

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
44-6**

Première édition
First edition
1992-03

Transformateurs de mesure

Partie 6:

Prescriptions concernant les transformateurs
de courant pour protection pour la réponse
en régime transitoire

Instrument transformers

Part 6:

Requirements for protective current transformers
for transient performance



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 44-6: 1992

AVA Documents
Document Sharing Hub

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
44-6

Première édition
First edition
1992-03

Transformateurs de mesure

Partie 6:

Prescriptions concernant les transformateurs
de courant pour protection pour la réponse
en régime transitoire

Instrument transformers

Part 6:

Requirements for protective current transformers
for transient performance

© CEI 1992 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 pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Valeurs normales et performances requises	16
5 Méthodes de spécification	20
6 Marquage de la plaque signalétique	22
7 Essais	26
 Annexes	
A Equations théoriques fondamentales relatives au dimensionnement pour le régime transitoire	34
B Détermination de la caractéristique d'excitation	36
C Essais directs	58
D Guide d'identification des critères de performance d'un transformateur de courant destiné aux relais de protection	72
E Détermination de l'erreur sur le rapport des nombres de spires	84

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Ratings and performance requirements	17
5 Methods of specification	21
6 Marking of rating plate	23
7 Tests	27
Annexes	
A Basic theoretical equations for transient dimensioning	35
B Determination of core magnetization characteristic	37
C Direct tests	59
D Guide to performance criteria for current transformer for protection relaying	73
E Determination of turns ratio error	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE MESURE

Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire

AVANT-PROPOS

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

La présente partie de la Norme internationale CEI 44 a été établie par le Comité d'Etudes n° 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
38(BC)78	38(BC)81 & 81A	38(BC)83	38(BC)86

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

Cette partie de la CEI 44 doit être lue conjointement avec la CEI 185 et sa modification n° 1.

Les annexes A, B, C, D et E font partie intégrante de la présente partie.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENT TRANSFORMERS

**Part 6: Requirements for protective current transformers
for transient performance**

FOREWORD

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

This part of International Standard IEC 44 has been prepared by IEC Technical Committee No. 38: Instrument transformers.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
38(CO)78	38(CO)81 & 81A	38(CO)83	38(CO)86

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

This part of IEC 44 is to be read in conjunction with IEC 185 and its Amendment No. 1.

Annexes A, B, C, D and E form an integral part of this part.

INTRODUCTION

Les critères de réponse des transformateurs de courant de classe P figurant au chapitre III de la CEI 185 sont relatifs à un courant primaire appliqué de régime établi, alternatif symétrique, pour lequel la force électromotrice secondaire limite est telle que définie en 34.5 de la CEI 185. Dans la présente partie de la CEI 44, les prescriptions pour les transformateurs de courant pour protection tels que classifiés en 3.5 doivent tenir compte du flux additionnel de couplage avec l'enroulement secondaire correspondant à la composante apériodique du courant appliqué. De façon précise, la condition limite est définie par l'intégrale de la tension qui est induite dans l'enroulement secondaire du transformateur de courant pour faire circuler, dans les conditions de fonctionnement spécifiées, le courant dans la boucle secondaire, comprenant l'enroulement et la résistance secondaire. Pour la commodité des calculs, on utilise, pour définir la condition limite, une force électromotrice sinusoïdale équivalente. Se reporter aussi à l'annexe B.

INTRODUCTION

Performance criteria for class P current transformers included in Chapter III of IEC 185 relate to a steady state a.c. symmetrical primary energizing current which allows the limiting secondary e.m.f. to be as defined in 34.5 of IEC 185. In this part of IEC 44, requirements for protective current transformers as classified by 3.5 take account of the additional flux linking the secondary winding due to the d.c. component of energizing current. Strictly, the limiting condition is defined by the integral of the voltage which is induced in the secondary winding of the current transformer in order to drive current in the secondary loop, inclusive of winding and secondary resistance, for the specified energizing conditions. For mathematical convenience, an equivalent sinusoidal e.m.f. is used to define the limiting condition. Refer also to annex B.

TRANSFORMATEURS DE MESURE

Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 44 est relative aux prescriptions et aux essais qui, en complément de ceux indiqués au chapitre I de la CEI 185, s'appliquent aux transformateurs de courant inductifs destinés à être utilisés avec des systèmes de protection électrique pour lesquels il est primordial que les transformateurs de courant conservent une précision déterminée en présence d'un courant atteignant plusieurs fois le courant assigné et comportant une composante apériodique décroissant exponentiellement avec une constante de temps fixée.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 44. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 44 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 56: 1987, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*.

CEI 185: 1987, *Transformateurs de courant*.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 44, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 courant primaire de court-circuit assigné (I_{psc}): Valeur efficace du courant primaire symétrique de court-circuit sur laquelle doivent être fondées les conditions assignées relatives à la précision du transformateur de courant.

3.2 courant d'erreur instantané (i_ε): Différence entre les valeurs instantanées du courant secondaire (i_s) multiplié par le rapport de transformation assigné (K_n) et du courant primaire (i_p):

$$i_\varepsilon = K_n i_s - i_p$$

Lorsque ce courant comporte deux composantes, l'une alternative et l'autre apériodique, ces composantes constituantes sont identifiées séparément comme suit:

$$i_\varepsilon = i_{\varepsilon ac} + i_{\varepsilon dc} = (K_n i_{sac} - i_{pac}) + (K_n i_{sdc} - i_{pdc})$$

INSTRUMENT TRANSFORMERS

Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance

1 Scope

This part of IEC 44 covers the requirements and tests, in addition to those in Chapter I of IEC 185, that are necessary for inductive current transformers for use with electrical protective schemes in which the prime requirement for the current transformers is the maintenance of a defined performance up to several times the rated current when the current contains an exponentially decaying d.c. component of defined time constant.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 44. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 44 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 56: 1987, *High-voltage alternating-current circuit-breakers*.

IEC 185: 1987, *Current transformers*.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 44, the following definitions apply.

3.1 rated primary short-circuit current (I_{psc}): R.M.S. value of primary symmetrical short-circuit current on which the rated accuracy performance of the current transformer is based.

3.2 instantaneous error current (i_e): Difference between the instantaneous values of the secondary current (i_s) multiplied by the rated transformation ratio (K_n) and the primary current (i_p):

$$i_e = K_n i_s - i_p$$

When both alternating current and direct current components are present, the constituent components are separately identified as follows:

$$i_e = i_{eac} + i_{edc} = (K_n i_{sac} - i_{pac}) + (K_n i_{sdc} - i_{pdc})$$

3.3 erreur instantanée (totale) de crête ($\hat{\epsilon}$): Courant d'erreur instantané maximal, pour le cycle de fonctionnement spécifié, exprimé en pourcentage de la valeur instantanée de crête du courant primaire de court-circuit assigné:

$$\hat{\epsilon} = 100 \hat{i}_{\epsilon} / (\sqrt{2} I_{psc}) \quad (\%)$$

3.4 erreur instantanée de crête sur la composante alternative du courant ($\hat{\epsilon}_{ac}$): Erreur instantanée maximale sur la composante alternative du courant exprimée en pourcentage de la valeur instantanée de crête du courant primaire de court-circuit assigné:

$$\hat{\epsilon}_{ac} = 100 \hat{i}_{\epsilon ac} / (\sqrt{2} I_{psc}) \quad (\%)$$

3.5 classes de transformateurs de courant pour protection: Les transformateurs de courant pour protection sont classés comme suit selon leurs performances fonctionnelles:

classe P: Limite de précision définie par l'erreur composée ($\hat{\epsilon}_c$) pour un courant primaire symétrique de régime établi. Aucune limite pour le flux rémanent.

classe TPS: Transformateur de courant à faible flux de fuites dont les performances sont définies par des limites fixées pour les caractéristiques d'excitation par l'enroulement secondaire et pour l'erreur sur le rapport des nombres de spires. Aucune limite pour le flux rémanent.

classe TPX: Limite de précision définie par l'erreur instantanée de crête ($\hat{\epsilon}$) au cours du cycle de fonctionnement en régime transitoire spécifié. Aucune limite pour le flux rémanent.

classe TPY: Limite de précision définie par l'erreur instantanée de crête ($\hat{\epsilon}$) au cours du cycle de fonctionnement en régime transitoire spécifié. Le flux rémanent ne doit pas excéder 10 % du flux de saturation.

classe TPZ: Limite de précision définie par l'erreur instantanée de crête sur la composante alternative du courant ($\hat{\epsilon}_{ac}$) au cours d'un seul passage du courant présentant la composante apériodique maximale, la constante de temps de la boucle secondaire ayant la valeur spécifiée. Aucune exigence concernant l'erreur limite sur la composante apériodique du courant. Flux rémanent devant être pratiquement négligeable.

3.6 constante de temps primaire spécifiée (T_p): Valeur spécifiée de la constante de temps de la composante apériodique du courant primaire sur laquelle les performances du transformateur de courant doivent être fondées. Cette valeur peut aussi être une valeur «assignée» pour les transformateurs de courant des classes TPX, TPY et TPZ et elle sera alors indiquée sur la plaque signalétique.

3.7 temps admissible jusqu'à la limite de précision (t_{al}): Temps pendant lequel la précision spécifiée doit être conservée au cours de toute période spécifiée de passage du courant faisant partie d'un cycle de fonctionnement donné

NOTE - Ce temps est habituellement fixé par le temps critique de mesure du système de protection associé. Lorsque l'exigence la plus contraignante se trouve fixée par la stabilité de fonctionnement du système de protection, il peut être nécessaire également de tenir compte du temps requis par le disjoncteur pour interrompre le courant.

3.3 peak instantaneous (total) error ($\hat{\epsilon}$): Maximum instantaneous error current, for the specified duty cycle, expressed as a percentage of the peak instantaneous value of the rated primary short-circuit current:

$$\hat{\epsilon} = 100 \hat{i}_{\epsilon} / (\sqrt{2} I_{psc}) \quad (\%)$$

3.4 peak instantaneous alternating current component error (ϵ_{ac}): Maximum instantaneous error of the alternating current component expressed as a percentage of the peak instantaneous value of the rated primary short-circuit current:

$$\hat{\epsilon}_{ac} = 100 \hat{i}_{\epsilon ac} / (\sqrt{2} I_{psc}) \quad (\%)$$

3.5 protective current transformer classes: Current transformers for protection are classified according to functional performance as follows:

class P: Accuracy limit defined by composite error ($\hat{\epsilon}_c$) with steady state symmetrical primary current. No limit for remanent flux.

class TPS: Low leakage flux current transformer for which performance is defined by the secondary excitation characteristics and turns ratio error limits. No limit for remanent flux.

class TPX: Accuracy limit defined by peak instantaneous error ($\hat{\epsilon}$) during specified transient duty cycle. No limit for remanent flux.

class TPY: Accuracy limit defined by peak instantaneous error ($\hat{\epsilon}$) during specified transient duty cycle. Remanent flux not to exceed 10 % of the saturation flux.

class TPZ: Accuracy limit defined by peak instantaneous alternating current component error ($\hat{\epsilon}_{ac}$) during single energization with maximum d.c. offset at specified secondary loop time constant. No requirements for d.c. component error limit. Remanent flux to be practically negligible.

3.6 specified primary time constant (T_p): That specified value of the time constant of the d.c. component of the primary current on which the performance of the current transformer is based. This value may also be a rated value for class TPX, TPY and TPZ current transformers and then will be marked on the rating plate.

3.7 permissible time to accuracy limit (t_{al}): Time during which the specified accuracy is maintained during any specified energization period of a given duty cycle.

NOTE - This time will usually be defined by the critical measuring time of the associated protection scheme. When stable operation of the protection scheme is a limiting requirement, it may also be necessary to consider the time taken by the circuit breaker to interrupt the current.

3.8 temps jusqu'au flux maximal ($t_{\max}$): Temps écoulé, au cours d'une période prescrite de passage du courant, à l'instant où le flux transitoire dans le circuit magnétique d'un transformateur de courant atteint une valeur maximale, en supposant que le circuit magnétique ne se sature pas.

3.9 temps de pause (au cours d'un réenclenchement automatique) (t_{fr}): Temps écoulé, au cours d'un cycle de réenclenchement automatique de disjoncteur, entre la coupure du courant primaire de court-circuit et sa seconde application (voir aussi la CEI 56).

3.10 cycle de fonctionnement spécifié (F-0 et/ou F-0-F-0): Cycle de fonctionnement pour lequel on considère que, au cours de chaque passage spécifié du courant primaire, celui-ci doit présenter la «pleine asymétrie» (voir note ci-dessous), avec la constante de temps de décroissance spécifié (T_p), et avoir la valeur assignée (I_{psc}).

Les cycles de fonctionnement sont les suivants:

Un seul passage du courant: F - t' - 0

Deux passages du courant: F - t' - 0 - t_{fr} - F - t'' - 0

(les deux passages ont la même polarité du flux)

où:

t' est la durée du premier passage du courant, la précision spécifiée étant conservée pendant le temps t'al

t'' est la durée du deuxième passage du courant, la précision spécifiée étant conservée pendant le temps t'al.

NOTE - La spécification d'une asymétrie partielle réduirait la valeur requise pour le facteur de régime transitoire d'une quantité approximativement proportionnelle à la réduction. Pour cette raison, la spécification des paramètres d'une pleine asymétrie est recommandée.

3.11 charge résistive assignée (R_b): Valeur assignée de la charge résistive connectée aux bornes secondaires exprimée en ohms.

3.12 résistance de l'enroulement secondaire (R_{ct}): Résistance en courant continu de l'enroulement secondaire, exprimée en ohms, ramenée à 75 °C ou à toute autre température qui peut être spécifiée.

3.13 résistance de la boucle secondaire (R_s): Résistance totale de la boucle secondaire, comprenant la résistance de l'enroulement secondaire ramenée à 75 °C, sauf spécification différente, et toutes les charges externes raccordées.

3.14 constante de temps assignée de la boucle secondaire (T_s): Valeur de la constante de temps de la boucle secondaire du transformateur de courant déterminée à partir de la somme des inductances magnétisantes et de fuites (L_s), et de la résistance de la boucle secondaire (R_s):

$$T_s = L_s / R_s$$

3.15 facteur de courant symétrique de court-circuit assigné (K_{ssc}): Rapport:

$$K_{ssc} = I_{psc} / I_{pn}$$

3.8 time to maximum flux ($t_{\max}$): Elapsed time during a prescribed energization period at which the transient flux in a current transformer core achieves maximum value, it being assumed that saturation of the core does not occur.

3.9 dead time (during auto-reclosing) (t_{fr}): Time interval between interruption and re-application of the primary short-circuit current during a circuit breaker auto-reclosing duty cycle (refer also to IEC 56).

3.10 specified duty cycle (C-0 and/or C-0-C-0): Duty cycle in which, during each specified energization, the primary energizing current is assumed to be "fully offset" (see note below), with the specified decay time constant (T_p) and be of rated amplitude (I_{psc}).

Duty cycles are as follows:

Single energization: C - t' - 0

Double energization: C - t' - 0 - t_{fr} - C - t'' - 0

(both energizations in the same polarity of flux)

where:

t' is the duration of first current flow: specified accuracy being maintained during time t'_{al}

t'' is the duration of second current flow: specified accuracy being maintained during time t''_{al} .

NOTE - Specification of partial offset would reduce the required transient factor by an amount approximately proportional to the reduction. For this reason specification of full offset parameters is recommended.

3.11 rated resistive burden (R_b): Rated value of the secondary connected resistive burden in ohms.

3.12 secondary winding resistance (R_{ct}): Secondary winding d.c. resistance in ohms, corrected to 75 °C or such other temperature as may be specified.

3.13 secondary loop resistance (R_s): Total resistance of the secondary circuit, inclusive of the secondary winding resistance corrected to 75 °C, unless otherwise specified, and inclusive of all external burden connected.

3.14 rated secondary loop time constant (T_s): Value of the time constant of the secondary loop of the current transformer obtained from the sum of the magnetizing and the leakage inductances (L_s) and the secondary loop resistance (R_s):

$$T_s = L_s / R_s$$

3.15 rated symmetrical short-circuit current factor (K_{ssc}): The ratio:

$$K_{ssc} = I_{psc} / I_{pn}$$

3.16 facteur de régime transitoire (K_{tf}): Rapport du flux total théorique de couplage embrassé par l'enroulement secondaire à la valeur instantanée de crête de la composante alternative de ce flux, lorsqu'un transformateur de courant se trouve soumis à un seul passage spécifié du courant et que l'on suppose que la constante de temps de la boucle secondaire (T_s) conserve une valeur constante pendant toute la durée du passage du courant.

3.17 facteur de dimensionnement pour le régime transitoire assigné (K_{td}): Valeur théorique représentative du dimensionnement pour le régime transitoire nécessaire pour satisfaire au cycle de fonctionnement spécifié.

Les relations mathématiques entre T_p , T_s , K_{tf} et K_{td} sont données à l'annexe B.

3.18 transformateur de courant à faible flux de fuites: Transformateur de courant pour lequel la connaissance de la caractéristique d'excitation par l'enroulement secondaire et de la résistance de cet enroulement suffit pour la détermination des performances de l'appareil en régime transitoire, à toute combinaison de charge et de cycle de fonctionnement pour lequel le courant primaire symétrique de court-circuit a une valeur égale ou inférieure à la valeur assignée, jusqu'à la limite théorique des possibilités du transformateur de courant résultant de sa caractéristique d'excitation par l'enroulement secondaire.

3.19 transformateur de courant à grand flux de fuites: Transformateur de courant qui ne répond pas aux prescriptions du 3.18 et pour lequel le constructeur prévoit une marge supplémentaire de dimensionnement pour tenir compte des effets d'influence qui produisent un flux de fuites supplémentaires. On attend d'un tel transformateur de courant qu'il réponde à un cycle de fonctionnement spécifié.

NOTE - En général, si le facteur théorique de dimensionnement pour le régime transitoire (K_{td}) est respecté pour un cycle de fonctionnement F-0-F-0, la précision est conservée au cours d'un cycle de fonctionnement F-0 au moins jusqu'à l'instant auquel la force électromotrice secondaire limite équivalente assignée (E_{al}), définie en 3.20 ci-après, est atteinte.

3.20 force électromotrice secondaire limite équivalente assignée (E_{al}): Valeur efficace de la force électromotrice équivalente dans le circuit secondaire, à la fréquence assignée, nécessaire pour répondre au cycle de fonctionnement spécifié et calculée comme suit:

$$E_{al} = K_{ssc} K_{td} (R_{ct} + R_b) I_{sn} \quad (V, \text{valeur efficace})$$

3.21 tension secondaire limite d'excitation équivalente assignée (U_{al}): Valeur efficace de la tension sinusoïdale, à la fréquence assignée, nécessaire pour garantir que la force électromotrice secondaire limite équivalente assignée est bien atteinte, la construction du transformateur de courant ayant été dûment prise en compte, et qui, appliquée à l'enroulement secondaire du transformateur de courant, produirait un courant magnétisant au plus égal au courant d'erreur maximal admissible correspondant à la classe du transformateur de courant.

$$U_{al} = E_{al} F_c \quad (V, \text{valeur efficace})$$

où F_c est le facteur de construction défini en 3.29.

3.16 transient factor (K_{tf}): Ratio of the theoretical total secondary linked flux to the peak instantaneous value of the a.c. component of that flux, when a current transformer is subjected to a specified single energization and the secondary loop time constant (T_s) is assumed to have retained a constant value throughout the energization period.

3.17 rated transient dimensioning factor (K_{td}): That theoretical value representative of the transient dimensioning necessary to satisfy the specified duty cycle.

Mathematical relationships between T_p , T_s , K_{tf} and K_{td} are given in annex A.

3.18 low leakage flux current transformer: Current transformer for which a knowledge of the secondary excitation characteristic and secondary winding resistance is sufficient for an assessment of its transient performance for any combination of burden and duty cycle at rated or lower value of primary symmetrical short-circuit current up to the theoretical limit of the current transformer capability determined from the secondary excitation characteristic.

3.19 high leakage flux current transformer: Current transformer which does not satisfy the requirements of 3.18 and for which an additional allowance is made by the manufacturer to take account of influencing effects which result in additional leakage flux. Such a current transformer is expected to satisfy a specified duty cycle.

NOTE - In general, if the theoretical transient dimensioning factor (K_{td}) is satisfied for a C-0-C-0 duty cycle, then the accuracy is maintained during a C-0 duty cycle at least up to the time at which the rated equivalent limiting secondary e.m.f. (E_{al}), defined in 3.20, is reached.

3.20 rated equivalent limiting secondary e.m.f. (E_{al}): That r.m.s. value of the equivalent secondary circuit e.m.f. of rated frequency necessary to satisfy the specified duty cycle and derived from the following:

$$E_{al} = K_{ssc} K_{td} (R_{ct} + R_b) I_{sn} \quad (V, \text{r.m.s.})$$

3.21 rated equivalent excitation limiting secondary voltage (U_{al}): That r.m.s. value of sinusoidal voltage of rated frequency necessary to ensure that the rated equivalent limiting secondary e.m.f. will be attained after due account is taken of the current transformer construction and which, when applied to the transformer secondary winding, would result in a magnetizing current not exceeding the maximum permissible error current appropriate to the current transformer class.

$$U_{al} = E_{al} F_c \quad (V, \text{r.m.s.})$$

where F_c is the factor of construction defined in 3.29.

3.22 force électromotrice secondaire limite de précision équivalente (E_{alc}): Valeur efficace de la force électromotrice équivalente, à la fréquence assignée, déterminée au cours d'un essai direct, au moment où le courant d'erreur observé correspond à la limite relative à la classe.

NOTE - Le courant d'erreur est une valeur absolue fondée sur la valeur spécifiée du courant primaire et ne se trouve donc affecté par aucune des modifications des valeurs des paramètres qui ont pu s'avérer nécessaires pour atteindre la condition limite d'erreur secondaire.

3.23 tension secondaire limite de précision équivalente (U_{alc}): Valeur efficace de la tension sinusoïdale, à la fréquence assignée, qui, si elle était appliquée à l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant, produirait un courant d'excitation correspondant au courant d'erreur maximal admissible relatif à la classe du transformateur de courant.

3.24 flux de saturation (Ψ_s): Valeur de crête du flux qui existerait dans un circuit magnétique à la transition de l'état non saturé à l'état de saturation complète et que l'on suppose être celle relative au point de la caractéristique B-H du circuit magnétique considéré tel qu'une croissance de B de 10 % donne lieu à une croissance de H de 50 %.

3.25 flux rémanent (Ψ_r): Valeur du flux qui subsisterait dans le circuit magnétique trois minutes après l'interruption d'un courant d'excitation de grandeur suffisante pour produire le flux de saturation (Ψ_s) défini en 3.24 ci-dessus.

3.26 facteur de rémanence (K_r): Rapport $K_r = \Psi_r / \Psi_s$

3.27 flux limite de précision (Φ_{al}): Valeur de crête du flux de couplage embrassé par l'enroulement secondaire correspondant à E_{al} :

$$\Phi_{al} = \sqrt{2} E_{al} / (2\pi f)$$

Lorsque E_{al} est exprimée en volts (valeur efficace), Φ_{al} se trouve exprimé en weber.

3.28 courant d'excitation secondaire limite de précision (I_{al}): Valeur de crête du courant d'excitation (d'erreur) correspondant à la classe du transformateur de courant.

3.29 facteur de construction (F_c): Facteur dont la valeur est déclarée par le constructeur pour le mode de construction concerné. Cette valeur est déterminée à partir du rapport:

$$F_c = U_{alc} / E_{alc}$$

4 Valeurs normales et performances requises

4.1 Valeurs normales du facteur de courant symétrique de court-circuit assigné (K_{ssc})

Les valeurs normales de K_{ssc} pour les transformateurs de courant pour protection prévus pour le régime transitoire sont:

3 - 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 - 17,5 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

3.22 equivalent secondary accuracy limiting e.m.f. (E_{alc}): That equivalent r.m.s. e.m.f. of rated frequency determined during a direct test when the observed error current corresponds to the appropriate limit for the class.

NOTE - The error current is an absolute value based on the specified primary current value and is thus not affected by any parametric changes which may have been necessary to attain the secondary error limiting condition.

3.23 equivalent secondary accuracy limiting voltage (U_{alc}): That r.m.s. value of sinusoidal voltage of rated frequency which, if applied to the secondary winding of a current transformer, would result in an exciting current corresponding to the maximum permissible error current appropriate to the current transformer class.

3.24 saturation flux (Ψ_s): That peak value of the flux which would exist in a core in the transition from the non-saturated to the fully saturated condition and deemed to be that point on the B-H characteristic for the core concerned at which a 10 % increase in B causes H to be increased by 50 %.

3.25 remanent flux (Ψ_r): That value of flux which would remain in the core three minutes after the interruption of an exciting current of sufficient magnitude as to induce the saturation flux (Ψ_s) defined in 3.24 above.

3.26 remanence factor (K_r): The ratio $K_r = \Psi_r / \Psi_s$

3.27 accuracy limit flux (Φ_{al}): That peak value of the secondary linked flux corresponding to E_{al} :

$$\Phi_{al} = \sqrt{2} E_{al} / (2\pi f)$$

When E_{al} is given in volts, r.m.s., Φ_{al} is expressed in weber.

3.28 accuracy limiting secondary exciting current (I_{al}): Peak value of the exciting (error) current appropriate to the current transformer class.

3.29 factor of construction (F_c): Factor declared by the manufacturer for the design. The factor of construction is determined from the ratio:

$$F_c = U_{alc} / E_{alc}$$

4 Ratings and performance requirements

4.1 Standard values for rated symmetrical short-circuit current factor (K_{ssc})

Standard values of K_{ssc} for protective current transformers for transient performance are:

3 - 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 - 17,5 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50

The preferred values are underlined.

4.2 Valeurs normales du courant symétrique de court-circuit

4.2.1 Courant assigné thermique de courte durée (I_{th})

Les valeurs efficaces normales, exprimées en kiloampères, sont:

6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100

4.2.2 Courant primaire de court-circuit assigné (I_{psc})

Les valeurs préférentielles sont obtenues en faisant le produit des valeurs de I_{pn} et K_{ssc} choisies parmi celles données respectivement en 4.1 de la CEI 185 et en 4.1 de cette partie de la CEI 44. Il n'est pas nécessaire que le produit soit exactement égal à I_{th} .

4.3 Valeurs normales de la constante de temps primaire assignée (T_p)

Les valeurs normales, exprimées en millisecondes, sont:

40 - 60 - 80 - 100 - 120

NOTE - Pour certaines applications, des valeurs plus élevées de la constante de temps primaire assignée peuvent être exigées. Exemple: circuits de grands turbo-alternateurs.

4.4 Valeurs normales du facteur de dimensionnement pour le régime transitoire assigné (K_{td})

Il n'y a pas actuellement de valeurs normales pour le facteur de dimensionnement pour le régime transitoire assigné car les valeurs de ce facteur dépendent des applications.

4.5 Valeurs normales de la charge résistive assignée (R_b)

Les valeurs normales de la charge résistive assignée, exprimées en ohms, pour les transformateurs de courant des classes TP, sont, sur la base d'un courant secondaire assigné de 1 A:

2,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15

Les valeurs préférentielles sont soulignées. Pour les transformateurs de courant ayant un courant secondaire assigné autre que 1 A, les valeurs indiquées ci-dessus doivent être adaptées en raison inverse du carré du courant.

4.6 Limites d'erreur pour les transformateurs de courant de classe TPS

Le rapport des nombres de spires primaires et secondaires d'un transformateur de courant de classe TPS doit être numériquement égal à $1/K_n$. L'erreur sur ce rapport des nombres de spires ne doit pas dépasser $\pm 0,25$ %.

Les conditions limites de précision sont définies par la caractéristique de magnétisation et la tension secondaire limite d'excitation (U_{al}) ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée. Elle doit être telle qu'un accroissement de sa valeur de 10 % n'entraîne pas un accroissement de la valeur instantanée de crête du courant d'excitation correspondant supérieur à 100 %.

4.2 Standard values for symmetrical short-circuit current

4.2.1 Rated short-time thermal current (I_{th})

Standard r.m.s. values, expressed in kiloamperes, are:

6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100

4.2.2 Rated primary short-circuit current (I_{psc})

Preferred values are derived from the product of I_{pn} and K_{ssc} selected from the values given in 4.1 of IEC 185 and 4.1 of this part of IEC 44 respectively. The product need not be exactly equal to I_{th} .

4.3 Standard values for rated primary time constant (T_p)

Standard values, expressed in milliseconds, are:

40 - 60 - 80 - 100 - 120

NOTE - For some applications, higher values of rated primary time constant may be required. Example: large turbo-generator circuits.

4.4 Standard values for rated transient dimensioning factor (K_{td})

At present there are no standard values for the rated transient dimensioning factor because the values of this factor depend upon the application.

4.5 Standard values of rated resistive burden (R_b)

Standard values of rated resistive burden in ohms for class TP current transformers, based on a rated secondary current of 1 A are:

2,5 - 5 - 7,5 - 10 - 15

The preferred values are underlined. For current transformers having a rated secondary current other than 1 A, the above values should be adjusted in inverse ratio to the square of the current.

4.6 Error limits for TPS current transformers

The turns ratio of a TPS current transformer shall be numerically equal to $1/K_n$. The error in this turns ratio shall not exceed $\pm 0,25$ %.

The accuracy limiting conditions are defined by the magnetization characteristic and the excitation limiting secondary voltage U_{al} shall not be less than the specified value. The value shall be such that an increase of 10 % in magnitude does not result in an increase in the corresponding peak instantaneous exciting current exceeding 100 %.

La valeur de crête du courant d'excitation mesurée à la tension secondaire limite d'excitation ne doit pas dépasser la valeur spécifiée si celle-ci est fixée par l'acheteur. Si aucune limite n'est fixée, le courant d'excitation ne doit en aucun cas dépasser la valeur correspondant à 10 % de I_{th} , ramenée au côté secondaire (voir transformateurs de courant de classe TPX, tableau 1).

La tension secondaire limite d'excitation définie par l'acheteur est généralement exprimée comme suit:

$$U_{al} \geq K K_{ssc} (R_{ct} + R_b) I_{sn}$$

relation dans laquelle K est un paramètre de dimensionnement fixé par l'acheteur. R_{ct} résulte du mode de réalisation adopté par le constructeur à moins que, pour certaines applications, l'acheteur ne soit amené à fixer des limites pour assurer la coordination avec un autre équipement.

4.7 Limites d'erreur pour les transformateurs de courant des classes TPX, TPY et TPZ

La résistance de la boucle secondaire étant réglée à la valeur $R_s = R_{ct} + R_b$, les erreurs ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées par le tableau 1.

Tableau 1 - Limites des erreurs

Classe	Au courant primaire assigné			A la condition limite de précision
	Erreur de rapport %	Déphasage		Erreur instantanée de crête maximale %
		Min	Centirad	
TPX	±0,5	±30	±0,9	$\hat{\varepsilon} = 10$
TPY	±1,0	±60	±1,8	$\hat{\varepsilon} = 10$
TPZ	±1,0	180 ± 18	5,3 ± 0,6	$\hat{\varepsilon}_{ac} = 10$
NOTE - Pour certaines utilisations, il peut être nécessaire d'admettre des écarts par rapport aux valeurs indiquées ci-dessus (voir aussi l'annexe D.3). De la même façon, la valeur absolue du déphasage peut, dans certains cas, présenter moins d'importance que l'obtention d'une dispersion minimale par rapport à la valeur moyenne dans une production de série donnée.				

5 Méthodes de spécification

Les méthodes de spécification pour les différentes classes de transformateurs de courant sont illustrées par le tableau 2.

When specified by the purchaser, the measured value of the peak exciting current at the excitation limiting secondary voltage shall not exceed the specified value. If no limit is set, the exciting current shall, in any case, not exceed that value corresponding to 10 % of I_{th} referred to the secondary side (see TPX CTs, table 1).

The excitation limiting secondary voltage defined by the purchaser is generally expressed as follows:

$$U_{al} \geq K K_{ssc} (R_{ct} + R_b) I_{sn}$$

in which K is a dimensioning parameter assigned by the purchaser. R_{ct} is defined by the manufacturer's design except that for some applications limits may need to be set by the purchaser to enable co-ordination with other equipment.

4.7 Error limits for TPX, TPY and TPZ current transformers

With the secondary loop resistance adjusted to the value $R_s = R_{ct} + R_b$, the errors shall not exceed the values given in table 1.

Table 1 - Limits of error

Class	At rated primary current			At accuracy limit condition
	Ratio error %	Phase displacement		Maximum peak instantaneous error %
		Min	Centirad	
TPX	±0,5	±30	±0,9	$\hat{\varepsilon} = 10$
TPY	±1,0	±60	±1,8	$\hat{\varepsilon} = 10$
TPZ	±1,0	180 ± 18	5,3 ± 0,6	$\hat{\varepsilon}_{ac} = 10$
NOTE - For some applications, deviation from the above values may be necessary (refer also to annex D.3). Similarly, the absolute value of the phase displacement may in some cases be of less importance than achieving minimal deviation from the average value of a given production series.				

5 Methods of specification

The methods of specification for the different CT classes are illustrated in table 2.

Tableau 2 - Méthodes de spécification

Classe du transformateur de courant	TPS	TPX	TPY	TPZ
Courant primaire assigné	x	x	x	x
Courant secondaire assigné	x	x	x	x
Fréquence assignée	x	x	x	x
Tension la plus élevée pour le matériel et niveau d'isolement assigné	x	x	x	x
I_{th}	x	x	x	x
I_{dyn}	x	x	x	x
Rapport auquel s'applique la spécification	x	x	x	x
K_{ssc}	x	x	x	x
T_p	—	x	x	x
T_s	—	—	— voir note	—
Cycle de fonctionnement simple: t' , t'_{al} double: t' , t'_{al} , t'_{ir} , t'' , t''_{al}	—	x	x	—
R_b	x	x	x	x
K	x	—	—	—
I_{al} maximal à U_{al}	x	—	—	—
R_{ct}	x	—	—	—
x applicable – non applicable				
NOTE - Lorsque l'acheteur veut obtenir une compatibilité entre des appareils existants et des nouveaux, une spécification d'alignement peut définir des valeurs limites pour certains paramètres, par exemple T_s ou R_{ct}. Il sera toutefois nécessaire d'admettre la possibilité de différences entre les conceptions. La communication des principaux objectifs pour l'application envisagée et du maximum d'informations sur les transformateurs de courant existants (plaque signalétique) permettra généralement d'obtenir des résultats acceptables.				

6 Marquage de la plaque signalétique

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de l'article 23 de la CEI 185. Le tableau 3 fixe les indications complémentaires qui doivent y figurer.

Table 2 - Methods of specification

CT class	TPS	TPX	TPY	TPZ
Rated primary current	x	x	x	x
Rated secondary current	x	x	x	x
Rated frequency	x	x	x	x
Highest voltage for equipment and rated insulation level	x	x	x	x
I_{th}	x	x	x	x
I_{dyn}	x	x	x	x
Ratio to which specification applies	x	x	x	x
K_{ssc}	x	x	x	x
T_p	—	x	x	x
T_s	—	—	— see note	—
Duty cycle Single: t' , t'_{al} double: t' , t'_{al} , t_{fr} , t'' , t''_{al}	—	x	x	—
R_b	x	x	x	x
K	x	—	—	—
Maximum I_{al} at U_{al}	x	—	—	—
R_{ct}	x	—	—	—
x applicable — not applicable				
NOTE - When the purchaser wishes to obtain compatibility between existing equipment and new units, an alignment specification may define limiting values for certain parameters, for example T_s or R_{ct}. It will be necessary, however, to recognize possible differences between designs. Issue of the principal objectives for the intended application and best available (name-plate) data for the existing current transformers will usually achieve acceptable results.				

6 Marking of rating plate

The rating plate shall carry the appropriate information given in accordance with clause 23 of IEC 185. Table 3 identifies additional information to be included.

Tableau 3 - Indications devant figurer sur la plaque signalétique

Classe du transformateur de courant	TPS	TPX	TPY	TPZ	Références		
					à la CEI 185	à la CEI 44-6	Notes
I_{pn}	x	x	x	x	3.6	–	1
I_{sn}	x	x	x	x	3.7	–	1
I_{th}	x	x	x	x	3.25	–	3
I_{dyn}	x	x	x	x	3.26	–	3
K_{ssc}	x	x	x	x	– – –	3.1 3.15 4.2	
R_b	x	x	x	x	–	3.11	
R_{ct} (à ... °C)	x	x	x	x	–	3.12	
K_{ld}	–	x	x	x	–	3.17	
K	x	–	–	–	–	4.6	
U_{al}	x	–	–	–	–	3.21	
I_{al}	x	–	–	–	–	3.28	
F_c	–	x	x	x	–	3.29	2
T_p	–	x	x	x	–	3.6	5
T_s	–	–	x	–	–	3.14	4, 5
Cycle de fonctionnement simple: t , t'_{al} double: t , t'_{al} , t_{fr} , t'' , t''_{al}	–	x	x	–	– –	3.9 3.10	5
x applicable – non applicable							
NOTES 1 Pour les transformateurs de courant pour protection à plusieurs rapports, I_{pn} et K_n seront habituellement les valeurs les plus élevées relatives à la gamme de rapports. 2 Indication à fournir si $F_c > 1,1$. 3 Les valeurs de I_{dyn} peuvent dépasser $2,5 I_{th}$ en fonction des valeurs de T_p et de I_{psc}. 4 Lorsque T_s est supérieur à 10 s, il sera suffisant de marquer $T_s > 10$ s. 5 Compte tenu de la corrélation existant entre T_p, T_s et les cycles de fonctionnement, leur indication sur la plaque signalétique peut être omise dans le cas de transformateurs de courant à faible flux de fuites.							

Table 3 - Information to be included in the rating plate

CT class	TPS	TPX	TPY	TPZ	References		Notes
					to IEC 185	to IEC 44-6	
I_{pn}	x	x	x	x	3.6	—	1
I_{sn}	x	x	x	x	3.7	—	1
I_{th}	x	x	x	x	3.25	—	3
I_{dyn}	x	x	x	x	3.26	—	3
K_{ssc}	x	x	x	x	— — —	3.1 3.15 4.2	
R_b	x	x	x	x	—	3.11	
R_{ct} (at ... °C)	x	x	x	x	—	3.12	
K_{td}	—	x	x	x	—	3.17	
K	x	—	—	—	—	4.6	
U_{al}	x	—	—	—	—	3.21	
I_{al}	x	—	—	—	—	3.28	
F_c	—	x	x	x	—	3.29	2
T_p	—	x	x	x	—	3.6	5
T_s	—	—	x	—	—	3.14	4, 5
Duty cycle single: t' , t'_{al} double: t , t_{al} , t_{fr} , t'' , t''_{al}	—	x	x	—	— —	3.9 3.10	5
x applicable — not applicable							
NOTES 1 For multiratio protective current transformers, I_{pn} and K_n will usually be the highest values applicable to the range of ratios. 2 Data to be given if $F_c > 1,1$. 3 Values for I_{dyn} may exceed 2,5 I_{th} depending on the values of T_p and I_{psc}. 4 When T_s is greater than 10 s, it will usually be adequate to mark on the rating plate $T_s > 10$ s. 5 T_p, T_s and the duty cycles are interrelated and their indication on the rating plate could be omitted for low leakage flux CTs.							

7 Essais

7.1 Afin de prouver que le transformateur de courant répond aux prescriptions de la présente norme, les essais indiqués ci-après doivent être effectués conformément à la liste qui en est donnée par le tableau 4.

Tableau 4 - Liste des essais

Essai	Classe du transformateur de courant				Références	
	TPS	TPX	TPY	TPZ	Article ou paragraphe	Note
Erreur sur le rapport des nombres de spires	x	–	–	–	7.2.1	1
Erreur de rapport et déphasage en régime établi	–	x	x	x	7.2.2	1
R_{ct}	x	x	x	x	7.2.3	1
Caractéristique d'excitation	x	x	x	x	7.2.4	1
K_r	–	–	x	–	7.2.5	1
T_s	–	–	x	x	7.2.6	1
Erreurs aux conditions limites	–	x	x	x	7.3	2
F_c	–	x	x	x	7.3.1	2
Vérification d'une conception du type à faible flux de fuites ($F_c < 1,1$)	x	–	–	–	7.4	3
x applicable – non applicable						
NOTES 1 Essais de type et individuels. 2 Essais de type. 3 Essais spéciaux à exécuter seulement sur accord entre le constructeur et l'acheteur.						

7.2 Essais de type et essais individuels

7.2.1 Erreur sur le rapport des nombres de spires

L'erreur sur le rapport des nombres de spires doit être déterminée par une méthode appropriée. Voir l'annexe E.

7.2.2 Erreur de rapport et déphasage en régime établi

La résistance de la boucle secondaire étant réglée à la valeur assignée ($R_s = R_{ct} + R_b$), l'erreur de rapport et le déphasage doivent être mesurés au courant assigné (I_{pn}).