la tension intermédiaire à circuit ouvert.

40.8 Tension intermédiaire à circuit ouvert

Tension apparaissant aux bornes du condensateur à tension intermédiaire en présence d'une tension appliquée entre les bornes à haute et à basse tension, aucune impédance n'étant connectée en parallèle sur le condensateur de tension intermédiaire.

Note. — Cette tension est égale à la tension appliquée (tension primaire) divisée par le rapport de tension.

40.9 Tension intermédiaire assignée à circuit ouvert

Tension apparaissant aux bornes du condensateur à tension intermédiaire quand la tension assignée est appliquée entre les bornes à haute et à basse tension et que les condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire ont les valeurs de capacité prévues à la conception.

40.10 Domaine de référence de la fréquence

Ensemble continu des valeurs de la fréquence pour lesquelles le transformateur condensateur de tension satisfait aux prescriptions concernant la précision.

40.11 Domaine de référence de la température

Ensemble continu des valeurs de la température ambiante pour lesquelles le transformateur condensateur de tension satisfait aux prescriptions concernant la précision (voir note 2 de l'article 44).

40.12 Dispositif de protection

Dispositif incorporé dans un transformateur condensateur de tension destiné à limiter les surtensions qui peuvent se produire dans l'un ou plusieurs de ses éléments et/ou à empêcher les phénomènes de ferro-résonance prolongés.

Note. — Ce dispositif peut comprendre un éclateur et peut être disposé de différentes façons selon sa nature.

40.4 *Intermediate-voltage capacitor (C_2)*

Capacitor connected between the intermediate-voltage terminal and the low-voltage or the earth terminal.

40.5 *Electromagnetic unit*

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

Note. — An electromagnetic unit essentially comprises a transformer to reduce the intermediate voltage to the required value of secondary voltage, and an inductive reactance, approximately equal, at rated frequency to the capacitive reactance of the two parts of the divider connected in parallel ($C_1 + C_2$). The inductive reactance may be incorporated wholly or partially in the transformer.

40.6 *Intermediate voltage*

The voltage to earth at the intermediate voltage terminal of the capacitor divider unit when primary voltage is applied between the primary and earth terminals.

40.7 *Voltage ratio (of a capacitor divider)*

Ratio between the sum of the capacitances of the high-voltage and intermediate voltage capacitors and the capacitance of the high-voltage capacitor:

$$\frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

Notes 1. — C_1 and C_2 include the stray capacitances, which are generally negligible.

2. — This ratio corresponds also to the ratio of the primary voltage to the open-circuit intermediate voltage.

40.8 *Open-circuit intermediate voltage*

Voltage across the intermediate voltage capacitor when a voltage is applied between the high-voltage and low-voltage terminals, no impedance being connected in parallel with the intermediate voltage capacitor.

Note. — This voltage is equal to the applied voltage (primary voltage) divided by the voltage ratio.

40.9 *Rated open-circuit intermediate voltage*

Voltage across the intermediate voltage capacitor when the rated voltage is applied between the high-voltage and low-voltage terminals and both the high-voltage and the intermediate-voltage capacitors have the capacitance values for which they have been designed.

40.10 *Reference range of frequency*

The range of frequency values within which a capacitor voltage transformer complies with the relevant accuracy requirements.

40.11 *Reference range of temperature*

The range of ambient temperature values within which a capacitor voltage transformer complies with the relevant accuracy requirements (see Note 2 of Clause 44).

40.12 *Protective device*

A device incorporated in a capacitor voltage transformer for the purpose of limiting over-voltages which may appear across one or more of its components and/or to prevent sustained ferro-resonance.

Note. — The device may include a spark gap and may be located in several different ways according to its nature.

40.13 *Dispositif de couplage pour courant porteur*

Dispositif destiné à permettre l'injection d'un courant porteur, intercalé dans la connexion de terre d'un diviseur capacitif, dont l'impédance équivalente est négligeable à la fréquence industrielle, mais est appréciable à la fréquence du système à courant porteur.

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

41. **Domaine de référence normal de la fréquence**

Le domaine de référence normal de la fréquence s'étend de 99% à 101% de la fréquence assignée pour les mesures et de 96% à 102% pour la protection.

42. **Valeurs normales de la puissance de sortie assignée**

Les valeurs normales de la puissance de sortie assignée sont indiquées à l'article 6.

Note. — La charge prise par une résistance ou une inductance reliée d'une façon permanente aux bornes secondaires et formant partie intégrante de l'élément électromagnétique n'est pas considérée comme faisant partie de la puissance de sortie assignée (puissance de précision).

SECTION VINGT — PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

43. **Classes de précision normales**

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

- pour les mesures: 0,2; 0,5; 1,0; 3,0;
- pour la protection: 3P et 6P.

(Voir aussi les chapitres II et III.)

44. **Limites de l'erreur de tension et du déphasage**

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs prescrites à l'article 25 et à l'article 31 pour les classes de précision correspondantes, dans les conditions prescrites au présent chapitre, ainsi que pour toutes valeurs de la fréquence et de la température comprises dans les domaines de référence (voir paragraphe 3.1 et article 41 ci-dessus).

Notes 1. — Lorsque l'élément électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension a deux enroulements secondaires distincts, se référer à la note de l'article 25 ou de l'article 31.

2. — Quelle que soit la température ambiante dans son domaine de référence, l'essai devra être effectué dans des conditions thermiques stables.

SECTION VINGT ET UN — EFFETS DES PHÉNOMÈNES TRANSITOIRES

45. **Ferro-résonance**

a) Après établissement, puis suppression brusque d'un court-circuit aux bornes secondaires d'un transformateur condensateur de tension alimenté à 120% de sa tension assignée et avec une charge pratiquement nulle, la valeur de crête de la tension secondaire doit revenir, après le dixième cycle de fréquence assignée, à une valeur qui ne diffère pas de plus de 10% de sa valeur avant l'établissement du court-circuit.

40.13 Carrier-frequency coupling device

A circuit element intended to permit the injection of carrier frequency and which is connected between the earth terminal of a capacitor divider unit and earth, having an impedance which is insignificant at power frequency, but appreciable at the carrier frequency.

SECTION NINETEEN — RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS**41. Standard reference range of frequency**

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

42. Standard values of rated output

The standard values of rated output are those specified in Clause 6.

Note. — Attention is drawn to the fact that the load taken by a resistor or reactor permanently connected to the secondary terminals and forming an integral part of the electromagnetic unit is not considered to be part of the rated output.

SECTION TWENTY — ACCURACY REQUIREMENTS**43. Standard accuracy classes**

The standard accuracy classes for capacitor voltage transformers are:

- for measurement: 0.2; 0.5; 1.0; 3.0;
- for protection: 3P and 6P.

(See also Chapters II and III.)

44. Limits of voltage error and phase displacement

The voltage error and phase displacement shall not exceed the values given in Clauses 25 and 31 for the appropriate accuracy class, under the conditions specified therein, and also for any value of temperature and frequency within the reference ranges (see Sub-clause 3.1 and Clause 41 above).

Notes 1. — For capacitor voltage transformers with electromagnetic units having two separate secondary windings, reference should be made to the note to Clause 25 or Clause 31.

2. — Whatever the ambient temperature may be within its reference range, it is necessary for the test to be carried out in steady temperature conditions.

SECTION TWENTY-ONE — EFFECTS OF TRANSIENTS**45. Ferro-resonance**

- a) When a capacitor voltage transformer, supplied at 120% of rated voltage and with a substantially zero burden, has its secondary terminals short-circuited and the short circuit suddenly removed, the peak of the secondary voltage shall revert to a value which does not differ from its normal value by more than 10% after ten cycles of rated frequency.

- b) Après la suppression brusque d'un court-circuit aux bornes secondaires d'un transformateur condensateur de tension alimenté à une tension correspondant à son facteur de tension assigné et avec une charge pratiquement nulle, la ferro-résonance ne doit pas se maintenir pendant plus de 2 s.

46. Réponse transitoire

Après la mise en court-circuit de l'alimentation entre la borne à haute tension et la borne à basse tension connectée à la terre, la tension secondaire doit décroître, en un cycle de la fréquence assignée, jusqu'à une valeur inférieure à 10% de sa valeur de crête avant le court-circuit.

Note. — L'effet de la réponse transitoire sur le comportement des protections du réseau de protection est une question très complexe; il n'est pas possible de donner des valeurs limites valables dans tous les cas. L'influence exercée sur les relais ne dépend pas seulement de l'amplitude, mais dépend aussi de la fréquence du transitoire. La valeur indiquée permet d'obtenir un comportement correct des relais classiques de protection électromécanique dans les conditions normales de longueur de ligne et de courant de court-circuit. Pour les relais rapides (transistorisés par exemple), les lignes très courtes ou les faibles valeurs de courant de court-circuit, la réponse transitoire fera de préférence l'objet d'un accord entre l'utilisateur, le constructeur du relais de protection du réseau et le constructeur du transformateur condensateur de tension.

SECTION VINGT-DEUX — DISPOSITIF DE COUPLAGE

47. Dispositif de couplage pour courant porteur

Lorsqu'un dispositif de couplage pour courant porteur est intercalé par le constructeur dans la connexion de terre du condensateur à tension intermédiaire, la précision du transformateur condensateur de tension doit rester dans les limites spécifiées pour sa classe de précision.

SECTION VINGT-TROIS — ESSAIS

48. Généralités

Les essais de type et les essais individuels de série des transformateurs condensateurs de tension sont essentiellement les mêmes que ceux prescrits aux chapitres I, II et III, sous réserve des exceptions indiquées ci-après. Les essais de type doivent être faits conformément aux articles 49, 50, 51, 52 et 53 et les essais individuels conformément aux articles 54 et 55.

Les essais prescrits aux articles 51, 52, 53 et 55 sont des essais directs sur le transformateur condensateur de tension (figure A1, de l'annexe A) ou des essais effectués sur circuit équivalent (figure A2, de l'annexe A) suivant les spécifications des divers articles.

La condition de base autorisant les essais sur circuit équivalent est spécifiée à l'annexe B.

Tous les essais doivent être effectués sur l'élément électromagnétique lui-même et non pas sur un modèle. A l'inverse, on peut utiliser, à la place du diviseur capacitif, un condensateur fabriqué spécialement, de capacité égale à $C_1 + C_2$.

Le circuit retenu pour chaque essai doit être consigné dans le procès-verbal d'essai.

Note. — Il convient d'essayer les condensateurs selon la Publication 358 de la CEI, dans la mesure du possible, en tenant compte des autres fonctions que ces condensateurs pourraient avoir à assurer en plus de celle de diviseur de tension du transformateur condensateur de tension.

- b) When a capacitor voltage transformer, supplied at a voltage corresponding to its rated voltage factor and with a substantially zero burden, has its secondary terminals short-circuited and the short circuit suddenly removed, ferro-resonance shall not be sustained for more than 2 s.

46. Transient response

Following a short circuit of the supply between the high-voltage terminal and the low-voltage terminal connected to earth, the secondary output voltage of a capacitor voltage transformer shall decay, within one cycle of rated frequency, to a value of less than 10% of the peak value before short circuit.

Note. — The influence of the transient response on the behaviour of the network protection is a very complex matter and it is not possible to give values valid for all cases. The influence on the relay is not only dependent on the amplitude, but also on the frequency of the transient. The given value permits correct behaviour of the usual, electromechanical protection relay for usual line length and short-circuit currents. For high speed relay (e.g. solid state relay) or very short lines, or low short-circuit current, the transient response should be part of an agreement between user and manufacturer of the network protection relay and the capacitor voltage transformer.

SECTION TWENTY-TWO — COUPLING DEVICE

47. Carrier-frequency coupling device

When a carrier-frequency coupling device is connected by the manufacturer into the earth lead of the intermediate-voltage capacitor, the accuracy of the capacitor voltage transformer shall remain within the specified class.

SECTION TWENTY-THREE — TESTS

48. General

The type and routine tests on capacitor voltage transformers are essentially the same as those specified in Chapters I, II and III, with the exceptions given below. Type tests shall be made in accordance with Clauses 49, 50, 51, 52 and 53, and routine tests in accordance with Clauses 54 and 55.

The tests specified in Clauses 51, 52, 53 and 55 are direct tests on the capacitor voltage transformer (Figure A1, Appendix A) or tests on the equivalent circuit (Figure A2, Appendix A) as specified under the various clauses.

The main condition allowing tests on the equivalent circuit is given in Appendix B.

All tests shall be performed with the actual electromagnetic unit and not with a model. On the contrary, a specially made equivalent capacitance with the capacitance value of $C_1 + C_2$ may be used in the place of the capacitor divider.

The circuit used for each test shall be indicated on the test report.

Note. — The capacitors should be tested in accordance with IEC Publication 358, as far as possible, taking into account any other duty that the capacitors may have to perform in addition to their operation as the voltage divider of the capacitor voltage transformer.

SECTION VINGT-QUATRE — ESSAIS DE TYPE

49. **Essai d'échauffement**

L'essai d'échauffement doit être effectué conformément à l'article 11 et peut être effectué sur l'élément électromagnétique seul.

50. **Essai à la tension de choc**

L'essai à la tension de choc est effectué de préférence sur un transformateur condensateur de tension complet. Les modalités d'essai sont celles de l'article 13, mais avec un choc de la forme 1,2 à 5/40 à 60 μ s. Il peut également être effectué séparément, d'une part, sur le diviseur capacitif, conformément à la Publication 358 de la CEI, et d'autre part, sur l'élément électromagnétique, conformément aux prescriptions de l'article 13, mais avec une tension réduite en fonction du rapport de tension du diviseur capacitif.

Note. — Si un éclateur de protection est disposé aux bornes de l'élément électromagnétique, son fonctionnement devra être empêché pendant les essais. Tout éclateur de protection disposé aux bornes du dispositif de couplage pour courant porteur devra être court-circuité pendant les essais.

51. **Essais de ferro-résonance**

Les essais suivants doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet — ou sur un circuit équivalent, à condition que les relations indiquées dans l'annexe B soient satisfaites — pour prouver la conformité aux prescriptions de l'article 45.

Les essais doivent être effectués en court-circuitant les bornes secondaires pendant au moins 0,1 s, le court-circuit étant ouvert par un dispositif de protection (par exemple fusible, disjoncteur, etc.) choisi à cette fin par accord entre utilisateur et constructeur. En l'absence d'accord, le choix est laissé au constructeur. La charge imposée au transformateur condensateur de tension après disparition du court-circuit doit uniquement être celle de l'appareillage d'enregistrement, sans pouvoir dépasser 5 VA. Au cours de l'essai, la tension d'alimentation (sur la borne à haute tension), la tension secondaire et le courant de court-circuit doivent être enregistrés. Les oscillogrammes font partie du procès-verbal d'essai.

Pendant le court-circuit, la tension de la source ne doit pas différer de plus de 10% de la tension avant le court-circuit et doit rester sensiblement sinusoïdale. La tension résiduelle à travers la boucle de court-circuit (résistance du contact fermé comprise), mesurée directement sur les bornes secondaires du transformateur condensateur de tension, doit être inférieure à 10% de la tension qui existait entre ces bornes avant le court-circuit.

a) L'essai doit être effectué au moins trente fois à une tension primaire dont la valeur représente 120% de la tension primaire assignée.

b) L'essai doit être effectué dix fois avec une tension primaire correspondant au facteur de tension approprié.

Notes 1. — S'il est prévu d'utiliser en service une charge saturable, un accord devra être établi entre utilisateur et constructeur pour les essais devant être effectués à une charge égale à celle-ci ou voisine de celle-ci.

2. — Pour que la tension de la source d'alimentation ne diffère pas de plus de 10% pendant le court-circuit, de sa valeur avant le court-circuit, il convient d'avoir un circuit d'alimentation à basse impédance interne. Si l'essai est effectué sur un transformateur condensateur de tension complet, cette condition est généralement remplie à cause de la valeur relativement élevée du courant du diviseur capacitif. A l'inverse, si on utilise le circuit équivalent, on a besoin d'une impédance de source beaucoup plus faible que celle qui conviendrait pour mesurer uniquement la précision.

52. **Essai de réponse transitoire**

L'essai pour prouver la conformité à l'article 46 doit être effectué sur le transformateur condensateur de tension complet — ou sur circuit équivalent, à condition que les relations indiquées à l'annexe B soient satisfaites — en court-circuitant les bornes à haute et basse

SECTION TWENTY-FOUR — TYPE TESTS

49. Temperature-rise test

A temperature-rise test shall be made in accordance with Clause 11 and may be performed on the electromagnetic unit alone.

50. Impulse test

An impulse test shall be performed, preferably on a complete capacitor voltage transformer, in accordance with Clause 13 but using a 1.2 to 5/40 to 60 μ s impulse, or the capacitor voltage divider may be tested in accordance with IEC Publication 358, and the electromagnetic unit given a separate impulse test, in accordance with the specification of Clause 13, deviating only by the value of test voltage which shall be reduced in accordance with the voltage ratio of the capacitor divider unit.

Note. — If a protective gap across the electromagnetic unit is incorporated, it should be prevented from functioning during the tests. Any protective gap across the carrier-current coupling device should be short-circuited during the tests.

51. Ferro-resonance tests

The following tests shall be made on a complete capacitor voltage transformer — or on the equivalent circuit, provided that the relation given in Appendix B are fulfilled — to prove compliance with Clause 45.

The tests shall be made by short-circuiting the secondary terminals for at least 0.1 s, the short circuit being opened by a protective device (e.g. fuse, circuit-breaker, etc.) chosen for this purpose by agreement between manufacturer and user. If no agreement has been made, the choice is left to the manufacturer. The burden of the capacitor voltage transformer after the short circuit has cleared shall be only that imposed by the recording equipment and shall not exceed 5 VA. The voltage of the power source (at the high-voltage terminal), the secondary voltage and the short-circuit current during the test shall be recorded. Oscillograms shall be part of the test report.

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

- a) The test shall be made a minimum of thirty times at 120% of rated primary voltage.
- b) The test shall be repeated ten times at a primary voltage corresponding to the appropriate voltage factor.

Notes 1. — If it is known that a saturable burden will be used in service, agreement should be made between user and manufacturer regarding the tests to be made at or near that burden.

2. — In order to ensure that the voltage of the power source does not differ, during the short circuit, by more than 10% from the voltage before short circuit, the short-circuit impedance of the supply circuit should be low. If the test is performed on a complete capacitor voltage transformer, this condition is generally fulfilled because of the relatively high current of the capacitor divider. On the contrary, should the equivalent circuit be employed, a much lower impedance source than that which would be suitable for accuracy measurement only is necessary.

52. Transient response test

The test to prove compliance with Clause 46 shall be made on a complete capacitor voltage transformer — or on the equivalent circuit, provided that the relation given in Appendix B are fulfilled — by short-circuiting the high-voltage and earthed low-voltage terminals while the

tension, celle-ci étant réunie à la terre, le transformateur condensateur de tension étant alimenté sous sa tension primaire assignée avec une charge égale à 25%, puis à 100% de la charge assignée. Utiliser:

- a) soit une charge série composée d'une résistance pure en série avec une inductance;
- b) soit une charge série-parallèle composée de deux impédances en parallèle, l'une étant constituée par une résistance pure et l'autre ayant un facteur de puissance de 0,5.

Le schéma des circuits est donné à l'annexe C avec les valeurs des composants pour les deux types de charge.

En l'absence d'accord préalable, le choix entre les charges des points a) ou b) est laissé au constructeur.

La tension résiduelle secondaire doit être enregistrée sur un oscillographe. Les oscillogrammes font partie du procès-verbal d'essai.

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

53. Essais concernant la précision

Les essais doivent être effectués à la fréquence assignée, à la température ambiante du lieu d'exécution des essais et aux deux températures extrêmes sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur circuit équivalent pour les matériels de classe 1 et des classes supérieures. Pour les classes 0,5 et 0,2, l'emploi d'un circuit équivalent ou le mode de calcul de l'influence de la température doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Note. — Les essais effectués aux températures extrêmes sur transformateur condensateur de tension complet sont plus sévères que les essais sur circuit équivalent ou qu'un calcul de l'influence de la température, mais ils sont difficiles à exécuter et dispendieux. Les essais effectués sur transformateur condensateur de tension complet donnent aussi les meilleures informations qu'il est possible d'obtenir sur les erreurs de mesure qui peuvent apparaître en service par suite des variations de la température ambiante.

Si on utilise le circuit équivalent, il faut effectuer deux mesures dans des conditions identiques de tension, de charge, de fréquence et de température prises dans les domaines normaux de référence: une mesure sur appareil complet et une mesure sur circuit équivalent.

La différence entre les résultats de ces deux mesures ne doit pas dépasser 50% de la classe de précision (par exemple 0,25% et 10 min pour la classe de précision 0,5); il faut naturellement en tenir compte dans la détermination des erreurs commises aux limites de température et de fréquence pour le transformateur condensateur de tension complet.

Si l'on connaît les caractéristiques de température du diviseur capacitif dans le domaine de référence de la température, les erreurs aux températures extrêmes peuvent être déterminées par des calculs effectués d'après les résultats des mesures à une température donnée et d'après le coefficient de température du diviseur capacitif. En variante, on peut seulement effectuer une mesure à température ambiante sur un circuit équivalent si la capacité équivalente — condensateur fait spécialement pour cet usage — est adaptée aux valeurs de capacité qui correspondent aux températures extrêmes, tenant compte du coefficient de température du diviseur capacitif réel.

Pour une valeur constante de la température, les essais doivent être effectués aux fréquences extrêmes.

Les valeurs réelles de la fréquence et de la température pendant l'essai doivent figurer au procès-verbal d'essai.

capacitor voltage transformer is operating at rated primary voltage at 25% and 100% of rated burden. The burden shall be one of the two following possibilities:

- a) series burden composed of a pure resistance and an inductive reactance connected in series;
- b) series-parallel burden composed of two impedances connected in parallel, one impedance being a pure resistance and the other one having a power factor of 0.5.

The circuit diagrams and the values of the components of both burdens are given in Appendix C.

If no agreement has been made, the choice between the burdens of Item a) or b) is left to the manufacturer.

The collapse of the secondary voltage shall be recorded on an oscillograph. Oscillograms shall be part of the test report.

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

53. Tests for accuracy

The tests shall be made at rated frequency, at room temperature and at both extreme temperatures on a complete capacitor voltage transformer or on the equivalent circuit for class 1 and above. For classes 0.5 and 0.2, the use of the equivalent circuit, or a calculation of the influence of temperature shall be agreed upon between user and manufacturer.

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

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

The difference between the results of these two measurements must not exceed 50% of the accuracy class (for instance 0.25% and 10 min for accuracy class 0.5) and must, of course, be taken into account in determining the errors of the complete capacitor voltage transformer at the limits of temperature and frequency.

Provided the temperature characteristics of the capacitor divider are known over the reference range of temperature, the errors at extreme values of temperature may be determined by calculations based on the measured results at one temperature and the temperature coefficient of the capacitor divider. Alternatively, a measurement at room temperature only may be performed on the equivalent circuit if the equivalent capacitance — e.g. a capacitor made especially for this purpose — is adapted to the capacitance values corresponding to the temperature extreme values, taking into account the temperature coefficient of the actual capacitor divider.

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

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