

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-3

Deuxième édition
Second edition
2002-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 3:
Transformateurs combinés**

Instrument transformers –

**Part 3:
Combined transformers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60044-3:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60044-3

Deuxième édition
Second edition
2002-12

Transformateurs de mesure –

**Partie 3:
Transformateurs combinés**

Instrument transformers –

**Part 3:
Combined transformers**

© IEC 2002 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Définitions.....	10
3 Conditions de service normales et spéciales.....	10
4 Valeurs normales	10
4.1 Généralités	10
4.2 Limites d'échauffement	10
5 Prescriptions relatives à la conception.....	12
5.1 Généralités	12
5.2 Surtensions transmises	12
6 Essais.....	12
6.1 Classification des essais	12
6.2 Essais de type	14
6.3 Essais individuels	14
6.4 Essais spéciaux	16
7 Essais de type	16
7.1 Généralités	16
7.2 Essai d'échauffement.....	16
7.3 Essais aux chocs sur les enroulements primaires	18
8 Essais individuels.....	18
8.1 Généralités	18
8.2 Essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire	18
9 Essais spéciaux	18
9.1 Généralités	18
9.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique	18
9.3 Mesure des surtensions transmises	18
10 Marquage	20
10.1 Marquage de la plaque signalétique	20
10.2 Marquage des bornes	20
11 Prescriptions complémentaires applicables aux transformateurs combinés pour mesure et pour protection	22
11.1 Généralités	22
11.2 Influence réciproque	22
11.3 Essai de type de précision des transformateurs combinés pour mesure et pour protection.....	22
11.4 Essais individuels de série de la précision des transformateurs combinés de mesure et de protection	28
Annexe A (informative) Influence réciproque des transformateurs de courant et de tension	38
Figure 1 – Construction géométrique du circuit	30
Figure 2 – Mesure 2	32
Figure 3 – Mesure 3	32

CONTENTS

FOREWORD	7
1 Scope and object	11
2 Definitions.....	11
3 Normal and special service conditions	11
4 Ratings	11
4.1 General	11
4.2 Limits of temperature rise	11
5 Design requirements	13
5.1 General	13
5.2 Transmitted overvoltages	13
6 Tests	13
6.1 Classification of tests	13
6.2 Type tests.....	15
6.3 Routine tests.....	15
6.4 Special tests	17
7 Type tests	17
7.1 General	17
7.2 Temperature-rise test.....	17
7.3 Impulse tests on primary windings.....	19
8 Routine tests.....	19
8.1 General	19
8.2 Power-frequency withstand test on the primary winding	19
9 Special tests	19
9.1 General	19
9.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor	19
9.3 Transmitted overvoltage measurement.....	19
10 Marking.....	21
10.1 Rating plate marking	21
10.2 Terminal marking	21
11 Additional requirements for measuring and protective combined transformer	23
11.1 General	23
11.2 Mutual influence.....	23
11.3 Type test for accuracy of measuring and protective combined transformer.....	23
11.4 Routine accuracy tests for measuring and protective combined transformers	29
Annex A (informative) The mutual influence of current and voltage transformers	39
Figure 1 – Geometrical construction of the circuit.....	31
Figure 2 – Measurement 2	33
Figure 3 – Measurement 3	33

Figure 4 – Diagramme de l'erreur d'un transformateur de tension de classe 0,2	32
Figure 5 – Diagramme de l'erreur d'un transformateur de courant de classe 0,2 à 5 % du courant assigné	34
Figure 6 – Mesures de surtension transmise	34
Figure 7 – Forme d'onde de la tension d'entrée.....	36
Figure A.1 – Conducteur de courant et champ magnétique influençant un transformateur de tension	40

Figure 4 – Error diagram of a voltage transformer class 0,2	33
Figure 5 – Error diagram of a current transformer class 0,2 at 5 % of rated current	35
Figure 6 – Transmitted overvoltage measurements	35
Figure 7 – Waveshape of the input voltage	37
Figure A.1 – Current conductor and magnetic field influencing a voltage transformer.....	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE –**Partie 3: Transformateurs combinés**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60044-3 a été établie par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
38/287/FDIS	38/291/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'Annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60044-1 et la CEI 60044-2.

La présente norme constitue la Partie 3 de la CEI 60044, publiée sous le titre général *Transformateurs de mesure*. Outre la présente norme, cette série contient les parties suivantes:

CEI 60044-1:1996, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Transformateurs de courant*

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS –**Part 3: Combined transformers**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60044-3 has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

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

FDIS	Report on voting
38/287/FDIS	38/291/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annex A is for information only.

This standard shall be used in conjunction with IEC 60044-1 and IEC 60044-2.

This standard is Part 3 of IEC 60044, published under the general title *Instrument transformers*. Apart from this standard, this series consists of the following parts:

IEC 60044-1:1996, *Instrument transformers – Part 1: Current transformers*

CEI 60044-2:1997, *Transformateurs de mesure – Partie 2: Transformateurs inductifs de tension*

CEI/PAS 60044-5, *Transformateurs de mesure – Partie 5: Transformateurs condensateurs de tensions*

CEI 60044-6:1992, *Transformateurs de mesure – Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire*

CEI 60044-7:1999, *Transformateurs de mesure – Partie 7: Transformateurs de tension électroniques*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005-12. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IEC 60044-2:1997, *Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers*

IEC/PAS 60044-5, *Instrument transformers – Part 5: Capacitor voltage transformers*

IEC 60044-6:1992, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*

IEC 60044-7:1999, *Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transformers*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005-12. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 3: Transformateurs combinés

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60044 s'applique aux transformateurs combinés de fabrication récente destinés à être employés avec des instruments de mesure électriques et des appareils de protection électriques, à des fréquences allant de 15 Hz à 100 Hz.

Les prescriptions et essais de la présente norme s'ajoutent à ceux qui sont donnés dans la CEI 60044-1, la CEI 60044-2 et la CEI/PAS 60044-5 et qui s'appliquent aux transformateurs de courant, aux transformateurs de tension inductifs et aux transformateurs condensateurs de tension entrant dans la composition des transformateurs combinés de mesure.

2 Définitions

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044, les définitions données dans la CEI 60044-1 et dans la CEI 60044-2 s'appliquent, ainsi que la définition suivante:

2.1

transformateur combiné de mesure

transformateur de mesure composé d'un transformateur de courant et d'un transformateur de tension logés dans la même enveloppe

3 Conditions de service normales et spéciales

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044, l'Article 3 de la CEI 60044-1 et l'Article 4 de la CEI 60044-2 s'appliquent respectivement aux transformateurs de courant et aux transformateurs de tension.

4 Valeurs normales

4.1 Généralités

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044, outre l'Article 4 de la CEI 60044-1 et l'Article 5 de la CEI 60044-2, le paragraphe suivant s'applique.

4.2 Limites d'échauffement

L'échauffement d'un transformateur combiné de mesure ne doit pas dépasser les valeurs appropriées de 4.6 de la CEI 60044-1 et de 5.4 de la CEI 60044-2, sous l'effet simultané de la tension indiquée en 5.4 dans la CEI 60044-2 et d'un courant primaire égal au courant thermique continu assigné traversant le transformateur de courant. La charge du transformateur de courant, de facteur de puissance unitaire, doit correspondre à la puissance de précision, et celle du transformateur de tension doit être égale à sa charge de précision, ou à la plus élevée des charges de précision s'il y en a plusieurs, avec un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité. La tolérance supplémentaire de 10 K proposée dans certains cas pour les transformateurs de tension est également applicable aux transformateurs de courant des transformateurs combinés de mesure.

INSTRUMENT TRANSFORMERS –

Part 3: Combined transformers

1 Scope and object

This part of IEC 60044 applies to newly manufactured combined transformers for use with electrical measuring instruments and electrical protective devices at frequencies from 15 Hz to 100 Hz.

The requirements and tests of this standard, in addition to the requirements and tests of IEC 60044-1, IEC 60044-2 and IEC/PAS 60044-5 cover current, voltage and capacitor voltage transformers, that are necessary for combined instrument transformers.

2 Definitions

For the purposes of this part of IEC 60044, the definitions given in IEC 60044-1 and IEC 60044-2 and the following definition apply.

2.1

combined instrument transformer

instrument transformer consisting of a current and a voltage transformer in the same case

3 Normal and special service conditions

For the purposes of this part of IEC 60044, Clause 3 of IEC 60044-1 and Clause 4 of IEC 60044-2 apply to current and voltage transformers respectively.

4 Ratings

4.1 General

For the purposes of this part of IEC 60044, in addition to Clause 4 of IEC 60044-1 and Clause 5 of IEC 60044-2, the following subclause applies.

4.2 Limits of temperature rise

The temperature rise of a combined instrument transformer shall not exceed the appropriate values of 4.6 of IEC 60044-1 and of 5.4 of IEC 60044-2, respectively, if a voltage as indicated in IEC 60044-2, 5.4, is applied to it and the current transformer is carrying a primary current equal to the rated continuous thermal current. The current transformer is connected to a unity power factor burden corresponding to the rated output and with the voltage transformer being loaded at rated burden, or at the highest rated burden if there are several rated burdens, and at a power factor between 0,8 lagging and unity. The additional tolerance of 10 K proposed in some cases for the voltage transformers is also applicable for the current transformers of the combined instrument transformers.

5 Prescriptions relatives à la conception

5.1 Généralités

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044 et sauf indication contraire dans ce qui suit, l'Article 5 de la CEI 60044-1 et l'Article 6 de la CEI 60044-2 s'appliquent respectivement aux transformateurs de courant et aux transformateurs de tension.

5.2 Surtensions transmises

Ces prescriptions s'appliquent aux transformateurs combinés de mesure de tension pour le matériel dans lequel U_m est égale ou supérieure à 72,5 kV.

Les caractéristiques de l'impulsion de tension appliquée aux enroulements primaires pour lesquels les prescriptions sont formulées sont les suivantes:

- valeur de crête de la tension appliquée (U_p): $1,6 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_m$
- durée de front conventionnelle (T_1): $0,50 \mu s \pm 20 \%$
- durée jusqu'à la demi-valeur (T_2): $\geq 50 \mu s$

Les valeurs de crête des surtensions (U_s) transmises des bornes primaires aux bornes secondaires des transformateurs de courant et de tension ne doivent pas dépasser 1,6 kV, dans les conditions d'essai et de mesure exposées en 9.3.

NOTE 1 Les caractéristiques de forme d'onde sont représentatives des oscillations de tension dues aux opérations de manœuvre.

NOTE 2 D'autres limites de surtension peuvent être convenues entre le constructeur et l'acheteur.

La valeur limite de crête de surtension transmise de 1,6 kV, mesurée selon la méthode spécifiée en 9.3 devrait assurer une protection suffisante des équipements électroniques reliés aux enroulements secondaires.

6 Essais

6.1 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 effectué sur un transformateur qui présente des différences mineures. Il convient que de telles différences fassent l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Essai individuel

Essai auquel est soumis individuellement chaque transformateur.

5 Design requirements

5.1 General

For the purposes of this part of IEC 60044, Clause 5 of IEC 60044-1 and Clause 6 of IEC 60044-2 apply to the current and voltage transformers respectively, unless otherwise specified below.

5.2 Transmitted overvoltages

These requirements apply to combined instrument transformers having $U_m \geq 72,5$ kV.

The characteristics of the impulse voltage applied to the primary windings for which the requirements are stated are the following:

- peak value of the applied voltage (U_p): $1,6 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U_m$
- conventional front time (T_1): $0,50 \mu s \pm 20 \%$
- time to half-value (T_2): $\geq 50 \mu s$

The peak values of the overvoltages transmitted from the primary to the secondary terminals (U_s), for both current and voltage transformers, shall not exceed 1,6 kV, under the test and measuring conditions described in 9.3.

NOTE 1 The wave-shape characteristics are representative of voltage oscillations due to switching operations.

NOTE 2 Other transmitted overvoltage limits may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

The transmitted overvoltage peak limits of 1,6 kV, measured in accordance with the methods specified in 9.3, should ensure sufficient protection of electronic equipment connected to the secondary windings.

6 Tests

6.1 Classification of tests

The test 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.

Essai spécial

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

6.2 Essais de type

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

- a) essai de tenue aux courants de court-circuit sur le transformateur de courant (voir 7.1 de la CEI 60044-1);
- b) essai d'échauffement (voir 7.2);
- c) essai au choc de foudre (voir 7.3 et voir aussi 7.3.2 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 8.3.2 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- d) essai au choc de manœuvre (voir 7.3 et voir aussi 7.3.3 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 8.3.3 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- e) essai sous pluie pour les transformateurs du type extérieur (voir 7.4 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 8.4 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- f) essai de tenue au court-circuit sur le transformateur de tension (voir 8.2 de la CEI 60044-2);
- g) détermination des erreurs (voir Article 11);
- h) mesure des perturbations radioélectriques (RIV) (voir 8.5 de la CEI 60044-2).

Tous les essais diélectriques de type doivent être effectués sur le même transformateur, sauf spécification contraire.

Après avoir subi les essais diélectriques de type de ce paragraphe, le transformateur doit subir tous les essais individuels de 6.3.

6.3 Essais individuels

Les essais suivants s'appliquent à chaque transformateur individuel:

- a) vérification du marquage des bornes (voir 8.1 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 9.1 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- b) essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires (voir 8.2 et voir aussi 8.2 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 9.2 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- c) mesure de décharges partielles pour les transformateurs de tension (voir 9.2.4 de la CEI 60044-2);
- d) essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (voir 8.3 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 9.3 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- e) essai de tenue à fréquence industrielle entre sections (voir 8.3 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 9.3 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- f) essai de surtension entre spires pour les transformateurs de courant (voir 8.4 de la CEI 60044-1);
- g) détermination des erreurs (voir 11.4).

L'ordre des essais n'est pas normalisé, mais la détermination des erreurs doit être effectuée après chaque essai.

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

Special test

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

6.2 Type tests

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

- a) short-time current test on current transformers (see 7.1 of IEC 60044-1);
- b) temperature-rise test (see 7.2);
- c) lighting impulse test (see 7.3 and also 7.3.2 of IEC 60044-1 for current transformers and 8.3.2 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- d) switching impulse test (see 7.3 and see also 7.3.3 of IEC 60044-1 for current transformers and 8.3.3 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- e) wet test for outdoor transformers (see 7.4 of IEC 60044-1 for current transformers and 8.4 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- f) short-circuit withstand capability test on voltage transformers (see 8.2 of IEC 60044-2);
- g) determination of errors (see Clause 11);
- h) measurement of the radio interference voltage (RIV) (see 8.5 of IEC 60044-2).

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

After the transformer has been subjected to the dielectric type test of this subclause, it shall be subjected to all the routine tests of 6.3.

6.3 Routine tests

The following tests apply to each individual transformer:

- a) verification of terminal marking (see 8.1 of IEC 60044-1 for current transformers and 9.1 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- b) power-frequency withstand test on the primary winding (see 8.2 and see also 8.2 of IEC 60044-1 for current transformers and 9.2 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- c) partial discharge measurement for voltage transformers (see 9.2.4 of IEC 60044-2);
- d) power-frequency withstand test on secondary windings (see 8.3 of IEC 60044-1 for current transformers and 9.3 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- e) power-frequency withstand test between sections (see 8.3 of IEC 60044-1 for current transformers and 9.3 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- f) inter-turn overvoltage test for current transformers (see 8.4 of IEC 60044-1);
- g) determination of errors (see 11.4).

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

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

6.4 Essais spéciaux

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

- a) essai au choc coupé sur l'enroulement primaire (voir 7.3 et voir aussi 9.1 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 10.1 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- b) mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique (voir 9.2 et voir aussi 9.2 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et 10.2 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension);
- c) essai aux chocs coupés multiples sur l'enroulement primaire pour les transformateurs de courant (voir 7.3 et voir aussi l'Annexe B de la CEI 60044-1);
- d) essai mécanique pour les transformateurs de tension (voir 10.3 de la CEI 60044-2);
- e) mesures des surtensions transmises (voir 9.3).

7 Essais de type

7.1 Généralités

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044 et sauf indication contraire dans ce qui suit, l'Article 7 de la CEI 60044-1 et l'Article 8 de la CEI 60044-2 s'appliquent respectivement aux transformateurs de courant et aux transformateurs de tension.

7.2 Essai d'échauffement

Un essai doit être effectué afin de prouver la conformité aux prescriptions données en 4.2. Pour les besoins de cet essai, on considérera que les transformateurs combinés de mesure ont atteint une température stable lorsque l'élévation de température ne dépasse pas 1 K/h. La température ambiante peut se situer entre 10 °C et 30 °C.

Lorsqu'il y a plus d'un enroulement secondaire, les essais doivent être effectués avec les charges de précision appropriées raccordées à chacun des enroulements, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur. Pour l'essai, le transformateur doit être monté d'une façon représentative du montage en service. Le courant et la tension prescrits sont appliqués simultanément au transformateur combiné. Pour cela, il est nécessaire que les enroulements primaire et secondaire du transformateur produisant le fort courant d'excitation du transformateur de courant soient isolés l'un par rapport à l'autre pour la pleine tension du réseau.

A défaut de ce type de transformateur, deux autres procédures d'essai sont recommandées.

- a) Le transformateur combiné de mesure peut être installé isolé. La haute tension est alors appliquée simultanément au châssis, à l'enveloppe, à la borne de l'enroulement primaire habituellement mise à la terre en service et à une borne de chaque enroulement secondaire, tout en mettant à la terre la borne de l'enroulement primaire qui est raccordée à la ligne en service. Ainsi, l'isolation du transformateur générant le courant n'a pas besoin d'être conçue pour la haute tension.
- b) La haute tension est appliquée à la borne qui est raccordée à la ligne en service. Les bornes primaires du transformateur de courant sont court-circuitées et reliées à la haute tension. Le courant thermique continu assigné dans l'enroulement primaire en court-circuit doit être obtenu en excitant un ou plusieurs des enroulements secondaires du transformateur de courant.

Ces trois méthodes donnant le même résultat, le choix de la méthode est laissé au constructeur.

6.4 Special tests

The following tests shall be performed upon agreement between manufacturer and purchaser:

- a) chopped impulse test on the primary winding (see 7.3 and also 9.1 of IEC 60044-1 for current transformers and 10.1 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- b) measurement of capacitance and dielectric dissipation factor (see 9.2 and also 9.2 of IEC 60044-1 for current transformers and 10.2 of IEC 60044-2 for voltage transformers);
- c) multiple chopped impulse tests on the primary winding for current transformers (see 7.3 and also annex B of IEC 60044-1);
- d) mechanical test for voltage transformers (see 10.3 of IEC 60044-2);
- e) transmitted overvoltage measurement (see 9.3).

7 Type tests

7.1 General

For the purposes of this part of IEC 60044, Clause 7 of IEC 60044-1 and Clause 8 of IEC 60044-2 apply to the current and voltage transformer respectively, unless otherwise specified below.

7.2 Temperature-rise test

A test shall be made in order to prove compliance with 4.2. For the purpose of this test, combined instrument transformers shall be considered to have attained a steady-state temperature when the rate of temperature rise does not exceed 1 K/h. The ambient temperature may be between 10 °C and 30 °C.

When there is more than one secondary winding, the tests shall be made with the appropriate rated burden connected to each secondary winding unless otherwise agreed between manufacturer and user. For the test, the transformer shall be mounted in a manner representative of the mounting in service. The prescribed current and voltage are applied simultaneously to the combined instrument transformer. For this purpose, it is necessary that the primary winding and the secondary winding of the transformer generating the high current which excites the current transformers are insulated in relation to one another for the full voltage of the network.

If such a transformer is not available, two other test arrangements are recommended.

- a) The combined instrument transformer may be installed insulated. The high voltage is then applied simultaneously to the frame, to the casing, to the terminal of the primary winding usually earthed in service, and to one terminal of each secondary winding, whilst the terminal of the primary winding applied to the mains line in service is earthed. Thus the insulation of the transformer generating the current need not be constructed for high voltage.
- b) The high voltage is applied to the terminal which is connected to the main line in service. Primary terminals of the current transformer are short-circuited and connected to the high voltage. The rated continuous thermal current in the short-circuited primary winding shall be obtained by energizing one or more secondary windings of the current transformer.

The results of all three methods are the same and the choice of the method is left to the manufacturer.

L'échauffement des enroulements doit être mesuré par la méthode de variation de résistance. Pour les enroulements primaires du transformateur de courant de très faible résistance, il est possible d'employer des thermocouples. L'échauffement des parties autres que les enroulements peut être mesuré au moyen de thermomètres ou de thermocouples.

7.3 Essais aux chocs sur les enroulements primaires

Pour les essais de choc des transformateurs combinés de mesure, les ondes de choc de tension doivent être appliquées à l'enroulement primaire en court-circuit du transformateur de courant, relié à la borne de l'enroulement primaire du transformateur de tension se trouvant à la haute tension en service. Ce même raccordement est valable pour les essais de chocs coupés ou de chocs coupés multiples.

Les essais sont effectués conformément à 7.3 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant et à 8.3 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension.

8 Essais individuels

8.1 Généralités

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044 et sauf indication contraire dans ce qui suit, l'Article 8 de la CEI 60044-1 et l'Article 9 de la CEI 60044-2 s'appliquent respectivement aux transformateurs de courant et aux transformateurs de tension.

8.2 Essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire

L'essai de tension induite applicable aux transformateurs de tension est en même temps l'essai à fréquence industrielle de l'enroulement primaire pour les transformateurs de courant.

9 Essais spéciaux

9.1 Généralités

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60044 et sauf indication contraire dans ce qui suit, l'Article 9 de la CEI 60044-1 et l'Article 10 de la CEI 60044-2 s'appliquent respectivement aux transformateurs de courant et aux transformateurs de tension.

9.2 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

Si l'enroulement primaire du transformateur de tension est composé de plusieurs bobines, chacune d'elles étant connectée à la couche (l'écran) de répartition correspondante de l'isolation principale, seule la partie de l'isolation relative à la bobine reliée au potentiel de terre est vérifiée. Dans ce cas, les tensions d'essai indiquées en 6.1.2.5 de la CEI 60044-2 doivent être réduites. Le facteur de dissipation diélectrique doit être corrigé en tenant compte de la résistance du bobinage.

9.3 Mesure des surtensions transmises

Un essai séparé doit être effectué sur les transformateurs de courant et de tension, à l'aide du circuit de la Figure 6.

Une impulsion basse tension (U_1) doit être appliquée entre l'une des bornes primaires et la terre.

La ou les bornes du ou des enroulements secondaires destinées à être mises à la terre doivent être raccordées au châssis et à la terre.

The temperature rise of windings shall be measured by the increase in resistance method. For primary windings of the current transformer with very low resistance, thermocouples may be employed. The temperature rise of parts other than windings may be measured by means of thermometers or thermocouples.

7.3 Impulse tests on primary windings

In the case of impulse voltage tests for combined instrument transformers, the impulse voltage waves shall be applied to the short-circuited primary winding of the current transformer connected to the terminal of the voltage transformer primary winding, which is at high voltage when in operation. The same connection is valid for chopped and multiple chopped impulse tests.

The tests are carried out as indicated in 7.3 of IEC 60044-1 for current transformers and 8.3 of IEC 60044-2 for voltage transformers.

8 Routine tests

8.1 General

For the purposes of this part of IEC 60044, Clause 8 of IEC 60044-1 and Clause 9 of IEC 60044-2 apply to the current and voltage transformer respectively, unless otherwise specified below.

8.2 Power-frequency withstand test on the primary winding

The induced voltage test for the voltage transformer is also the power-frequency test for the primary winding of the current transformer.

9 Special tests

9.1 General

For the purpose of this part of IEC 60044, Clause 9 of IEC 60044-1 and Clause 10 of IEC 60044-2 apply to the current and voltage transformer respectively, unless otherwise specified below.

9.2 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

If the primary winding of the voltage transformer is constructed as a multiple coil winding and each coil is connected to the corresponding grading layer inside main insulation, only part of the insulation which refers to the coil connected to the earth potential is checked. In this case, test voltages according to 6.1.2.5 of IEC 60044-2 shall be reduced. The dielectric dissipation factor shall be corrected taking into account the resistance of the coil.

9.3 Transmitted overvoltage measurement

A separate test shall be performed on current and voltage transformers using the circuit described in Figure 6.

A low-voltage impulse (U_1) shall be applied between one of the primary terminals and the earth.

The terminal(s) of the secondary winding(s) intended to be earthed shall be connected to the frame and to the earth.

La tension transmise (U_2) doit être mesurée aux bornes du secondaire ouvertes, via un câble coaxial de 50 Ω relié à un oscilloscope d'impédance d'entrée 50 Ω , à bande passante de 100 MHz ou plus et ayant une lecture de la tension en valeur de crête.

NOTE D'autres méthodes d'essai permettant d'assurer des mesures non-intrusives peuvent être convenues entre le constructeur et l'acheteur.

Si les transformateurs de courant et de tension comprennent plus d'un enroulement secondaire, la mesure doit être effectuée successivement sur chacun de ces enroulements.

Dans le cas d'enroulements secondaires à prises intermédiaires, la mesure ne doit être effectuée que sur la prise correspondant à l'enroulement complet.

Pour les transformateurs de courant et de tension, les surtensions transmises à l'enroulement secondaire (U_s) pour les surtensions spécifiées (U_p) appliquées à l'enroulement primaire doivent être calculées de la façon suivante:

$$U_s = \frac{U_2}{U_1} \times U_p$$

En cas d'oscillations sur la crête, il est recommandé de tracer une courbe moyenne, dont l'amplitude maximale sera considérée comme la valeur de crête U_1 pour le calcul de la tension transmise (voir Figure 7).

NOTE La fréquence et l'amplitude des oscillations de l'onde de tension peuvent affecter la tension transmise.

Le transformateur combiné est considéré comme ayant réussi l'essai si les valeurs des surtensions transmises par les transformateurs de courant et de tension ne dépassent pas les limites indiquées en 5.2.

10 Marquage

10.1 Marquage de la plaque signalétique

La plaque signalétique doit mentionner séparément les caractéristiques du transformateur de courant, conformément aux prescriptions données en 10.2, 11.7, 12.7 et 14.5 de la CEI 60044-1, et celles du transformateur de tension, conformément aux prescriptions données en 11.1, 12.5 et 13.8 de la CEI 60044-2.

La plaque du transformateur de tension doit mentionner la valeur de la tension U_e induite par la valeur efficace du courant de court-circuit thermique assigné circulant dans le transformateur de courant lorsque l'enroulement primaire du transformateur de tension est en court-circuit. Cette tension induite se mesure aux bornes de l'enroulement secondaire du transformateur de tension chargé à 15 VA ou à sa charge de précision.

NOTE Au lieu de la tension U_e induite par la valeur efficace du courant de court-circuit thermique assigné, la plaque signalétique peut porter l'indication du rapport entre la tension induite et le courant circulant dans le transformateur de courant en millivolts par kilo-ampère.

10.2 Marquage des bornes

Les bornes des transformateurs de courant et de tension des transformateurs combinés de mesure doivent porter les mêmes indications que celles des transformateurs individuels.

The transmitted voltage (U_2) shall be measured at the open secondary terminals through a 50 Ω coaxial cable terminated with the 50 Ω input impedance of an oscilloscope having a bandwidth of 100 MHz or higher which reads the peak value.

NOTE Other test methods to avoid the intrusion of the instrumentation may be agreed between manufacturer and purchaser.

If the current and voltage transformer contains more than one secondary winding, the measurement shall be successively performed on each one of the windings.

In the case of secondary windings with intermediate tapplings, the measurement shall be performed only on the tapping corresponding to the full winding.

For both current and voltage transformers, the overvoltages transmitted to the secondary winding (U_s) for the specified overvoltages (U_p) applied to the primary winding shall be calculated as follows:

$$U_s = \frac{U_2}{U_1} \times U_p$$

In the case of oscillations on the crest, a mean curve should be drawn, and the maximum amplitude of this curve is considered as the peak value U_1 for the calculation of the transmitted voltage (see Figure 7).

NOTE Amplitude and frequency of the oscillation on the voltage wave may affect the transmitted voltage.

The combined transformer is considered to have passed the test if the value of the transmitted overvoltage on both the current and voltage transformers does not exceed the limits given in 5.2.

10 Marking

10.1 Rating plate marking

The specifications for the current transformer according to 10.2, 11.7 12.7 and 14.5 of IEC 60044-1 and the voltage transformer according to 11.1, 12.5 and 13.8 of IEC 60044-2 shall be marked separately on the rating plate.

The voltage transformer shall carry on the rating plate the value of the voltage U_e induced by the r.m.s. value of the rated short-time thermal current flowing through the current transformer, when the primary winding of the voltage transformer is short-circuited. The induced voltage is measured at the terminals of the secondary winding of the voltage transformer loaded with 15 VA or the rated burden.

NOTE Instead of the voltage U_e induced by the r.m.s. value of the rated short-time thermal current, the rating plate can carry the indication of the proportion of the induced voltage to the current flowing through the current transformer in millivolts per kiloampere.

10.2 Terminal marking

The terminals of the current and voltage transformer parts of combined instrument transformers shall be marked in the same way as for individual transformers.

11 Prescriptions complémentaires applicables aux transformateurs combinés pour mesure et pour protection

11.1 Généralités

Les limites d'erreur des transformateurs combinés pour mesure doivent être conformes aux prescriptions applicables aux transformateurs de courant pour mesure, données en 11.1, 11.2 et 11.3 de la CEI 60044-1, et à celles applicables aux transformateurs de tension pour mesure, données en 12.1 et 12.2 de la CEI 60044-2. Les limites d'erreur des transformateurs combinés pour protection doivent être conformes aux prescriptions applicables aux transformateurs de courant pour protection, données en 12.1, 12.2, 12.3, 13.2 et 13.3 de la CEI 60044-1, et à celles applicables aux transformateurs de tension pour protection, données en 13.1, 13.2, 13.3, 13.4 et 13.5 de la CEI 60044-2, ainsi qu'aux prescriptions applicables aux transformateurs condensateurs de tension.

11.2 Influence réciproque

Lorsque le transformateur de courant fonctionne entre 5 % du courant assigné et le courant thermique continu assigné, l'erreur de tension et le déphasage du transformateur de tension ne doivent pas dépasser les limites qui correspondent à sa classe de précision, dans la plage spécifiée des valeurs de la charge et entre 80 % et 120 % de la tension assignée.

Etant donné que, dans ce cas, la charge des enroulements secondaires du transformateur de courant n'a pas d'influence sur le résultat, ceux-ci peuvent être court-circuités.

Lorsque le transformateur de tension fonctionne entre 80 % de la tension assignée et le produit de celle-ci par le facteur de tension assigné, l'erreur de courant et le déphasage du transformateur de courant ne doivent pas dépasser les limites qui correspondent à sa classe de précision dans sa gamme de courant et dans les plages spécifiées des valeurs de la charge.

11.3 Essai de type de précision des transformateurs combinés pour mesure et pour protection

11.3.1 Généralités

Les essais de type de précision doivent être effectués conformément à 11.4, 12.4 et 12.5 de la CEI 60044-1 pour les transformateurs de courant, et à 12.3 et 13.6.2 de la CEI 60044-2 pour les transformateurs de tension.

11.3.2 Influence du transformateur de courant sur le transformateur de tension

Dans le cas de transformateurs combinés, l'influence du transformateur de courant sur le transformateur de tension doit être déterminée comme indiqué ci-dessous.

Tout d'abord, l'erreur de tension ε_V et le déphasage δ_V du transformateur de tension sont déterminés conformément à 12.3 et 13.6.2 de la CEI 60044-2, le transformateur de courant n'étant traversé par aucun courant, dans la plage spécifiée des valeurs de la charge (mesure 1). Le transformateur de courant est ensuite alimenté au courant thermique continu assigné.

Le conducteur d'alimentation du transformateur de courant doit former une boucle horizontale à la hauteur des bornes primaires (voir Figure 1). La distance, marquée a sur la Figure 1, du conducteur de retour doit correspondre à la distance entre phases du réseau. Chacune des autres dimensions de la boucle de courant doit être d'au moins 1,6 m. L'enroulement primaire du transformateur de tension est court-circuité par un raccordement aussi court que possible, placé dans le plan vertical des bornes primaires du transformateur de courant.

11 Additional requirements for measuring and protective combined transformer

11.1 General

The error limits for measuring combined transformers shall correspond to the requirements for measuring current transformers, indicated in 11.1, 11.2 and 11.3 of IEC 60044-1, and to the requirements for measuring voltage transformers indicated in 12.1 and 12.2 of IEC 60044-2. The limits of error for protective combined transformers shall correspond to the requirements for protective current transformers indicated in 12.1, 12.2, 12.3, 13.2 and 13.3 of IEC 60044-1, and to the requirements for protective voltage transformers indicated in 13.1, 13.2, 13.3, 13.4 and 13.5 of IEC 60044-2 and to the requirements for capacitor voltage transformers.

11.2 Mutual influence

When operating the current transformer between 5 % of the rated current and the rated continuous thermal current, the voltage transformer shall not exceed the limits of voltage error and phase displacement corresponding to its class within the specified range of burden and between 80 % and 120 % of the rated voltage.

In this case the burden of the current transformer is not important, therefore secondary windings may be short-circuited.

When operating the voltage transformer between 80 % of the rated voltage and the rated voltage multiplied by the rated voltage factor, the current transformer shall not exceed the limits of current error and phase displacement within the range of current corresponding to its class and within the specified range of burden.

11.3 Type test for accuracy of measuring and protective combined transformer

11.3.1 General

The type tests for accuracy shall be carried out according to 11.4, 12.4 and 12.5 of IEC 60044-1, for current transformers, and according to 12.3 and 13.6.2 of IEC 60044-2, for voltage transformers.

11.3.2 Influence of the current transformer on the voltage transformer

In the case of combined instrument transformers, the influence of the current transformer on the voltage transformer shall be tested as follows.

First, the voltage error ε_v and the phase displacement δ_v of the voltage transformer are determined with the current supplied to the current transformer disconnected and in accordance with 12.3 and 13.6.2 of IEC 60044-2 within the specified range of burden (measurement 1). Then the current transformer is supplied with the rated continuous thermal current.

The supply line to the current transformer shall form a horizontal loop at the height of the primary terminals (see Figure 1). The distance, indicated as a in Figure 1, of the return conductor shall correspond to the distance of the other phase in the mains line. The remaining lengths of the current loop shall each be at least 1,6 m. The primary winding of the voltage transformer is short-circuited with a connection as short as possible, which is placed in the vertical plane of the primary terminals of the current transformer.

La tension induite par le courant dans le transformateur de tension est mesurée au moyen d'un millivoltmètre ou d'un oscilloscope aux bornes secondaires. Cette tension U_V est une mesure de la variation maximale de l'erreur de tension.

Il est recommandé de charger le transformateur de tension à sa charge de précision ou à 15 VA pour éviter des erreurs dues à une influence extérieure sur la tension (mesure 2). Il suffit de rapporter la variation $\Delta\varepsilon$ à 2 % de la tension secondaire assignée pour les transformateurs pour protection, et à 80 % de la tension secondaire assignée pour les transformateurs pour mesure.

La plus grande variation possible de l'erreur de tension est alors

$$\pm\Delta\varepsilon_V = \frac{U_V}{0,8 U_{sN}} \times 100 \quad \text{en pourcentage à 80 \% de la tension secondaire assignée}$$

$$\pm\Delta\varepsilon_V = \frac{U_V}{0,02 U_{sN}} \times 100 \quad \text{en pourcentage à 2 \% de la tension secondaire assignée}$$

où

U_{sN} est la tension secondaire assignée, en volts

U_V est exprimée en volts.

La plus grande variation possible du déphasage est

$$\pm\Delta\delta_V = \Delta\varepsilon_V \times 34,4 \text{ en minutes, ou}$$

$$\pm\Delta\delta_V = \Delta\varepsilon_V \text{ en centiradians}$$

Si l'on ajoute les valeurs absolues des variations de l'erreur de tension $\pm\Delta\varepsilon_V$ et du déphasage $\pm\Delta\delta_V$ aux valeurs absolues des résultats ε_V et δ_V obtenus lors de la mesure 1 à 80 % de la tension nominale dans la plage spécifiée des valeurs de la charge, les valeurs obtenues

$$\pm\varepsilon'_V = |\varepsilon_V| + |\Delta\varepsilon_V| \quad \text{et} \quad \pm\delta'_V = |\delta_V| + |\Delta\delta_V|$$

ne doivent pas dépasser les limites d'erreur pour le transformateur de tension données en 12.2 et 13.2 de la CEI 60044-2 (voir Figure 4).

Il est en outre nécessaire de s'assurer que les erreurs de tension dues à l'influence du courant ne dépassent pas les limites fixées, même à 100 % et 120 % de la tension assignée.

Pour vérifier la conformité aux prescriptions données en 10.1, la valeur de la tension induite par le courant de court-circuit thermique assigné, qui doit être indiquée sur la plaque signalétique, peut être calculée à partir de la mesure de la tension U_V obtenue au courant thermique continu assigné.

The voltage induced by the current in the voltage transformer is measured by a millivoltmeter or an oscilloscope at the secondary terminals. This voltage U_v is a measure of the maximum variation of the voltage error.

It is recommended that the voltage transformer be loaded with the rated burden or 15 VA to avoid errors by externally influenced voltage (measurement 2). For protective transformers, it is sufficient to bring the variation $\Delta\varepsilon$ only into relation to 2 % and for measuring transformers into relation to 80 % of rated secondary voltage.

The greatest possible variation of the voltage error is then

$$\pm\Delta\varepsilon_v = \frac{U_v}{0,8 U_{sN}} \times 100 \quad \text{in per cent at 80 \% of the rated secondary voltage}$$

$$\pm\Delta\varepsilon_v = \frac{U_v}{0,02 U_{sN}} \times 100 \quad \text{in per cent at 2 \% of the rated secondary voltage}$$

where

U_{sN} is the secondary rated voltage, in volts, and

U_v is expressed in volts

The greatest possible variation of the phase displacement is then

$$\pm\Delta\delta_v = \Delta\varepsilon_v \times 34,4, \text{ in minutes, or}$$

$$\pm\Delta\delta_v = \Delta\varepsilon_v, \text{ in centiradians.}$$

If the absolute values of the variations of the voltage error $\pm\Delta\varepsilon_v$ and of the phase displacement $\pm\Delta\delta_v$ are added to the absolute values of the measuring results ε_v and δ_v obtained in measurement 1 at 80 % of the rated voltage within the specified range of burden, then the values obtained

$$\pm\varepsilon'_v = |\varepsilon_v| + |\Delta\varepsilon_v| \quad \text{and} \quad \pm\delta'_v = |\delta_v| + |\Delta\delta_v|$$

shall not exceed the limits of error for the voltage transformer given in 12.2 and 13.2 of IEC 60044-2 (see Figure 4).

Additionally, it must be ensured that the voltage errors due to the influence of the current do not exceed the limits of error, even at 100 % and 120 % of the rated voltage.

To prove compliance with 10.1, the value of the voltage induced by the rated short-time thermal current which shall be indicated on the rating plate, may be calculated with the voltage U_v measured at the rated continuous thermal current.

La tension U_e induite au courant de court-circuit thermique assigné est

$$U_e = U_v \times p$$

où

$$p = \frac{I_{th}}{I_{cth}}$$

U_v est la tension induite par le courant thermique continu assigné;

I_{th} est le courant de court-circuit thermique assigné;

I_{cth} est le courant thermique continu assigné.

NOTE Pour obtenir une meilleure précision, il est préférable de mesurer la tension induite U_v au courant le plus élevé possible.

11.3.3 Influence du transformateur de tension sur le transformateur de courant

Dans le cas de transformateurs combinés, l'influence du transformateur de tension sur le transformateur de courant doit être déterminée comme indiqué ci-dessous.

Le transformateur de tension n'étant pas excité, l'erreur de courant ε_i et le déphasage δ_i du transformateur de courant sont déterminés conformément à 11.4 et 12.4 de la CEI 60044-1 (mesure 1).

Une tension égale à 120 % de la tension assignée et au produit de celle-ci par le facteur de tension assigné doit ensuite être appliquée à la borne du transformateur de tension directement reliée à une borne du transformateur de courant, ce dernier n'étant pas excité. La tension produit dans le transformateur de courant un courant capacitif qui est mesuré sous forme d'une chute de tension U_i aux bornes d'une résistance R reliée aux bornes secondaires du transformateur de courant. La charge des enroulements secondaires du transformateur de tension n'a pas d'incidence sur les résultats, et ils peuvent donc être à circuit ouvert.

Pour un courant secondaire assigné de 1 A, 2 A et 5 A, la résistance recommandée peut être, respectivement de 100 Ω , de 25 Ω , et de 4 Ω . Une précision de ± 10 % sur la valeur de la résistance est suffisante. Deux mesures doivent ensuite être effectuées. La chute de tension U_i est d'abord mesurée avec la borne d'entrée de l'enroulement secondaire du transformateur de courant à la terre (Figure 2, mesure 2), puis avec sa borne de sortie à la terre (Figure 3, mesure 3). La plus grande des deux valeurs doit être retenue.

NOTE Il suffit de mettre à la terre la borne qui le sera en service, s'il en a été ainsi convenu entre le constructeur et l'acheteur.

Il suffit généralement de déterminer l'influence de la tension à 5 % du courant assigné.

La variation de l'erreur de courant est alors:

$$\pm \Delta \varepsilon_i = \frac{U_i}{R \times 0,05 I_{sN}} \times 100 \text{ en pourcentage à 5 \% du courant assigné}$$

où

R est exprimée en ohms;

U_i est exprimée en volts;

I_{sN} est le courant secondaire assigné en ampères.

The voltage U_e induced at rated short-time thermal current is

$$U_e = U_v \times p$$

where

$$p = \frac{I_{th}}{I_{cth}}$$

U_v is the voltage induced by the rated continuous thermal current;

I_{th} is the rated short-time thermal current;

I_{cth} is the rated continuous thermal current.

NOTE To obtain greater accuracy, it is better to measure the induced voltage U_v at the highest possible current.

11.3.3 Influence of the voltage transformer on the current transformer

In the case of combined instrument transformers, the influence of the voltage transformer on the current transformer has to be tested as follows.

With an unexcited voltage transformer, the current error ε_i and the phase displacement δ_i of the current transformers are determined according to 11.4 and 12.4 of IEC 60044-1 (measurement 1).

A voltage equal to 120 % of the rated voltage and the rated voltage multiplied by the rated voltage factor shall then be applied to the terminal of the voltage transformer which is directly connected to a terminal of the current transformer, the latter not being excited. A capacitive current is generated in the current transformer by the voltage and this is measured as the voltage drop U_i across a resistor R connected to the secondary terminals of the current transformer. The burden of the secondary windings of the voltage transformer does not affect the results. They may therefore be open-circuited.

At the rated secondary current of 1 A, 2 A or 5 A, this recommended resistor can be respectively 100 Ω , 25 Ω or 4 Ω . It is sufficient for the accuracy of the resistor R to be ± 10 % of the value. Two measurements shall then be made. First, the voltage drop U_i is measured when the input terminal of the secondary winding of the current transformer is earthed (Figure 2, measurement 2) and then, when its output terminal of the secondary winding is earthed (Figure 3, measurement 3). The greater value of the two measurements is to be considered.

NOTE It is sufficient to earth only the terminal which is earthed in service if agreed upon between the manufacturer and user.

It generally suffices to determine the influence of voltage at 5 % of the rated current.

The variation of the current error is then

$$\pm \Delta \varepsilon_i = \frac{U_i}{R \times 0,05 I_{sN}} \times 100 [\%] \text{ at } 5 \% \text{ of the rated current.}$$

where

R is expressed in ohms;

U_i is expressed in volts;

I_{sN} is the rated secondary current in amperes.

La variation du déphasage est alors:

$$\pm\Delta\delta_i = \Delta\varepsilon_i \times 34,4, \text{ en minutes, ou}$$

$$\pm\Delta\delta_i = \Delta\varepsilon_i, \text{ en centiradians}$$

Si l'on ajoute les variations de l'erreur de courant $\pm\Delta\varepsilon_i$ et du déphasage $\pm\Delta\delta_i$ aux valeurs absolues des résultats ε_i et δ_i obtenus lors de la mesure 1 à 5 % du courant nominal dans la plage spécifiée des valeurs de la charge, les valeurs obtenues,

$$\pm\varepsilon'_i = |\varepsilon_i| + |\Delta\varepsilon_i| \quad \text{et} \quad \pm\delta'_i = |\delta_i| + |\Delta\delta_i| \quad (\text{voir Figure 5}),$$

ne doivent pas dépasser les limites d'erreur données pour le transformateur de courant en 11.2 et 12.3 de la CEI 60044-1. Il est toutefois nécessaire de s'assurer que les erreurs de courant ne dépassent pas les limites fixées, même entre 5 % et 120 % du courant assigné, et jusqu'au courant thermique continu assigné dans le cas de transformateurs à gamme étendue.

11.4 Essais individuels de série de la précision des transformateurs combinés de mesure et de protection

L'essai de précision du transformateur de courant doit être effectué conformément à 11.5, 12.4 et 12.6 de la CEI 60044-1 applicables aux transformateurs de courant.

L'essai de précision du transformateur de tension doit être effectué conformément à 12.4 et 13.7 de la CEI 60044-2 applicables aux transformateurs de tension.

La variation d'erreur déterminée lors de l'essai de type, selon 11.3.2 et 11.3.3, doit être prise en compte.

The variation of the phase displacement is then

$$\pm\Delta\delta_i = \Delta\varepsilon_i \times 34.4, \text{ in minutes, or}$$

$$\pm\Delta\delta_i = \Delta\varepsilon_i, \text{ in centiradians;}$$

If the variations of the current error $\pm\Delta\varepsilon_i$ and of the phase displacement $\pm\Delta\delta_i$ are added to the absolute values of the measuring results ε_i and δ_i obtained in Measurement 1 at 5 % of the rated current within the specified range of burden, then the values obtained

$$\pm\varepsilon'_i = |\varepsilon_i| + |\Delta\varepsilon_i| \quad \text{and} \quad \pm\delta'_i = |\delta_i| + |\Delta\delta_i| \quad (\text{see Figure 5})$$

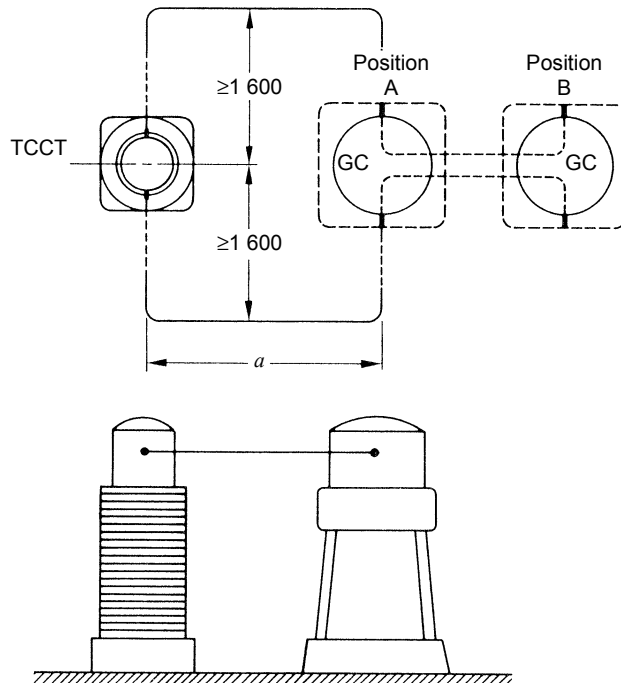
shall not exceed the limits of error for the current transformer given in 11.2 and 12.3 of IEC 60044-1. It must be ensured, however, that current errors do not exceed the limits of error, even between 5 % and 120 % of the rated current and in the case of extended current rating at the rated continuous thermal current.

11.4 Routine accuracy tests for measuring and protective combined transformers

The test for accuracy of the current transformer shall be carried out in accordance with 11.5, 12.4 and 12.6 of IEC 60044-1 for current transformers.

The test for accuracy of the voltage transformer shall be carried out in accordance with 12.4 and 13.7 of IEC 60044-2 for voltage transformers.

The variation of error determined at the type test according to 11.3.2 and 11.3.3 shall be taken into account.



IEC 3000/02

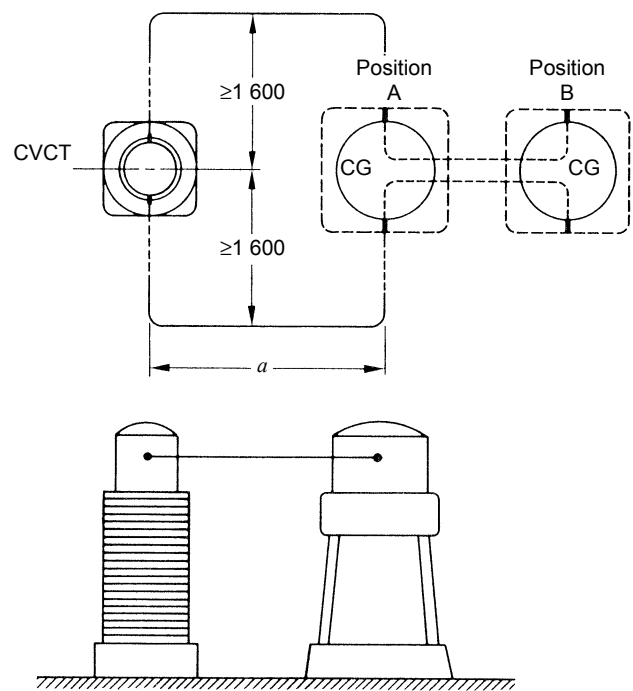
TCCT Transformateur combiné de courant et de tension

Le courant est généré par le transformateur GC. Le flux de fuite de ce transformateur ne doit pas influencer le transformateur combiné. Si une influence est détectée en position A, adopter la position B.

La distance a du conducteur de retour correspond à celle des autres conducteurs de phase du réseau.

	Tension la plus élevée du réseau kV	Valeur minimale de la distance a mm
	12	150
	24	215
	36	325
	72,5	700
Pleine Isolation	123	1 100
	245	2 200
Isolation réduite	123	950
	245	1 850
	420	2 900

Figure 1 – Construction géométrique du circuit



CVCT Combined voltage current transformer
The CG transformer generates the current. The stray field of this transformer shall not influence the combined voltage current transformer. If in position A an influence is detected, then position B shall be used.
The distance of return a of the conductor corresponds to the distance of the other phase conductors of the mains line.

	Highest system voltage kV	Minimum values of distance a mm
	12	150
	24	215
	36	325
	72,5	700
Full insulation	123	1 100
	245	2 200
Reduced insulation	123	950
	245	1 850
	420	2 900

IEC 3000/02

Figure 1 – Geometrical construction of the circuit

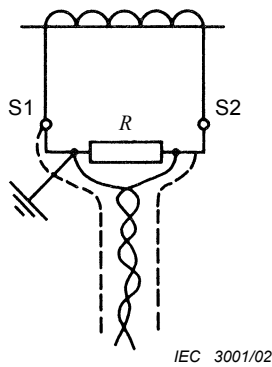


Figure 2 – Mesure 2

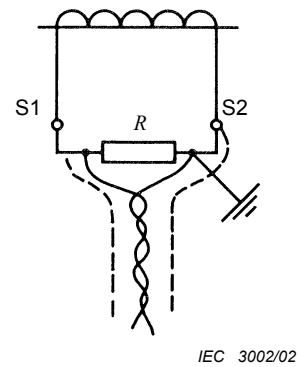


Figure 3 – Mesure 3

$\Delta\epsilon_v$ est la variation de l'erreur provoquée par un courant

En fonction de l'angle entre les vecteurs du courant et de la tension, les extrémités de $\Delta\epsilon_v$ se déplacent sur des cercles ayant pour centre les points d'erreur de tension sans influence du courant.

A est l'erreur du transformateur de tension avec une charge de 15 VA

B est l'erreur du transformateur de tension avec une charge de 90 VA

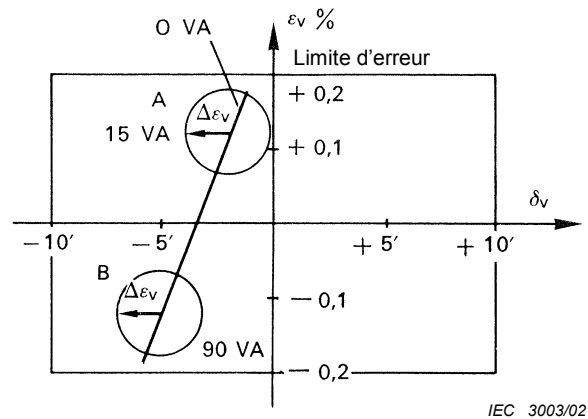


Figure 4 – Diagramme de l'erreur d'un transformateur de tension de classe 0,2

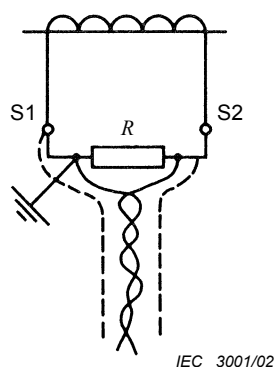


Figure 2 – Measurement 2

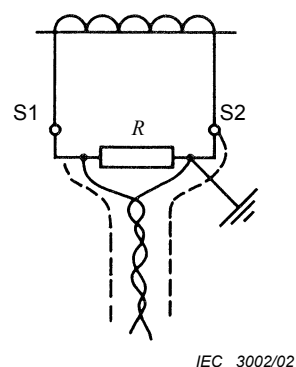


Figure 3 – Measurement 3

$\Delta\epsilon_V$ is the variation of the error caused by a current.

According to the angle between the current and the voltage phasors, the end points of $\Delta\epsilon_V$ lie on circles round the points of the voltage transformer errors without current influence.

- A is the error of the voltage transformer at an output of 15 VA.
- B is the error of the voltage transformer at an output of 90 VA.

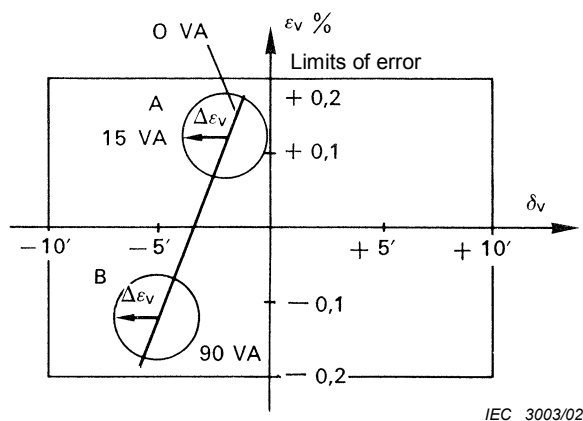
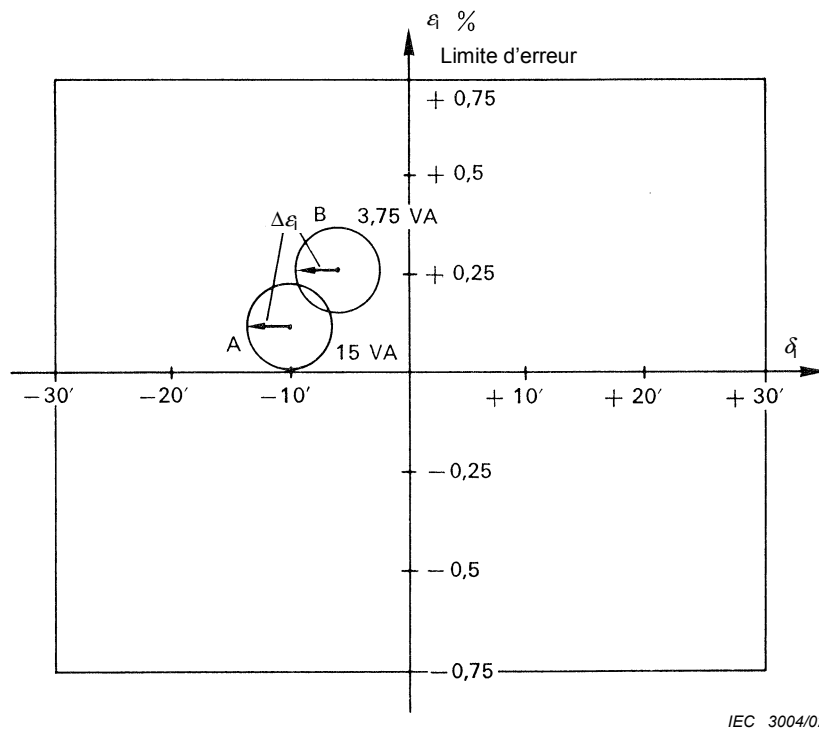


Figure 4 – Error diagram of a voltage transformer class 0,2



$\Delta \varepsilon_i$ est la variation d'erreur due à la tension appliquée.

En fonction de l'angle entre les vecteurs de la tension et du courant, les extrémités de $\Delta \varepsilon_i$ se déplacent sur des cercles ayant pour centre les points d'erreur de courant en l'absence de tension appliquée.

A est l'erreur du transformateur de courant avec une charge de 15 VA.

B est l'erreur du transformateur de courant avec une charge de 3,75 VA.

Figure 5 – Diagramme de l'erreur d'un transformateur de courant de classe 0,2 à 5 % du courant assigné

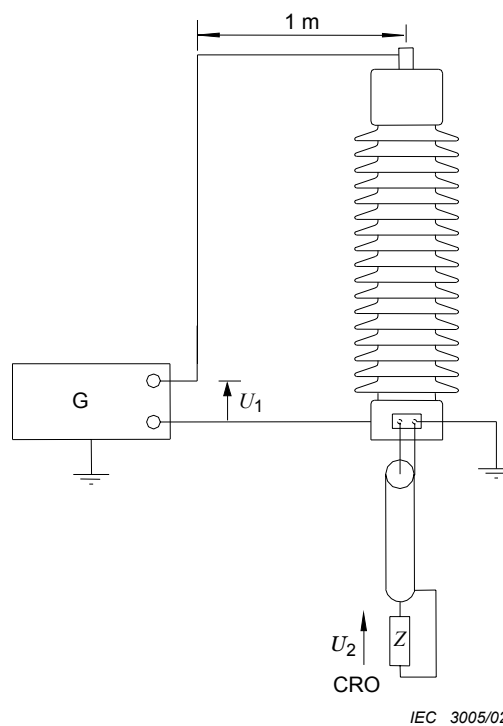
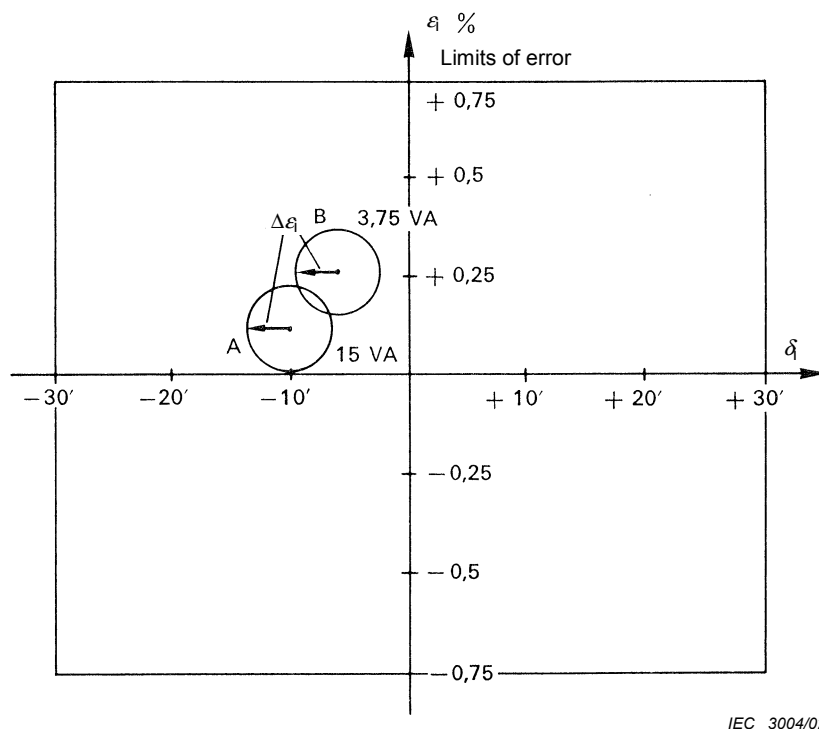


Figure 6 – Mesures de surtension transmise



IEC 3004/02

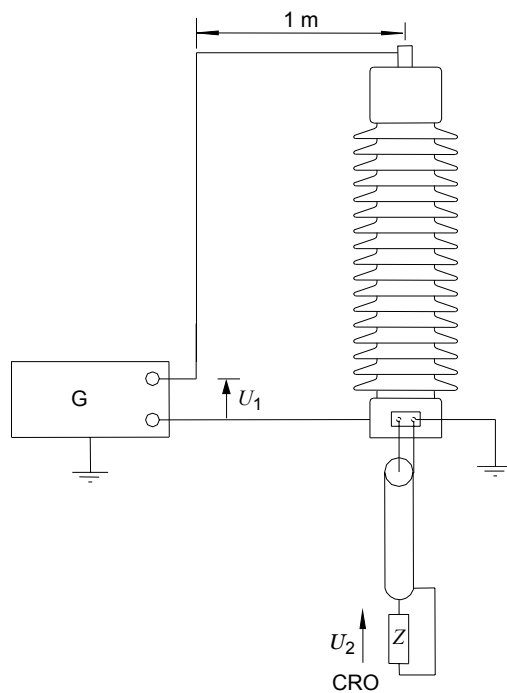
$\Delta \varepsilon_1$ is the variation of the error caused by the applied voltage.

According to the angle between the voltage and the current phasors, the end points of $\Delta \varepsilon_1$ lie on circles round the points of current transformer errors without applying voltage.

A error of the current transformer at an output of 15 VA.

B error of the current transformer at an output of 3,75 VA.

Figure 5 – Error diagram of a current transformer class 0,2 at 5 % of rated current



IEC 3005/02

Figure 6 – Transmitted overvoltage measurements

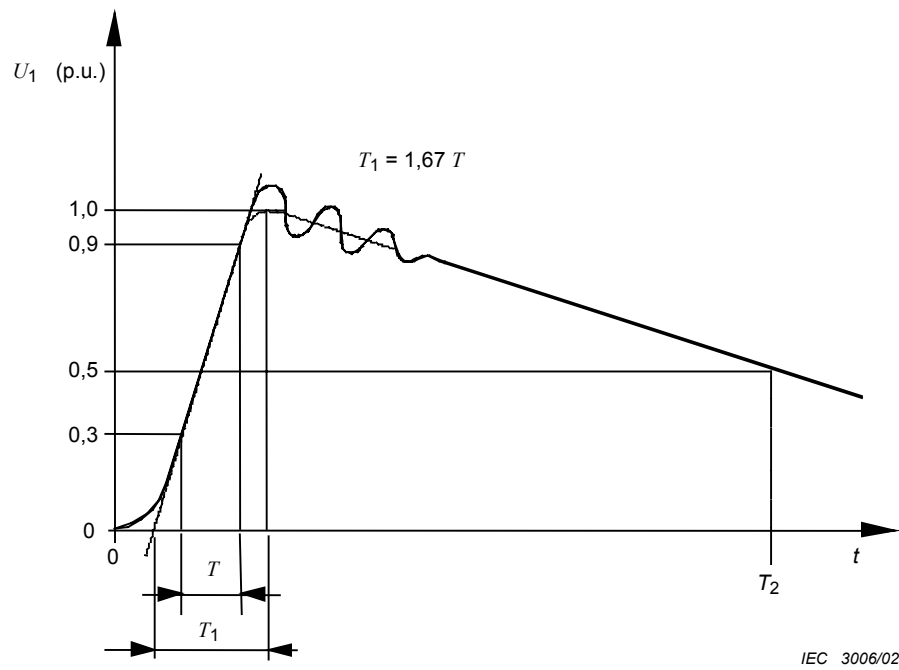


Figure 7 – Forme d'onde de la tension d'entrée

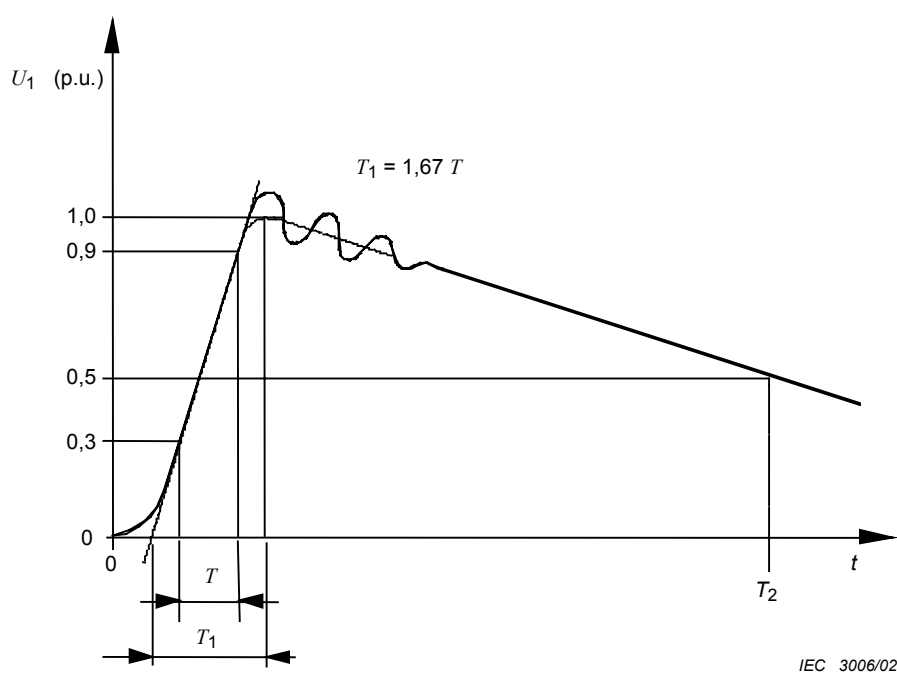


Figure 7 – Waveshape of the input voltage

Annexe A **(informative)**

Influence réciproque des transformateurs de courant et de tension

A.1 Influence du champ magnétique d'un conducteur porteur de courant sur l'erreur d'un transformateur de tension

Les erreurs d'un transformateur de tension peuvent être influencées par le champ magnétique d'un conducteur traversé par un courant, placé à proximité. L'influence est maximale lorsque le conducteur est positionné horizontalement et fait un angle droit avec l'axe longitudinal du noyau magnétique, et lorsque le flux magnétique entourant le conducteur traverse l'ouverture du bobinage (Figure A.1, illustrant l'influence pour un transformateur d'une tension nominale de 10 kV). Par contre, lorsque le conducteur est parallèle à l'axe longitudinal du noyau, cette influence est pratiquement négligeable. C'est là un fait important pour les transformateurs combinés, puisqu'il faut veiller, dès la construction, à monter le transformateur de tension dans la position correcte, à savoir avec l'axe longitudinal du noyau parallèle au conducteur de courant traversant la tête du transformateur.

Il est important de connaître l'influence du champ magnétique d'un conducteur de courant sur l'erreur du transformateur de tension, notamment pour la protection par relais directionnels.

Il est nécessaire de s'assurer de la précision du transformateur de tension, notamment du déphasage de la tension secondaire par rapport à la tension primaire, dans la mesure où la tension induite par le courant est déphasée de 90° par rapport à la tension primaire.

Si, en cas de défaut, la tension secondaire est de 0,5 V et la tension induite de 50 mV, l'erreur qui en résulterait sur la tension secondaire serait supérieure à 10 %.

Bien entendu, une influence d'un conducteur de courant se manifeste également sur tout transformateur de tension pour les tensions les plus élevées du réseau de 0,6 kV et plus, et pas seulement sur les transformateurs combinés, si le conducteur de courant de la ligne est situé à proximité du transformateur de tension. Cette prescription s'applique donc aussi à tout transformateur de tension seul.

A.2 Influence de la tension appliquée sur l'erreur d'un transformateur de courant

Les erreurs des transformateurs de courant, qu'ils soient construits pour des tensions faibles ou élevées, sont normalement déterminées à un potentiel relativement faible, de l'ordre de quelques volts, dont l'amplitude est juste suffisante pour générer le courant nécessaire. Si l'on applique la haute tension à l'enroulement primaire du transformateur, l'erreur peut varier plus ou moins, dans la mesure où la tension crée un courant capacitif de l'enroulement primaire vers l'enroulement secondaire, lequel, dans le cas d'un enroulement secondaire non blindé, s'écoule pour une part à travers les instruments qui lui sont reliés, et pour l'autre directement à la borne de terre de l'enroulement secondaire. De plus, le courant capacitif parcourant l'enroulement primaire est transmis inductivement à l'enroulement secondaire, même s'il s'écoule par un écran électrostatique secondaire. A 5 % du courant assigné, notamment, les erreurs peuvent augmenter au point de dépasser les limites imposées. Si l'on mesure les erreurs du transformateur de courant en lui appliquant simultanément la haute tension, il est nécessaire que le transformateur de courant de référence (transformateur étalon) utilisé pour cette mesure, ainsi que celui employé pour générer le courant soient isolés pour la haute tension. Il est possible d'employer pour la mesure deux transformateurs séparés, mais il est plus pratique de n'utiliser qu'un seul enroulement à courant élevé, à la fois pour le transformateur étalon et pour celui qui produit le courant, et de l'isoler pour la haute tension.

Annex A (informative)

The mutual influence of current and voltage transformers

A.1 The influence of the magnetic field of a current-carrying conductor on the error of a voltage transformer

The errors of a voltage transformer can be influenced by the magnetic field of a current-carrying conductor in the vicinity. The influence is greatest when the conductor is positioned horizontally at right angles to the longitudinal direction of the iron core and when the magnetic flux encircling the conductor passes through the coil opening (Figure A.1, influence shown for a transformer rated at 10 kV). However, in the case where the conductor is located parallel to the longitudinal direction of the iron core, the influence is practically negligible. This fact is of importance for combined instrument transformers as care must be taken during construction that the voltage transformer is mounted in the correct position, that is, with the longitudinal direction of the iron core parallel to the current conductor running through the transformer top.

Knowing the influence of the magnetic field of a current conductor on the error of a voltage transformer is important in particular for protection with directional relay.

It is necessary to be assured of the accuracy of the voltage transformers, particularly in relation to the phase shift of the secondary voltage with respect to the primary voltage, since the voltage induced by the current has a phase shift of 90° with respect to the primary voltage.

If, in the case of a fault, the secondary voltage is 0,5 V and the induced voltage is 50 mV, the resultant error on the secondary voltage would be greater than 10 %.

A current conductor can, of course, also have an influence on any voltage transformer with highest system voltage of 0,6 kV or more, and not only on the combined instrument transformer, if the current conductor of the network is laid near the voltage transformer. This requirement therefore also applies to each voltage transformer.

A.2 Influence of the applied voltage on the error of a current transformer

The errors of the current transformers, irrespective of whether they are constructed for low or high voltages, are normally determined at a relatively low potential of a few volts which is just sufficient to generate the necessary current. If high voltage is applied to the primary winding of the transformer, the error may change more or less because the voltage gives rise to a capacitive current from the primary winding to the secondary winding which – in the case of an unshielded secondary winding – partly flows through the instruments connected to it and partly direct to the earthed terminal of the secondary winding. Furthermore, the capacitive current flowing through the primary winding is inductively induced in the secondary winding even when flowing to a secondary electrostatic screen. In particular with 5 % of the rated current, the errors may become so great that the limits of error are exceeded. If the errors of the current transformer are measured applying the high voltage simultaneously, the reference current transformer (standard transformer) used for this purpose as well as the transformer generating the current must be insulated from the high voltage. It is possible to use two separate transformers for the measurement but it is more practical to have only one high current winding for both the reference transformer and the current-generating transformer and to insulate this

Il est important de blinder le noyau et l'enroulement secondaire du transformateur étalon, ainsi que le noyau et l'enroulement primaire de celui qui produit le courant.

Il est nécessaire que l'enroulement à courant fort soit également pourvu d'un écran connecté à la borne de cet enroulement qui est directement reliée au transformateur à haute tension de telle sorte que le courant capacitif haute tension s'écoule à la terre directement du transformateur à haute tension, sans traverser l'enroulement à courant fort.

Les méthodes de mesure de l'influence d'un conducteur de courant sur le transformateur de tension décrites en 11.2.1 et 11.2.2 sont des méthodes indirectes, qui sont plus faciles à mettre en œuvre que les méthodes directes, et donnent pourtant les mêmes résultats de mesure. Ces méthodes indirectes ne nécessitent pas le transformateur isolé pour la haute tension précédemment décrit.

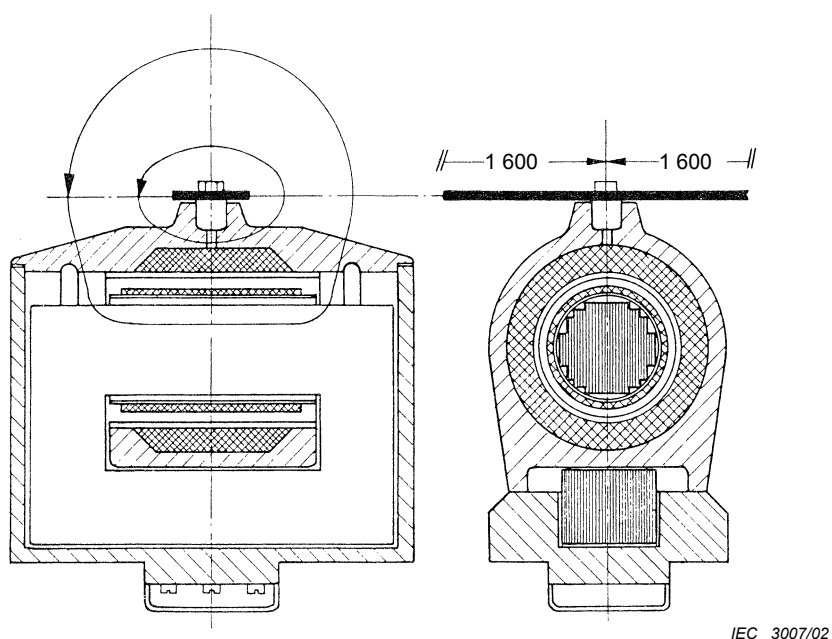


Figure A.1 – Conducteur de courant et champ magnétique influençant un transformateur de tension

winding for the high voltage. It is important to screen the core and the secondary winding of the reference transformer as well as the core and the primary winding of the current-generating transformer.

This high current winding must also be shielded by a screen connected to the high-voltage transformer side of the current winding in order to have the capacitive current from the high voltage to earth flowing immediately from the high-voltage transformer and not via the high-current winding.

The methods for measuring the influence of a current conductor on the voltage transformer described in 11.2.1 and 11.2.2 are indirect methods which may be performed more easily than the direct methods whilst giving the same measuring results. For the indirect methods, the transformer previously described which is insulated for the high voltage is not necessary.

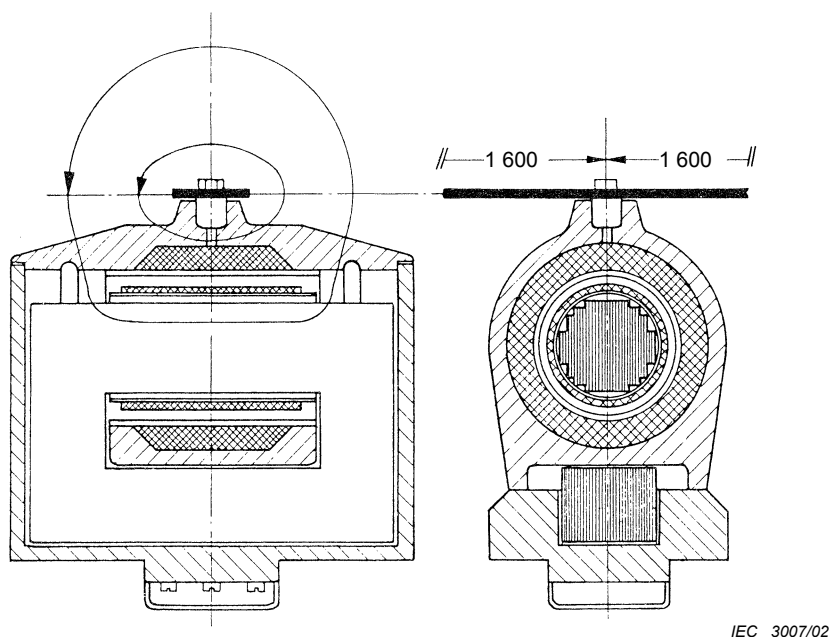


Figure A.1 – Current conductor and magnetic field influencing a voltage transformer

ISBN 2-8318-6762-2



9 782831 867625

ICS 17.220.20; 29.180

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND