

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 186

Première édition — First edition

1969

Transformateurs de tension

Voltage transformers



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60186:1969

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 186

Première édition — First edition

1969

Transformateurs de tension

Voltage transformers



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE I: PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES APPLICABLES A TOUS LES TRANSFORMATEURS DE TENSION	
SECTION Un — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Prescriptions générales	6
3. Conditions de service	6
4. Terminologie	8
SECTION DEUX — VALEURS NOMINALES ET PRESCRIPTIONS APPLICABLES A TOUS LES TRANSFORMATEURS DE TENSION	
5. Valeurs normales des tensions nominales	14
6. Valeurs normales de la puissance de précision	16
7. Valeurs normales du facteur de tension nominal	16
8. Limites d'échauffement	18
9. Valeurs normales du niveau d'isolement nominal	20
SECTION TROIS — ESSAIS — GÉNÉRALITÉS	
10. Classification des essais	24
SECTION QUATRE — ESSAIS INDIVIDUELS	
11. Vérification du marquage des bornes	26
12. Essais diélectriques à fréquence industrielle des enroulements primaires	26
13. Essais diélectriques à fréquence industrielle des enroulements secondaires	28
SECTION CINQ — ESSAIS DE TYPE	
14. Essai d'échauffement	28
15. Essais à la tension de choc	30
SECTION SIX — MARQUAGE	
16. Indications à porter sur la plaque signalétique	32
SECTION SEPT — MARQUAGE DES BORNES DES TRANSFORMATEURS DE TENSION	
17. Généralités	32
18. Marquage	32
CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES POUR LES TRANSFORMATEURS DE TENSION MONOPHASÉS POUR MESURES	
SECTION HUIT — GÉNÉRALITÉS	
19. Domaine d'application	34
20. Terminologie	34
SECTION NEUF — PRESCRIPTIONS DE PRÉCISION	
21. Désignation de la classe de précision — Indice de classe	34
22. Limites de l'erreur de tension et du déphasage	36
SECTION DIX — ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION	
23. Essais de type	36
SECTION ONZE — MARQUAGE	
24. Indications à porter sur la plaque signalétique d'un transformateur de tension pour mesures	38
FIGURES	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS	
SECTION ONE — GENERAL	
Clauses	
1. Scope	7
2. General requirements	7
3. Service conditions	7
4. Definitions	9
 SECTION TWO — RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL VOLTAGE TRANSFORMERS	
5. Standard values of rated voltages	15
6. Rated outputs	17
7. Standard values of rated voltage factor	17
8. Limits of temperature rise	19
9. Rated insulation levels	21
 SECTION THREE — TESTS — GENERAL	
10. Classification of tests	25
 SECTION FOUR — ROUTINE TESTS	
11. Verification of terminal markings	27
12. Power-frequency tests on primary windings	27
13. Power-frequency tests on secondary windings	29
 SECTION FIVE — TYPE TESTS	
14. Temperature-rise test	29
15. Impulse voltage tests	31
 SECTION SIX — MARKING	
16. Rating plate markings	33
 SECTION SEVEN — TERMINAL MARKINGS FOR VOLTAGE TRANSFORMERS	
17. General	33
18. Markings	33
 CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR SINGLE-PHASE MEASURING VOLTAGE TRANSFORMERS	
SECTION EIGHT — GENERAL	
19. Scope	35
20. Definitions	35
 SECTION NINE — ACCURACY REQUIREMENTS	
21. Accuracy class designation	35
22. Limits of voltage error and phase displacement	37
 SECTION TEN — TESTS FOR ACCURACY	
23. Type tests	37
 SECTION ELEVEN — MARKING	
24. Marking of the rating plate of a measuring voltage transformer	39
FIGURES	40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE TENSION

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 38 de la CEI. Transformateurs de mesure.

Elle remplace les prescriptions relatives aux transformateurs de tension données dans la Publication 44 de la CEI. Les travaux concernant les chapitres I et II commencèrent en 1961 et les projets furent discutés lors des réunions tenues à Inter-laken en 1961 et à Bruxelles en 1962. Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1963. Des modifications furent soumises aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication des chapitres I (excepté la section sept) et II:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Royaume-Uni
Chine	Suède
Corée (République de)	Suisse
Danemark	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie

La section sept, marquage des bornes des transformateurs de tension, fut discutée pendant plusieurs années au sein de la CEI, mais, pour diverses raisons, il ne fut pas possible d'arriver à une entente sur l'usage des marquages des bornes. A la réunion du Comité d'Etudes N° 38 tenue à Oslo en 1964, il fut décidé de reconsidérer la question afin de parvenir à un accord, et un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en 1967.

Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1967.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de la section sept:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Canada	Suisse
Finlande	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Iran	Yougoslavie
Israël	

La recommandation complète comprendra les futurs chapitres III et IV traitant respectivement des prescriptions complémentaires pour les transformateurs de tension monophasés pour protection et pour les transformateurs condensateurs de tension.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

VOLTAGE TRANSFORMERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit: The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 38, Instrument Transformers.

It supersedes the requirements applicable to voltage transformers given in IEC Publication 44. Work on Chapters I and II started in 1961 and drafts were discussed at the meetings held in Interlaken in 1961 and in Brussels in 1962. A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1963. Amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Chapter I (except Section Seven) and Chapter II:

Australia	Japan
Austria	Korea (Republic of)
Belgium	Netherlands
China	Roland
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	Yugoslavia

Terminal markings for voltage transformers (Section Seven) were under discussion for many years in the IEC, but for a variety of reasons it was not found possible to obtain agreement on the terminal markings to be used. At the meeting of Technical Committee No. 38 held in Oslo in 1964, it was considered that renewed attempts should be made to reach agreement, and a draft was discussed at a meeting held in Paris in 1967.

A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Section Seven:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	South Africa
Canada	Sweden
Finland	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet Socialist Republics
Iran	United Kingdom
Israel	Yugoslavia
Italy	

The complete Recommendation will contain additional Chapters III and IV, dealing respectively with additional requirements for single-phase protective voltage transformers and capacitor voltage transformers.

TRANSFORMATEURS DE TENSION

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

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation 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 enroulements séparés, mais elle est également applicable, dans la mesure du possible, aux autotransformateurs. La recommandation n'est pas applicable aux transformateurs utilisés dans des laboratoires.

Note. — Bien que la présente recommandation 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 sept).

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 et III de la présente recommandation.

Note. — Pour le chapitre III, voir le dernier alinéa de la Préface.

3. Conditions de service

A défaut de conventions spéciales entre les parties, la présente recommandation 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 Recommendation 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, e.g. 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 Recommendation does not apply to transformers for use in laboratories.

Note. — Requirements specific to three-phase voltage transformers are not included in this Recommendation, 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 Seven).

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 and III of this Recommendation.

Note. — For Chapter III, see last paragraph of the Preface.

3. Service conditions

Unless otherwise specified, this Recommendation is valid for the following service conditions:

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

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. **Terminologie**

Pour les termes utilisés dans la présente recommandation, les définitions ci-après sont applicables. Plusieurs de ces définitions sont conformes ou similaires à celles de la Publication 50(20) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International, Groupe 20: Appareils de mesure scientifiques et industriels. 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 (20-45-005 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 (20-45-015).

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 nominal.

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 nominale*

Valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (20-45-095 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 Recommendation, the following definitions apply. Some of the definitions agree with or are similar to those of IEC Publication 50(20), International Electrotechnical Vocabulary, Group 20: Scientific and Industrial Measuring Instruments. 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 (20-45-005 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 (20-45-015).

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 (20-45-095 modified).

4.9 Tension secondaire nominale

Valeur de la tension secondaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (20-45-095 modifié).

4.10 Rapport de transformation

Rapport de la tension primaire réelle à la tension secondaire réelle (20-45-105 modifié).

4.11 Rapport de transformation nominal

Rapport de la tension primaire nominale à la tension secondaire nominale (20-45-110 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 nominal (20-45-115 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 nominal

U_p la tension primaire

U_s 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 (20-45-120 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 centi-radians.

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 nominale.

4.16 Charge de précision

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

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 (20-45-095 modified).

4.10 *Actual transformation ratio*

The ratio of the actual primary voltage to the actual secondary voltage (20-45-105 modified).

4.11 *Rated transformation ratio*

The ratio of the rated primary voltage to the rated secondary voltage (20-45-110 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 (20-45-115 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 (20-45-120 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 *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 nominale lorsqu'il est raccordé à sa charge de précision (20-45-130 modifié).

4.18 *Tension la plus élevée d'un réseau*

Valeur la plus élevée de la tension efficace entre phases qui peut se présenter à un instant et en un point du réseau quelconques dans les conditions d'exploitation normales. Cette valeur ne tient pas compte des variations temporaires de tension dues aux défauts ou aux déclenchements brusques entraînant la séparation de charges importantes.

Note. — L'attention est appelée sur les tableaux de la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI.

4.19 *Niveau d'isolement nominal*

Combinaison des valeurs de la tension de tenue au choc et de la tension de tenue à fréquence industrielle, 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 %.

4.17 *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 (20-45-130 modified).

4.18 *Highest system voltage*

The highest r.m.s. line-to-line voltage which can be sustained under normal operating conditions at any time and at any point on the system. It excludes temporary voltage variations due to fault conditions and the sudden disconnection of large loads.

Note. — Attention is drawn to the tables of IEC Publication 38, IEC Standard Voltages.

4.19 *Rated insulation level*

That combination of voltage values, both power frequency and impulse, 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 an equipment), for a given system layout, is the ratio, expressed as a percentage, of the highest r.m.s. line-to-earth power-frequency voltage on a 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 *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 nominale*

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

4.27 *Facteur de tension nominal*

Facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire nominale 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 NOMINALES ET PRESCRIPTIONS APPLICABLES A TOUS LES TRANSFORMATEURS DE TENSION

5. Valeurs normales des tensions nominales

5.1 *Tension primaire nominale*

Les valeurs normales de la tension primaire nominale 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 dans la Publication 38 de la CEI. Les valeurs normales de la tension primaire nominale 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 nominale, tandis que le niveau d'isolement nominal est basé sur l'une des tensions les plus élevées de réseaux de la Publication 38 de la CEI.

5.2 *Tension secondaire nominale*

La tension secondaire nominale 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 Etat-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.

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 Recommendation are based.

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. 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 system voltages of IEC Publication 38.

5.2 *Rated secondary voltages*

The rated secondary voltage should 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; and
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.

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

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

2. — Dans toute la mesure du possible, le rapport de transformation nominal doit 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 nominal en même temps que l'une des tensions secondaires nominales 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.

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 nominal

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 nominal 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 nominale).

TABLEAU I

Valeurs normales du facteur de tension nominal

Facteur de tension nominal	Durée nominale	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 nominales réduites sont admissibles par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

For single-phase transformers intended to be used line-to-earth in three-phase systems where the rated primary voltage is a number divided by $\sqrt{3}$, the rated secondary voltage should 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. Rated outputs

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

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

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 lines in any network Between transformer star point and earth in any network
1.2	Continuous	Between line and earth in an effectively earthed neutral system (Sub-clause 4.23 a))
1.5	30 s	
1.2	Continuous	Between line 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 line 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. 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 nominale, 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, page 20.

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

- a)* Tous les transformateurs de tension, quels que soient leur facteur de tension et leur durée nominale, doivent être essayés à 1,2 fois la tension primaire nominale. 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 nominale effectuée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas alors dépasser de plus de 10 deg C la valeur spécifiée au tableau 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 deg C.

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 nominale pendant 8 h comptées après l'application de 1,2 fois la tension nominale effectuée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas alors dépasser de plus de 10 deg C 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.

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, page 21.

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 deg C the value specified in Table II.

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 deg C.

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 deg C 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.

TABLEAU II

Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la Publication 85 de la CEI*)	Limites d'échauffement deg C
Toutes les classes, les enroulements étant immergés dans l'huile	60
Toutes les classes, les enroulements étant noyés dans une masse isolante bitumineuse	50
Enroulements, non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse isolante 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 doit spécifier la classe à laquelle elles appartiennent.

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 deg C.

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 deg C.

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. Valeurs normales du niveau d'isolement nominal

Le niveau d'isolement nominal doit être l'un des niveaux normaux correspondant à la tension la plus élevée de réseau appropriée et figurant dans les tableaux IIIA, IIIB et IIIC, pages 22 et 24.

Note. — Les tableaux IIIA, IIIB et IIIC sont basés sur les tableaux des niveaux d'isolement normaux donnés dans la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement.

* Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

TABLE II

Limits of temperature rise of windings

Class of insulation (in accordance with IEC Publication 85*)	Maximum temperature rise deg C
All classes, immersed in oil	60
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.

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 deg C.

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 deg C.

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. **Rated insulation levels**

The rated insulation level shall be one of the standard levels corresponding to the appropriate highest system voltage as given in Tables IIIA, IIIB and IIIC, pages 23 and 25.

Note. — Tables IIIA, IIIB and IIIC are based on the tables of standard insulation levels given in IEC Publication 71, Insulation Co-ordination.

* Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.

TABLEAU IIIA

Série 1 (basée sur la pratique courante d'un groupe de pays européens)

Tension la plus élevée du réseau, en kV (valeur efficace)	Tension de tenue d'une minute à fréquence industrielle en kV (valeur efficace)	Tension de tenue au choc, en kV (valeur de crête)
0,6	3	—
1,2	6	—
2,4	11	—
3,6	16	45
7,2	22	60
12	28	75
17,5	38	95
24	50	125
36	70	170
52	95	250
72,5	140	325

TABLEAU IIIB

Série 2 (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis et au Canada)

Tension la plus élevée du réseau, en kV (valeur efficace)	Tension de tenue d'une minute à fréquence industrielle, en kV (valeur efficace)	Tension de tenue au choc, en kV (valeur de crête)	
		Réseau de puissance	
		inférieure ou égale à 500 kVA	supérieure à 500 kVA
0,6	4	10	10
1,2	10	30	30
2,75	15	45	60
5,5	19	60	75
9,52	26	75	95
15,5	34	95	110
25,8	50	150	
38	70	200	
43,3	95	250	
72,5	140	350	

TABLE IIIA

Series 1 (based on current practice of a group of European countries)

Highest system voltage kV (r.m.s.)	One-minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)	Impulse withstand voltage kV (peak)
0.6	3	—
1.2	6	—
2.4	11	—
3.6	16	45
7.2	22	60
12	28	75
17.5	38	95
24	50	125
36	70	170
52	95	250
72.5	140	325

TABLE IIIB

Series 2 (based on current practice in the United States and Canada)

Highest system voltage kV (r.m.s.)	One-minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)	Impulse withstand voltage kV (peak)	
		Power system	
		500 kVA and below	above 500 kVA
0.6	4	10	10
1.2	10	30	30
2.75	15	45	60
5.5	19	60	75
9.52	26	75	95
15.5	34	95	110
25.8	50	150	
38	70	200	
43.3	95	250	
72.5	140	350	

TABLEAU IIIC

Tension la plus élevée du réseau, en kV (valeur efficace)	Tension de tenue d'une minute à fréquence industrielle, en kV (valeur efficace)		Tension de tenue au choc, en kV (Valeur de crête)	
	Plein isolement	Isolement réduit	Plein isolement	Isolement réduit
100	185	150	450	380
123	230	185	550	450
145	275	230	650	550
170	325	275	750	650
245	460	395 ou 360	1 050	900 ou 825
300	—	510 ou 460	—	1 175 ou 1 050
362	—	570 ou 510	—	1 300 ou 1 175
420	—	680 ou 630	—	1 550 ou 1 425
525	—	740 ou 680	—	1 675 ou 1 550

Note. — Pour les valeurs supérieures à 72,5 kV de la tension la plus élevée du réseau, les niveaux d'isolement du tableau IIIC sont donnés sous la forme de deux variantes de tensions d'essai pour le *plein isolement* et pour l'*isolement réduit*.

Les valeurs de *plein isolement* sont applicables aux transformateurs de tension utilisés sur les réseaux à neutre isolé, compensés par bobine d'extinction ou à neutre non effectivement à la terre.

Les valeurs d'*isolement réduit* sont applicables aux transformateurs de tension utilisés sur les réseaux à neutre effectivement à la terre.

Lorsqu'un choix est laissé entre les tensions d'essai, le choix appartient à l'utilisateur.

SECTION TROIS — ESSAIS — GÉNÉRALITÉS

10. Classification des essais

Les essais prévus dans la présente recommandation sont classés en essais de type et essais individuels.

Les essais individuels sont ceux auxquels on soumet tous les transformateurs.

Les essais de type sont ceux auxquels on ne soumet qu'un seul ou un petit nombre de transformateurs de chaque modèle.

10.1 Essais individuels

Les essais individuels suivants doivent être effectués dans l'ordre ci-après :

- Vérification du marquage des bornes (voir article 11).
- Essais diélectriques à la fréquence industrielle des enroulements primaires (voir article 12).
- Essais diélectriques à la fréquence industrielle des enroulements secondaires (voir article 13).
- Détermination des erreurs conformément aux prescriptions de la classe de précision appropriée (voir article 23).

TABLE IIIC

Highest system voltage kV (r.m.s.)	One-minute power-frequency withstand voltage kV (r.m.s.)		Impulse withstand voltage kV (peak)	
	Full insulation	Reduced insulation	Full insulation	Reduced insulation
100	185	150	450	380
123	230	185	550	450
145	275	230	650	550
170	325	275	750	650
245	460	395 or 360	1 050	900 or 825
300	—	510 or 460	—	1 175 or 1 050
362	—	570 or 510	—	1 300 or 1 175
420	—	680 or 630	—	1 550 or 1 425
525	—	740 or 680	—	1 675 or 1 550

Note. — For highest system voltages above 72.5 kV, the insulation levels in Table IIIC contain alternative test voltage values for *full* and *reduced insulation*.

Full insulation values are intended for voltage transformers for use on systems having neutrals isolated, resonant earthed or non-effectively earthed.

Reduced insulation values are intended for voltage transformers for use on systems having effectively earthed neutrals.

Where there is a choice between test voltage values, the test voltage to be used is a matter for the user to decide.

SECTION THREE — TESTS — GENERAL

10. Classification of tests

The tests specified in this Recommendation are classified as type tests or routine tests.

Routine tests are those tests to which all transformers are to be subjected.

Type tests are tests performed only on a single transformer, or on a few transformers of each type.

10.1 Routine tests

The following routine tests shall be made in the order shown below:

- Verification of terminal markings (see Clause 11).
- Power-frequency tests on primary windings (see Clause 12).
- Power-frequency tests on secondary windings (see Clause 13).
- Determination of errors according to the requirements of the appropriate accuracy Class (see Clause 23).

10.2 Essais de type

Les essais de type sont:

- a) Essai d'échauffement (voir article 14).
- b) Vérification de la tenue à la tension de choc pour les transformateurs en situation exposée (voir article 15).

Les essais de type peuvent être omis si le constructeur produit des certificats d'essais de type sur un transformateur similaire, acceptables pour l'acheteur.

Note. — Un transformateur soumis aux essais de type du paragraphe 10.2 doit également être soumis à tous les essais individuels du paragraphe 10.1.

SECTION QUATRE — ESSAIS INDIVIDUELS

11. Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct.

12. Essais diélectriques à fréquence industrielle des enroulements primaires

La tension d'essai doit être la tension à fréquence industrielle appropriée spécifiée dans les tableaux IIIA, IIIB et IIIC, pages 22 et 24, et qui correspond à la tension la plus élevée du réseau et au niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai induite ne doit cependant pas dépasser cinq fois la tension primaire nominale et elle doit être appliquée:

- entre la (les) borne(s) de phase(s) et la terre pour les essais par source séparée à fréquence industrielle des transformateurs non mis à la terre et pour les essais par tension induite des transformateurs mis à la terre,
- entre bornes de phases pour les essais par tension induite des transformateurs non mis à la terre.

12.1 *Forme d'onde, fréquence et durée d'application de la tension d'essai*

La tension d'essai doit être alternative de forme pratiquement sinusoïdale et de fréquence comprise entre 25 Hz et 400 Hz. Elle est évaluée par sa valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$.

La tension doit être augmentée en partant d'une valeur relativement basse et portée à sa pleine valeur aussi rapidement que le permet sa mesure. La tension d'essai est maintenue à sa pleine valeur pendant 1 min, ou pendant une durée équivalente comme il est spécifié au paragraphe 12.2 b), et est ensuite réduite rapidement à une valeur relativement basse avant d'être supprimée.

12.2 *Transformateurs non mis à la terre*

- a) Les enroulements primaires doivent supporter un *essai par tension appliquée à fréquence industrielle* effectué à l'aide d'une source séparée dans les conditions suivantes:
La tension d'essai doit être appliquée entre toutes les bornes de l'enroulement (des enroulements) primaire(s) reliées ensemble et la terre. Le bâti, l'enveloppe (s'il en existe une), le circuit magnétique (s'il est destiné à être mis à la terre) et toutes les bornes de l'enroulement (des enroulements) secondaire(s) doivent être réunies entre eux et à la terre.

10.2 Type tests

Voltage transformers shall be capable of withstanding the following type tests:

- a) Temperature-rise test (see Clause 14).
- b) Impulse voltage tests for voltage transformers for service in exposed installations (see Clause 15).

Type tests may be omitted when the manufacturer holds a certificate of type tests made on a similar transformer which is acceptable to the purchaser.

Note. — Transformers subjected to the type tests of Sub-clause 10.2 shall also be subjected to all the routine tests of Sub-clause 10.1

SECTION FOUR — ROUTINE TESTS

11. Verification of terminal markings

Terminal markings shall be verified to ensure that they are correct.

12. Power-frequency tests on primary windings

The test voltage shall be the appropriate power-frequency test voltage specified in Tables IIIA, IIIB and IIIC, pages 23 and 25, according to the highest system voltage and the specified insulation level, except that the induced voltage shall not exceed five times the rated primary voltage. The test voltage shall be applied between:

- phase terminal(s) and earth for separate source power-frequency tests on earth-free transformers, and for induced voltage tests on earthed transformers;
- phase terminals for induced voltage tests on earth-free transformers.

12.1 Test voltage wave shape, frequency and duration of application

The test voltage shall be of substantially sinusoidal wave form and of any convenient frequency between 25 Hz and 400 Hz. The evaluated voltage shall be the measured peak value divided by $\sqrt{2}$.

The voltage shall be increased from a relatively low value to its full value as rapidly as is consistent with its measurement. The full test voltage shall be maintained for 1 min, or for an equivalent duration as specified in Sub-clause 12.2 b), and then rapidly reduced to a relatively low value before being switched off.

12.2 Earth-free transformers

- a) The primary windings shall withstand a *separate source power-frequency test* as specified below:

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

- b) Les enroulements doivent supporter un *essai par tension induite* effectué dans les conditions suivantes:

Au choix du constructeur, l'essai doit être fait soit en excitant l'enroulement secondaire avec une tension suffisante pour induire la tension d'essai spécifiée dans l'enroulement primaire, soit en excitant directement l'enroulement primaire à la tension d'essai spécifiée. Dans les deux cas, la tension doit être mesurée du côté à haute tension. Le bâti, l'enveloppe (s'il en existe une), le circuit magnétique (s'il est destiné à être mis à la terre), ainsi qu'une borne de chaque enroulement secondaire et une borne de l'enroulement primaire, doivent être reliés entre eux et à la terre.

La fréquence de la tension d'excitation peut être augmentée au-dessus de la valeur nominale de manière à éviter un courant d'excitation excessif et, si la fréquence dépasse deux fois la fréquence nominale, la durée de l'essai peut être réduite conformément à la formule:

$$\text{durée à la fréquence d'essai} = \frac{2 \text{ fois la fréquence nominale}}{\text{fréquence d'essai}} \times 60 \text{ s avec un minimum de 15 s}$$

12.3 Transformateurs mis à la terre

Les enroulements doivent supporter un *essai par tension induite* comme il est spécifié au paragraphe 12.2, avec cette différence que la borne de l'enroulement primaire destinée à être mise à la terre en service doit être mise à la terre pendant l'essai.

Lorsque celle des bornes de l'enroulement à haute tension destinée à être mise à la terre est isolée de l'enveloppe ou du bâti, elle doit pouvoir supporter l'application d'une tension de 2 kV pendant 1 min.

13. Essais diélectriques à fréquence industrielle des enroulements secondaires

L'isolation de l'enroulement secondaire doit pouvoir supporter pendant 1 min une tension d'essai de 2 kV (valeur efficace) qui doit avoir une forme d'onde pratiquement sinusoïdale et une fréquence comprise entre 25 Hz et 400 Hz.

La tension d'essai doit être appliquée entre toutes les bornes de l'enroulement secondaire, reliées entre elles et la terre; le bâti, l'enveloppe (s'il en existe une), le circuit magnétique (s'il est destiné à être mis à la terre) et toutes les bornes de l'enroulement primaire et des autres enroulements secondaires (s'il en existe) doivent être réunis entre eux et à la terre.

Lorsqu'il existe plus d'un enroulement ou section secondaire, chaque enroulement ou section doit pouvoir supporter pendant 1 min une tension d'essai de 2 kV (valeur efficace) appliquée entre lui (elle) et tous les autres enroulements et sections réunis entre eux, au bâti, à l'enveloppe (s'il en existe une) et à la terre.

SECTION CINQ — ESSAIS DE TYPE

14. 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 deg C 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.

- b) The windings shall withstand an *induced voltage test* as specified below:

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) and one terminal of each secondary winding and one terminal of the primary winding shall be connected together and to earth.

The frequency of the exciting voltage may be increased above the rated value to prevent excessive exciting current and, if the frequency exceeds twice the rated frequency, the duration of the test may be reduced as below:

$$\text{duration of test frequency} = \frac{\text{twice the rated frequency}}{\text{test frequency}} \times 60 \text{ s with a minimum of 15 s}$$

12.3 *Earthed transformers*

The windings shall withstand an *induced voltage test* as specified in Sub-clause 12.2, except that the terminal of the primary winding(s) intended to be earthed in service shall be earthed during the test.

When the terminal of the high-voltage winding intended to be earthed is insulated from the case or frame, it shall withstand the application of 2 kV for 1 min.

13. **Power-frequency tests on secondary windings**

The secondary winding insulation shall withstand for 1 min a test voltage of 2 kV r.m.s. which shall be of substantially sinusoidal wave form and of any convenient frequency between 25 Hz and 400 Hz.

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

When there is more than one secondary winding or section, each winding or section shall withstand for 1 min a test voltage of 2 kV r.m.s. applied between it and all other windings or sections connected together and to the frame, case (if any) and earth.

SECTION FIVE — TYPE TESTS

14. **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 deg C per hour. The test site ambient temperature may 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.

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

15. Essais à la tension de choc

Les transformateurs de tension pour emploi dans les installations en situation exposée doivent être capables de supporter les essais à la tension de choc prescrits ci-dessous.

L'isolation primaire doit être capable de supporter la tension de choc appropriée spécifiée dans les tableaux IIIA, IIIB ou IIIC, pages 22 et 24, d'après la tension nominale d'isolement et le niveau d'isolement spécifié.

La tension de choc en onde pleine doit être de la forme 1,2/50 μ s conforme à la Publication 60 de la CEI: Essais à haute tension. On doit appliquer cinq ondes consécutives.

La tension d'essai doit être appliquée entre une des bornes de ligne de l'enroulement primaire (haute tension) et la terre. L'autre borne de l'enroulement est mise à la terre conformément aux indications du tableau IV.

TABLEAU IV

Bornes à haute tension à mettre à la terre pendant les essais à la tension de choc

Nature de l'enroulement à haute tension	Borne à haute tension à mettre à la terre pendant les essais
Monophasé mis à la terre	Borne de terre
Monophasé non mis à la terre	L'autre borne de ligne

Note. — Au choix du constructeur, la mise à la terre peut s'effectuer à travers un dispositif approprié d'enregistrement du courant.

Au choix du constructeur, les bornes secondaires (basse tension) peuvent être reliées ensemble et mises à la terre, ou être reliées à un dispositif approprié permettant d'enregistrer l'onde de tension qui apparaît dans l'enroulement (les enroulements) secondaires(s) (basse tension) pendant l'essai.

Le transformateur de tension doit être capable de supporter des tensions de choc des deux polarités positive et négative, mais lorsqu'il n'existe aucun doute sur la polarité la plus sévère, il suffit d'effectuer les essais avec cette polarité seulement.

La valeur de crête et la forme d'onde des tensions de choc doivent être enregistrées au moyen d'oscillographes cathodiques.

15.1 Détection des défauts

Les méthodes ayant pour but de déterminer si des défauts se sont produits sont trop nombreuses et trop variées pour être décrites dans la présente recommandation. Il conviendra de consulter, à ce sujet, la documentation technique traitant de cette question.

Quelle que soit la méthode d'essai utilisée, le constructeur est tenu de prouver, grâce à l'expérience acquise par des essais antérieurs effectués sur des appareils analogues ou sur des appareils avec des défauts artificiels, que l'essai est exécuté avec une sensibilité suffisante pour la détection des défauts.

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

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.

15. Impulse voltage tests

Voltage transformers for service in exposed installations shall be capable of withstanding impulse voltage tests as prescribed below.

The primary insulation shall be capable of withstanding the appropriate impulse test voltage in Tables IIIA, IIIB or IIIC, pages 23 et 25, according to the highest system voltage and the specified insulation level.

The impulse voltage shall be full wave of 1.2/50 μ s duration in accordance with IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques, and five consecutive waves shall be applied.

The test voltage shall be applied between one line terminal of the primary (h.v.) winding and earth, the appropriate terminals of the winding(s) being earthed in accordance with Table IV.

TABLE IV

High-voltage terminals to be earthed during impulse-voltage tests

Description of h.v. winding	High-voltage terminal earthed during tests
Single-phase earthed	Earth terminal
Single-phase earth-free	Other line terminal

Note. — At the option of the manufacturer, the earth connection may be made through a suitable current recording device.

At the option of the manufacturer, the secondary (l.v.) terminals may be connected together and earthed or may be connected to a suitable device for recording the voltage wave appearing in the secondary (l.v.) winding(s) during the test.

The voltage transformer shall be capable of withstanding voltages of both positive and negative polarities, but where there is no doubt which polarity is the more onerous, it shall be sufficient to test with that polarity only.

The peak value and wave-shape of the impulse voltages shall be recorded by means of cathode-ray oscillographs.

15.1 Detection of failure

The methods of detecting whether faults have occurred are too numerous and varied to be described in this Recommendation and reference should be made to the literature published on this subject.

Whatever test method is used, the manufacturer shall prove from experience of previous tests on similar transformers, or on transformers with artificial faults, that the test is made with adequate fault detection sensitivity.

SECTION SIX — MARQUAGE

16. Indications à porter sur la plaque signalétique

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

- a) le nom du 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 nominales 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 doivent 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 doit être indiquée.

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

SECTION SEPT — MARQUAGE DES BORNES DES TRANSFORMATEURS DE TENSION

17. 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.

18. Marquage

18.1 Marquage des bornes

Les marques doivent être conformes aux indications des figures 1 à 10, pages 40 à 42 selon le genre d'appareils auxquels elles s'appliquent.

SECTION SIX — MARKING

16. 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 SEVEN — TERMINAL MARKINGS FOR VOLTAGE TRANSFORMERS

17. 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.

18. Markings

18.1 Terminal markings

Markings shall be in accordance with Figures 1 to 10, pages 40 to 42 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.

18.2 *Polarités relatives*

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

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

SECTION HUIT — GÉNÉRALITÉS

19. **Domaine d'application**

Le présent chapitre de la recommandation comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs de tension monophasés pour mesure, ceux indiqués dans le chapitre I.

20. **Terminologie**

20.1 *Transformateur de tension pour mesures*

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

SECTION NEUF — PRESCRIPTIONS DE PRÉCISION

21. **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.

21.1 *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.