

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
185**

1987

**AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2**

1995-08

Amendement 2

Transformateurs de courant

Amendment 2

Current transformers

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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**

R

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 38 de la CEI: Transformateurs de mesure.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
38/147/DIS	38/156/RVD

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

Page 2

SOMMAIRE

Remplacer les titres des articles 10, 17, 18, 20 et 21 par les nouveaux titres suivants:

- 10 Prescriptions relatives à l'isolement
- 17 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles
- 18 Essais de tenue à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaire et secondaires et sur les enroulements secondaires
- 20 Essai au choc coupé sur l'enroulement primaire
- 21 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

Ajouter le nouvel article 21 bis, Essais mécaniques

Ajouter le titre de la nouvelle annexe B suivante:

Annexe B – Essai de chocs coupés multiples

Page 6

Insérer, dans la liste de publications de la CEI existante, les titres des normes suivantes:

CEI 71-1: 1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 270: 1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 567: 1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

CEI 599: 1978, *Interprétation de l'analyse des gaz dans les transformateurs et autres matériels électriques remplis d'huile, en service*

CEI 815: 1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 38: Instrument transformers.

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

DIS	Report on voting
38/147/DIS	38/156/RVD

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

Page 3

CONTENTS

Replace the titles of clauses 14, 17, 18, 20 and 21 by the following new titles:

- 14 Impulse tests on primary winding
- 17 Power frequency withstand tests on primary windings and partial discharge measurement
- 18 Power frequency withstand tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings
- 20 Chopped impulse test on primary winding
- 21 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

Add the title of the new clause 21 bis, Mechanical tests

Add the title of the new annex B as follows:

Annex B – Multiple chopped impulse test

Page 7

Insert, in the existing list of IEC publications, the titles of the following standards:

IEC 71-1: 1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 270: 1981, *Partial discharge measurements*

IEC 567: 1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

IEC 599: 1978, *Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service*

IEC 815: 1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

Page 20

10 Spécifications relatives à l'isolement

Remplacer le titre et les paragraphes existant 10.1 à 10.6 par ce qui suit:

10 Prescriptions relatives à l'isolement

Les présentes prescriptions s'appliquent à l'isolement de tous les types de transformateur de courant. Des prescriptions complémentaires (à l'étude) peuvent être nécessaires pour les transformateurs de courant à isolation gazeuse.

10.1 Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires

Le niveau d'isolement assigné de l'enroulement primaire d'un transformateur de courant doit être basé sur sa tension la plus élevée pour le matériel U_m .

Dans le cas d'un transformateur de courant sans enroulement primaire et sans isolation primaire propre, la valeur de U_m est supposée être égale à 0,72 kV.

10.1.1 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale à 0,72 kV ou 1,2 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par la tension de tenue assignée à fréquence industrielle conformément au tableau 2A.

10.1.2 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 3,6 kV mais inférieure à 300 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par les tensions de tenue assignées au choc de foudre et à fréquence industrielle et doit être choisi conformément au tableau 2A.

En ce qui concerne le choix entre les différents niveaux pour la même valeur de U_m voir la CEI 71.

10.1.3 Dans le cas des enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV, le niveau d'isolement assigné est déterminé par les tensions de tenue assignées au choc de manoeuvre et au choc de foudre et doit être choisi conformément au tableau 2B.

En ce qui concerne le choix entre les différents niveaux pour la même valeur de U_m , voir la CEI 71.

Page 21

10 Insulation requirements

Replace existing subclauses 10.1 to 10.6 by the following:

These requirements apply to all types of current transformer insulation. For gas insulated current transformers supplementary requirements may be necessary (under consideration).

10.1 Rated insulation levels for primary windings

The rated insulation level of a primary winding of a current transformer shall be based on its highest voltage for equipment U_m .

For a current transformer without primary winding and without primary insulation of its own, the value $U_m = 0,72$ kV is assumed.

10.1.1 For windings having $U_m = 0,72$ kV or 1,2 kV, the rated insulation level is determined by the rated power frequency withstand voltage, according to table 2A.

10.1.2 For windings having $U_m = 3,6$ kV or higher, but less than 300 kV, the rated insulation level is determined by the rated lightning impulse and power frequency withstand voltages and shall be chosen in accordance with table 2A.

For the choice between the alternative levels for the same value of U_m see IEC 71.

10.1.3 For windings having U_m greater than or equal to 300 kV the rated insulation level is determined by the rated switching and lightning impulse withstand voltages and shall be chosen in accordance with table 2B.

For the choice between the alternative levels for the same value of U_m see IEC 71.

Tableau 2A – Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateur avec une tension la plus élevée pour le matériel
 $U_m < 300 \text{ kV}$

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV
0,72	3	–
1,2	6	–
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050
NOTE – Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir les niveaux d'isolement les plus élevés.		

Table 2A – Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment $U_m < 300$ kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV	Rated power frequency withstand voltage (r.m.s.) kV	Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV
0,72	3	–
1,2	6	–
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050
NOTE – For exposed installations, it is recommended to choose the highest insulation levels.		

Tableau 2B – Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateur avec une tension la plus élevée pour le matériel
 $U_m \geq 300$ kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace) kV	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (valeur de crête) kV	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 050	1 425
	1 175	1 550
765	1 425	1 950
	1 550	2 100
NOTES 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir les niveaux d'isolement les plus élevés. 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'ont pas encore été décidés définitivement, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manœuvre et au choc de foudre peuvent devenir nécessaires.		

10.2 Autres prescriptions pour l'isolement des enroulements primaires

10.2.1 Tension de tenue à fréquence industrielle

Les enroulements de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV doivent, conformément au tableau 2C, supporter la tension de tenue à fréquence industrielle correspondant à la tension de tenue au choc de foudre choisie.

10.2.2 Décharges partielles

Les prescriptions relatives aux décharges partielles sont applicables aux transformateurs de courant avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 7,2 kV.

Les niveaux de décharges partielles ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 2D, pour les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures de 17.2.

Table 2B – Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV	Rated switching impulse withstand voltage (peak) kV	Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 050	1 425
	1 175	1 550
765	1 425	1 950
	1 550	2 100
NOTES 1 For exposed installation it is recommended to choose the highest insulation levels. 2 As the test voltage levels for $U_m = 765$ kV have not as yet been finally settled, some interchange between switching and lightning impulse test levels may become necessary.		

10.2 Other requirements for primary winding insulation

10.2.1 Power frequency withstand voltage

Windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV shall withstand the power frequency withstand voltage corresponding to the selected lightning impulse withstand voltage according to table 2C.

10.2.2 Partial discharges

Partial discharge requirements are applicable to current transformers having U_m not less than 7,2 kV.

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in table 2D, at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a prestressing performed according to the procedures of 17.2.

Tableau 2C – Tensions de tenue à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs avec une tension la plus élevée pour le matériel $U_m \geq 300$ kV

Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête) kV	Tension retenue assignée à fréquence industrielle (valeur efficace) kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 950	880
2 100	975

Tableau 2D – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles

Type de mise à la terre du réseau	Tension d'essai de décharges partielles (valeur efficace) kV	Niveau admissible de décharges partielles pC	
		Type d'isolation	
		Immergée dans un liquide	Solide
Réseau à neutre mis à la terre (facteur de mise à la terre $\leq 1,5$)	U_m	10	50
	$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de mise à la terre $> 1,5$)	$1,2 U_m$	10	50
	$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
NOTES 1 Si le système de neutre n'est pas défini, les valeurs indiquées pour les réseaux à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre sont valables. 2 Le niveau admissible de décharges partielles est aussi valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée.			

10.2.3 Choc de foudre coupé

Si cela est spécifié en complément, l'enroulement primaire doit aussi pouvoir supporter une tension de choc de foudre coupé d'une valeur de crête égale à 115 % de celle de la tension de choc de foudre plein.

NOTE – Des valeurs plus faibles de tension d'essai peuvent être convenues entre constructeur et acheteur.

10.2.4 Capacité et facteur de dissipation diélectrique

Ces prescriptions s'appliquent seulement aux transformateurs comportant une isolation de l'enroulement primaire immergée dans un liquide et de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 72,5 kV.

Table 2C – Power frequency withstand voltages for transformer primary windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV

Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV	Rated power frequency withstand voltage (r.m.s.) kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 950	880
2 100	975

Table 2D – Partial discharge test voltages and permissible levels

Type of earthing of the system	PD test voltage (r.m.s.) kV	Permissible PD level pC	
		Type of insulation	
		Immersed in liquid	Solid
Earthed neutral system (earthing factor $\leq 1,5$)	U_m	10	50
	$1,2 U_m/\sqrt{3}$	5	20
Isolated or non- effectively earthed neutral system (earthing factor $> 1,5$)	$1,2 U_m$	10	50
	$1,2 U_m/\sqrt{3}$	5	20
NOTES 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non-effectively earthed systems are valid. 2 The permissible PD level is also valid for frequencies different from rated frequency.			

10.2.3 Chopped lightning impulse

If additionally specified, the primary winding shall also be capable of withstanding a chopped lightning impulse voltage having a peak value of 115 % of the full lightning impulse voltage.

NOTE – Lower values of test voltage may be agreed between manufacturer and purchaser.

10.2.4 Capacitance and dielectric dissipation factor

These requirements apply only to transformers with liquid immersed primary winding insulation having $U_m \geq 72,5$ kV.

Les valeurs de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) doivent se référer à la fréquence assignée et à un niveau de tension dans la plage de 10 kV à $U_m/\sqrt{3}$.

NOTES

- 1 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent être l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.
- 2 Le facteur de dissipation diélectrique dépend de la conception de l'isolation et à la fois de la tension et de la température. Sa valeur à $U_m/\sqrt{3}$ et à la température ambiante ne dépasse normalement pas 0,005.

10.2.5 Chocs coupés multiples

Si cela est convenu en complément, l'enroulement primaire des transformateurs de courant immergés dans l'huile et de tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV doit pouvoir supporter des chocs coupés multiples pour contrôler le comportement aux contraintes à haute fréquence attendues en service.

En l'absence d'une expérience suffisante pour proposer un programme d'essai définitif et des critères d'acceptation, seules des informations sur une procédure possible d'essai sont données dans la présente norme, en annexe B. La preuve que la conception est appropriée est laissée au constructeur.

NOTE - Il convient d'examiner particulièrement la conception en ce qui concerne les écrans internes et les connexions parcourues par les courants transitoires.

10.3 Prescriptions d'isolement entre sections

Dans le cas des enroulements primaires et secondaires divisés en deux sections ou plus, la tension de tenue assignée à fréquence industrielle de l'isolation entre sections doit être de 3 kV (valeur efficace).

10.4 Prescriptions d'isolement pour les enroulements secondaires

La tension de tenue assignée à fréquence industrielle des enroulements secondaires doit être de 3 kV (valeur efficace).

10.5 Prescriptions d'isolement entre spires

La tension de tenue assignée de l'isolation entre spires doit être de 4,5 kV en valeur de crête. Pour certains types de transformateur, des valeurs plus faibles peuvent être acceptées conformément à la procédure d'essai indiquée à l'article 19.

NOTE - Par suite de la procédure d'essai, la forme d'onde peut être fortement déformée.

10.6 Ligne de Fuite

10.6.1 Pollution et ligne de fuite

Dans le cas des transformateurs de courant pour l'extérieur, avec des isolateurs en céramique susceptibles de pollution, les lignes de fuite pour des niveaux de pollution donnés sont indiqués au tableau 3.

The values of capacitance and dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be referred to the rated frequency and to a voltage level in the range from 10 kV to $U_m/\sqrt{3}$.

NOTES

- 1 The purpose is to check the uniformity of the production. Limits for the permissible variations may be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.
- 2 The dielectric dissipation factor is dependent on the insulation design and on both voltage and temperature. Its value at $U_m/\sqrt{3}$ and ambient temperature normally does not exceed 0,005.

10.2.5 Multiple chopped impulses

If additionally agreed, the primary winding of oil-immersed CTs having $U_m \geq 300$ kV shall be capable of withstanding multiple chopped impulses for checking the behaviour to high-frequency stresses expected in operation.

As there is not enough experience to propose a definitive test programme and acceptance criteria, in this standard only some information is given in annex B on possible test procedure. The proof that the design is adequate is left to the manufacturer.

NOTE - The design should be particularly examined with respect to internal shields and connections carrying transient currents.

10.3 Between section insulation requirements

For primary and secondary windings divided in two or more sections, the rated power frequency withstand voltage of the insulation between sections shall be 3 kV (r.m.s.)

10.4 Insulation requirements for secondary windings

The rated power frequency withstand voltage for secondary windings insulation shall be 3 kV (r.m.s.).

10.5 Interturn insulation requirements

The rated withstand voltage for interturn insulation shall be 4,5 kV peak. For some types of transformers, lower values can be accepted in accordance with the test procedure given in clause 19.

NOTE - Due to the test procedure, the waveshape may be highly distorted.

10.6 Creepage distance

10.6.1 Pollution and creepage distance

For outdoor current transformers with ceramic insulator susceptible to contamination, the creepage distances for given pollution levels are given in table 3.

Tableau 3 – Lignes de fuite pour niveaux de pollution donnés

Niveau de pollution		Valeur nominale minimale de la ligne de fuite unitaire mm/kV ^{1) 2)}	<u>Ligne de fuite</u> <u>Distance d'arc</u>
I	Léger	16	≤ 3,5
II	Moyen	20	
III	Fort	25	≤ 4,0
IV	Très fort	31	

1) Rapport de la ligne de fuite entre phase et terre à la valeur efficace entre phases de la tension la plus élevée pour le matériel (voir la CEI 71-1).

2) Pour d'autres informations et pour les tolérances de fabrication sur la ligne de fuite, voir la CEI 815.

NOTES			
1	Il est reconnu que les performances de l'isolation de surface sont fortement affectées par la forme de l'isolateur.		
2	Dans les régions très légèrement polluées, des lignes de fuite unitaires nominales inférieures à 16 mm/kV peuvent être utilisées en fonction de l'expérience acquise en service. La valeur de 12 mm/kV semble être une limite inférieure.		
3	Dans des cas de sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite unitaire nominale de 31 mm/kV peut s'avérer insuffisante. En fonction de l'expérience acquise en service et/ou des résultats d'essai en laboratoire, une valeur plus élevée de la ligne de fuite unitaire peut être utilisée mais, dans certains cas, l'utilisation du lavage peut être envisagée.		

Page 32

Ajouter le nouveau paragraphe suivant:

10.8 Prescriptions mécaniques

Les présentes prescriptions s'appliquent seulement aux transformateurs de courant avec une tension la plus élevée pour le matériel égale ou supérieure à 72,5 kV.

Le tableau 7 donne des informations sur les charges statiques que les transformateurs de courant doivent pouvoir supporter. Les valeurs comprennent les charges dues au vent et à la glace.

Les charges d'essai spécifiées sont destinées à être appliquées sur les bornes primaires, dans toutes les directions.

Table 3 – Creepage distances for given pollution levels

Pollution level		Minimum nominal specific creepage distance mm/kV ^{1) 2)}	<u>Creepage distance</u> <u>Arcing distance</u>
I	Light	16	≤ 3,5
II	Medium	20	
III	Heavy	25	≤ 4,0
IV	Very heavy	31	

1) Ratio of the leakage distance between phase and earth over the r.m.s. phase-to-phase value of the highest voltage for the equipment (see IEC 71-1).

2) For other information and manufacturing tolerances on the creepage distance see IEC 815.

NOTES

1 It is recognized that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape.

2 In very lightly polluted areas, specific nominal creepage distances lower than 16 mm/kV can be used depending on service experience. 12 mm/kV seems to be a lower limit.

3 In cases of exceptional pollution severity, a specific nominal creepage distance of 31 mm/kV may not be adequate. Depending on service experience and/or on laboratory test results, a higher value of specific creepage distance can be used, but in some cases the practicability of washing may have to be considered.

Page 33

Add the following new subclause:

10.8 Mechanical requirements

These requirements apply only to current transformers having a highest voltage for equipment of 72,5 kV and above.

In table 7 guidance is given on the static loads that current transformers shall be capable of withstanding. The figures include loads due to wind and ice.

The specified test loads are intended to be applied in any direction to the primary terminals.

Tableau 7 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel U_m kV	Charge de tenue statique F_R	
	N	
	Charge classe I	Charge classe II
72,5 à 100	1 250	2 500
123 à 170	2 000	3 000
245 à 362	2 500	4 000
≥ 420	4 000	6 000
NOTES 1 Il convient que la somme des charges effectives dans les conditions de fonctionnement habituelles ne dépasse pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée. 2 Il convient que les transformateurs de courant supportent des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple lors de courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge d'essai de tenue statique. 3 Pour certaines applications, il peut être nécessaire d'établir la résistance des bornes primaires à la rotation. Le moment à appliquer pendant l'essai doit être convenu entre constructeur et acheteur.		

Page 32

11 Classification des essais

Remplacer les paragraphes 11.1, 11.2 et 11.3 par les suivants:

11.1 Essais de type

Les essais suivants sont des essais de type; pour les détails, il convient de se reporter aux articles appropriés:

- | | |
|--|-----------------------|
| a) Essai de tenue au courant de court-circuit | article 12 |
| b) Essai d'échauffement | article 13 |
| c) Essai au choc de foudre | 14.2 |
| d) Essai au choc de manoeuvre | 14.3 |
| e) Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur | article 15 |
| f) Détermination des erreurs | articles 29, 31 et 39 |

Il convient que tous les essais diélectriques de type soient effectués sur le même transformateur, sauf spécification contraire.

Après que les transformateurs aient été soumis aux essais diélectriques de type de 11.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels de 11.2.

Table 7 – Static withstand test loads

Highest voltage for equipment U_m kV	Static withstand load F_R	
	N	
	Load class I	Load class II
72,5 to 100	1 250	2 500
123 to 170	2 000	3 000
245 to 362	2 500	4 000
≥ 420	4 000	6 000
NOTES 1 The sum of the loads acting in routinely operating conditions should not exceed 50 % of the specified withstand test load. 2 Current transformers should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short-circuits) not exceeding 1,4 times the static withstand test load. 3 For some applications it may be necessary to establish the resistance to rotation of the primary terminals. The moment to be applied during test shall be agreed between manufacturer and purchaser.		

Page 33

11 Classification of tests

Replace the subclauses 11.1, 11.2 and 11.3 by the following:

11.1 Type tests

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

- | | |
|---|-----------------------|
| a) Short-time current test | clause 12 |
| b) Temperature rise test | clause 13 |
| c) Lightning impulse test | 14.2 |
| d) Switching impulse test | 14.3 |
| e) Wet test for outdoor type transformers | clause 15 |
| f) Determination of errors | clauses 29, 31 and 39 |

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

After transformers have been subjected to the dielectric type tests of 11.1, they shall be subjected to all the routine tests of 11.2.

11.2 Essais individuels

Les essais suivants s'appliquent à chaque transformateur individuel:

- | | |
|---|-------------------|
| a) Vérification du marquage des bornes | article 16 |
| b) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires | article 18 |
| c) Essai de tenue à fréquence industrielle entre sections | article 18 |
| d) Essai de surtension entre spires | article 19 |
| e) Essai de tenue à fréquence industrielle sur l'enroulement primaire | 17.1 |
| f) Mesure des décharges partielles | 17.2 |
| g) Détermination des erreurs | articles 30 et 40 |

L'ordre des essais n'est pas normalisé mais la détermination des erreurs doit être effectuée après les autres essais.

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

11.3 Essais spéciaux

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

- | | |
|--|----------------|
| a) Essai au choc de foudre coupé | article 20 |
| b) Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique | article 21 |
| c) Essai aux chocs coupés multiples sur l'enroulement primaire | annexe B |
| d) Essais mécaniques | article 21 bis |

Page 36

14 Essais au choc de l'enroulement primaire

Remplacer le texte de cet article par ce qui suit:

14.1 Généralités

L'essai au choc doit être effectué conformément à la CEI 60-1.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes de l'enroulement (ou des enroulements) secondaire(s) doivent être reliés à la terre.

Les essais au choc consistent généralement à appliquer la tension successivement au niveau de tension de référence, puis au niveau assigné. La tension de choc de référence doit être comprise entre 50 % et 75 % de la tension de tenue assignée au choc. La valeur de crête et la forme d'onde du choc doivent être enregistrées.

11.2 Routine tests

The following tests apply to each individual transformer:

- | | |
|---|-------------------|
| a) Verification of terminal marking | clause 16 |
| b) Power frequency withstand test on secondary windings | clause 18 |
| c) Power frequency withstand test between sections | clause 18 |
| d) Interturn overvoltage test | clause 19 |
| e) Power frequency withstand test on primary winding | 17.1 |
| f) Partial discharge measurement | 17.2 |
| g) Determination of errors | clauses 30 and 40 |

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

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

11.3 Special tests

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

- | | |
|---|---------------|
| a) Chopped lightning impulse test | clause 20 |
| b) Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor | clause 21 |
| c) Multiple chopped impulse test on primary winding | annex B |
| d) Mechanical tests | clause 21 bis |

Page 37

14 Impulse tests on primary winding

Replace the text of this clause by the following:

14.1 General

The impulse test shall be performed in accordance with IEC 60-1.

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

The impulse tests generally consist of voltage application at reference and rated voltage levels. The reference impulse voltage shall be between 50 % and 75 % of the rated impulse withstand voltage. The peak value and the waveshape of the impulse shall be recorded.

Une défaillance de l'isolation par suite de l'essai peut être mise en évidence par la variation de la forme d'onde entre la tension de référence et la tension de tenue assignée.

Des améliorations dans la détection des défaillances peuvent être obtenues par l'enregistrement du ou des courants de terre en complément à celui de la tension.

14.2 Essai au choc de foudre

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée, indiquée par les tableaux 2A ou 2B, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

14.2.1 Enroulements avec $U_m < 300 \text{ kV}$

L'essai doit être effectué à la fois en polarité positive et en polarité négative. Quinze chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

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

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non autorégénératrice;
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non autorégénératrice;
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

NOTE - L'application de 15 chocs positifs et de 15 chocs négatifs est spécifiée pour essayer l'isolation externe. Si d'autres essais sont convenus entre constructeur et acheteur pour contrôler l'isolation externe, le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois de chaque polarité, sans correction pour conditions atmosphériques.

14.2.2 Enroulements avec $U_m \geq 300 \text{ kV}$

L'essai doit être effectué à la fois en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité doivent être appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur a satisfait à l'essai si:

- aucune décharge disruptive ne se produit;
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

14.3 Essai au choc de manoeuvre

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée, indiquée par le tableau 2B, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

L'essai doit être effectué en polarité positive. Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués, avec correction pour conditions atmosphériques.

Evidence of insulation failure due to the test may be given by variation in the waveshape at both reference and rated withstand voltage.

Improvements in failure detection may be obtained by recording of the current(s) to earth as a complement to the voltage record.

14.2 *Lightning impulse test*

The test voltage shall have the appropriate value, given in tables 2A or 2B depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

14.2.1 *Windings having $U_m < 300$ kV*

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The transformer passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation;
- no flashovers occur along the non-self-restoring external insulation;
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

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

14.2.2 *Windings having $U_m \geq 300$ kV*

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Three consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The transformer passes the test if:

- no disruptive discharge occurs;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

14.3 *Switching impulse test*

The test voltage shall have the appropriate value, given in table 2B, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The test shall be performed with positive polarity. Fifteen consecutive impulses, corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

Pour les transformateurs de type extérieur l'essai doit être effectué sous des conditions de pluie (voir article 15).

Le transformateur a satisfait à l'essai si:

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non autorégénératrice;
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non autorégénératrice;
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe autorégénératrice;
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

NOTE - Il convient de ne pas tenir compte des chocs avec des contournements aux murs ou au plafond du laboratoire.

Page 40

15 Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur

Remplacer le texte de cet article par ce qui suit:

Les modalités des essais sous pluie doivent être conformes à la CEI 60-1.

Dans le cas des enroulements avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m inférieure à 300 kV, l'essai doit être effectué avec une tension à fréquence industrielle de la valeur appropriée, indiquée par le tableau 2A en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, en appliquant des corrections pour conditions atmosphériques.

Dans le cas des enroulements avec une tension la plus élevée pour le matériel U_m égale ou supérieure à 300 kV, l'essai doit être effectué avec une tension de choc de manœuvre de polarité positive de la valeur appropriée, indiquée par le tableau 2B en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement assigné.

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

Remplacer le titre et le texte de cet article par ce qui suit:

17 Essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles

17.1 Essai à fréquence industrielle

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué conformément à la CEI 60-1.

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée par les tableaux 2A ou 2C en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. La durée doit être de 60 s.

For outdoor-type transformers the test shall be performed under wet conditions (see clause 15).

The transformer passes the test if:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation;
- no flashovers occur along the non-self-restoring external insulation;
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation;
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

NOTE – Impulses with flashover to the walls or ceilings of the laboratory should be disregarded.

Page 41

15 Wet test for outdoor type transformers

Replace the existing text of this clause by the following:

The wetting procedure shall be in accordance with IEC 60-1.

For windings having $U_m < 300$ kV, the test shall be performed with power frequency voltage of the appropriate value given in table 2A depending on the highest voltage for equipment applying corrections for atmospheric conditions.

For windings having $U_m \geq 300$ kV, the test shall be performed with switching impulse voltage of positive polarity of the appropriate value given in table 2B, depending on the highest voltage for equipment and the rated insulation level.

17 Power frequency tests on primary windings and measurement of partial discharges

Replace the title and text of this clause by the following:

17 Power frequency withstand tests on primary windings and partial discharge measurement

17.1 Power frequency test

The power frequency withstand test shall be performed in accordance with IEC 60-1.

The test voltage shall have the appropriate value given in tables 2A or 2C depending on the highest voltage for equipment. The duration shall be 60 s.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. Les bornes du ou des enroulements secondaires, mises en court-circuit, le châssis, la cuve (s'il y a lieu) et le noyau (s'il y a une borne spéciale de mise à la terre) doivent être reliés à la terre.

17.2 Mesure des décharges partielles

17.2.1 Circuit d'essai et appareils de mesure

Le circuit d'essai et les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la CEI 270. Des exemples de circuit d'essai sont indiqués par les figures 1 à 3.

L'appareil de mesure utilisé doit mesurer la charge apparente q exprimée en picocoulombs (pC). Son étalonnage doit être effectué dans le circuit d'essai (voir un exemple en figure 4).

Un appareil de mesure à bande large doit avoir une bande passante d'au moins 100 kHz avec une fréquence de coupure supérieure ne dépassant pas 1,2 MHz. Des appareils de mesure à bande étroite doivent avoir leur fréquence de résonance dans la gamme de 0,15 MHz à 2 MHz. Il convient que les valeurs préférentielles soient dans la gamme de 0,5 MHz à 2 MHz, mais, si cela est réalisable, il convient que la mesure soit effectuée à la fréquence qui donne la sensibilité maximale.

La sensibilité doit permettre de détecter un niveau de décharges partielles de 5 pC.

NOTES

- 1 Il convient que le bruit soit suffisamment plus bas que la sensibilité. Il est possible de ne pas tenir compte des impulsions connues pour être causées par des perturbations extérieures.
- 2 Pour la suppression du bruit extérieur, le circuit d'essai équilibré (figure 3) est approprié.
- 3 Lorsqu'un traitement et une extraction électroniques de signal sont utilisés pour réduire le bruit de fond, ceci doit être démontré en faisant varier ses paramètres de telle sorte qu'il permette la détection d'impulsions se produisant de façon répétée.

17.2.2 Procédure d'essai de décharges partielles

Après une précontrainte effectuée selon la procédure A ou B, les tensions d'essai de décharges partielles spécifiées par le tableau 2D sont atteintes et les niveaux de décharges partielles sont mesurés dans un temps de 30 s.

Les décharges partielles mesurées ne doivent pas dépasser les limites spécifiées par le tableau 2D.

Procédure A:

Les tensions d'essai de décharges partielles sont atteintes pendant la décroissance de la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

Procédure B:

L'essai de décharges partielles est effectué après l'essai de tenue à fréquence industrielle. La tension appliquée est augmentée jusqu'à 80 % de la tension de tenue à fréquence industrielle, maintenue pendant au moins 60 s, puis réduite sans interruption jusqu'aux tensions spécifiées d'essai de décharges partielles.

The test voltage shall be applied between the short-circuited primary winding and earth. The short-circuited secondary winding(s), the frame, case (if any) and core (if there is a special earth terminal) shall be connected to earth.

17.2 *Partial discharges measurement*

17.2.1 *Test circuit and instrumentation*

The test circuit and the instrumentation used shall be in accordance with IEC 270. Some examples of test circuits are shown in figures 1 to 3.

The instrument used shall measure the apparent charge q expressed in picocoulomb (pC). Its calibration shall be performed in the test circuit (see an example in figure 4).

A wide-band instrument shall have a bandwidth of at least 100 kHz with an upper cut-off frequency not exceeding 1,2 MHz. Narrow-band instruments shall have their resonance frequency in the range 0,15 to 2 MHz. Preferred values should be in the range from 0,5 to 2 MHz but, if feasible, the measurement should be performed at the frequency which gives the highest sensitivity.

The sensitivity shall allow the detection of a partial discharge level of 5 pC.

NOTES

- 1 The noise should be sufficiently lower than the sensitivity. Pulses that are known to be caused by external disturbances may be disregarded.
- 2 For the suppression of external noise, the balanced test circuit (figure 3) is appropriate.
- 3 When electronic signal processing and recovery are used to reduce the background noise, this should be demonstrated by varying its parameters such that it allows the detection of repeatedly occurring pulses.

17.2.2 *Partial discharge test procedure*

After a prestressing performed according to procedure A or B, the partial discharge test voltages specified in table 2D are reached and the corresponding partial discharge levels are measured in a time within 30 s.

The measured partial discharge shall not exceed the limits specified in table 2D.

Procedure A:

The partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power frequency withstand test.

Procedure B:

The partial discharge test is performed after the power frequency withstand test. The applied voltage is raised to 80 % of the power frequency withstand voltage, maintained for not less than 60 s, then reduced without interruption to the specified partial discharge test voltages.

Sauf spécification contraire, le choix de la procédure est laissé au constructeur. La méthode d'essai utilisée doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Page 42

18 Essais à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaires et secondaires et sur les enroulements secondaires

Remplacer le titre et le texte de cet article par ce qui suit:

18 Essais de tenue à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaire et secondaires et sur les enroulements secondaires

La tension d'essai, avec la valeur appropriée indiquée respectivement en 10.3 et 10.4, doit être appliquée pendant 60 s, successivement, entre les bornes mises en court-circuit de chaque section d'enroulement, ou de chaque enroulement secondaire, et la terre.

Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il y a une borne spéciale de mise à la terre) et les bornes de tous les autres enroulements ou sections doivent être reliés ensemble et à la terre.

19 Essai de surtension entre spires

Remplacer le texte de cet article par ce qui suit:

L'essai de surtension entre spires doit être effectué selon l'une des procédures suivantes.

Sauf convention contraire, le choix de la procédure est laissé au constructeur.

Procédure A:

Les enroulements secondaires étant en circuit ouvert (ou connectés à un dispositif à haute impédance qui mesure la tension de crête) un courant pratiquement sinusoïdal, à une fréquence comprise entre 40 Hz et 60 Hz (conformément à la CEI 60-1) et de valeur efficace égale au courant primaire assigné (ou au courant primaire étendu assigné, le cas échéant), doit être appliqué pendant 60 s à l'enroulement primaire.

Le courant appliqué doit être limité si la tension d'essai de 4,5 kV en valeur de crête est obtenue avant d'atteindre le courant assigné (ou le courant étendu assigné).

Procédure B:

L'enroulement primaire étant en circuit ouvert, la tension d'essai prescrite (à une fréquence appropriée) doit être appliquée pendant 60 s aux bornes de chaque enroulement secondaire, à condition que la valeur efficace du courant secondaire ne dépasse pas le courant secondaire assigné (ou le courant étendu assigné).

La valeur de la fréquence d'essai ne doit pas dépasser 400 Hz.

If not otherwise specified, the choice of the procedure is left to the manufacturer. The test method used shall be indicated in the test report.

Page 43

18 Power frequency tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings

Replace the title and text of this clause by the following:

18 Power frequency withstand tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings

The test voltage, with the appropriate value given in 10.3 and 10.4 respectively, shall be applied for 60 s in turn between the short-circuited terminals of each winding section or each secondary winding and earth.

The frame, case (if any), core (if there is a special earth terminal) and the terminals of all the other windings or sections shall be connected together and to earth.

19 Test of Interturn Insulation

Replace the title and text of this clause by the following:

19 Interturn overvoltage test

The interturn overvoltage test shall be performed in accordance to one of the following procedures.

If not otherwise agreed, the choice of the procedure is left to the manufacturer.

Procedure A:

With the secondary windings open-circuited (or connected to a high impedance device which reads peak voltage), a substantially sinusoidal current at a frequency between 40 Hz and 60 Hz (in accordance with IEC 60-1) and of r.m.s. value equal to the rated primary current (or rated extended primary current when applicable) shall be applied for 60 s to the primary winding.

The applied current shall be limited if the test voltage of 4,5 kV peak is obtained before reaching the rated current (or extended rated current).

Procedure B:

With the primary winding open-circuited, the prescribed test voltage (at some suitable frequency) shall be applied for 60 s to the terminals of each secondary winding, providing that the r.m.s. value of the secondary current does not exceed the rated secondary current (or rated extended current).

The value of the test frequency shall be not greater than 400 Hz.

A cette fréquence, si la valeur de la tension obtenue pour le courant secondaire assigné (ou le courant étendu assigné) est inférieure à 4,5 kV en valeur de crête, la tension obtenue est à considérer comme étant la tension d'essai.

Lorsque la fréquence dépasse deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être inférieure à 60 s comme suit:

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

avec un minimum de 15 s.

Page 44

20 Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires

Remplacer le titre et le texte de cet article par ce qui suit:

20 Essai au choc coupé sur l'enroulement primaire

L'essai doit être effectué en polarité négative seulement et combiné avec l'essai au choc de foudre de polarité négative de la façon indiquée ci-après.

La tension doit être un choc de foudre normalisé, coupé entre 2 μ s à 5 μ s. Le circuit de coupure doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc d'essai réel soit limitée à environ 30 % de la valeur de crête. La tension d'essai des chocs pleins doit avoir la valeur appropriée, indiquée par les tableaux 2A ou 2B, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

La tension d'essai des chocs coupés doit être conforme à 10.2.3.

La séquence d'application des chocs doit être la suivante:

- a) pour les enroulements avec U_m inférieure à 300 kV:
 - un choc plein;
 - deux chocs coupés;
 - quatorze chocs pleins.
- b) pour les enroulements avec U_m égale ou supérieure à 300 kV:
 - un choc plein;
 - deux chocs coupés;
 - deux chocs pleins.

Des différences dans la forme de l'onde en onde pleine avant et après les chocs coupés sont une indication de défaut interne.

Des contournements pendant les chocs coupés le long de l'isolation externe autorégénératrice doivent être négligés dans l'évaluation du comportement de l'isolation.

At this frequency, if the voltage value achieved at the rated secondary current (or rated extended current) is lower than 4,5 kV peak, the obtained voltage is to be regarded as the test voltage.

When the frequency exceeds twice the rated frequency, the duration of the test may be reduced from 60 s as below:

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

with a minimum of 15 s.

Page 45

20 Chopped lightning-impulse test on primary windings

Replace the title and text of this clause by the following:

20 Chopped impulse test on primary winding

The test shall be carried out with negative polarity only and combined with the negative polarity lightning impulse test in the manner described below.

The voltage shall be a standard lightning impulse, chopped between 2 μs and 5 μs . The chopping circuit shall be so arranged that the amplitude of overswing of opposite polarity of the actual test impulse shall be limited to approximately 30 % of the peak value. The test voltage of the full impulses shall have the appropriate value, given in tables 2A or 2B, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

The chopped impulse test voltage shall be in accordance with 10.2.3.

The sequence of impulse applications shall be as follows:

- a) for windings having $U_m < 300 \text{ kV}$:
 - one full impulse;
 - two chopped impulses;
 - fourteen full impulses.
- b) for windings having $U_m \geq 300 \text{ kV}$:
 - one full impulse;
 - two chopped impulses;
 - two full impulses.

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

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

21 Mesure du facteur de dissipation diélectrique

Remplacer le titre et le texte de cet article par ce qui suit:

21 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

Les mesures de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique doivent être faites après l'essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire, mises en court-circuit, et la terre. En général, les bornes du ou des enroulements secondaires, mises en court-circuit, tout écran et la carcasse métallique isolée doivent être reliés au pont de mesure. Si le transformateur de courant a un dispositif spécial (borne) adapté à cette mesure, les autres bornes basse tension doivent être mises en court-circuit et reliées, ainsi que la carcasse métallique, à la terre ou à l'écran du pont de mesure.

NOTE - Dans certains cas, il est nécessaire de relier la terre à d'autres points du pont.

L'essai doit être effectué avec le transformateur de courant à la température ambiante et la valeur de cette température doit être enregistrée.

Ajouter le nouvel article suivant après l'article 21:

21 bis Essais mécaniques

Les essais sont effectués pour démontrer qu'un transformateur de courant est capable de satisfaire aux prescriptions spécifiées en 10.8.

Le transformateur de courant doit être complètement monté et installé en position verticale, avec le châssis fixé de façon rigide.

Les transformateurs de courant immergés dans un liquide doivent être remplis avec le liquide isolant spécifié et soumis à la pression de fonctionnement.

Les charges d'essai doivent être appliquées pendant 60 s pour chacune des conditions indiquées dans le tableau 8.

Le transformateur de courant doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si aucun dommage n'est apparent (déformation, rupture ou fuite).

21 Measurement of dielectric dissipation factor

Replace the title and text of this clause by the following:

21 Measurement of capacitance and dielectric dissipation factor

The measurement of capacitance and dielectric dissipation factor shall be made after the power frequency withstand test on the primary windings.

The test voltage shall be applied between the short-circuited primary winding terminals and earth. Generally the short-circuited secondary winding(s), any screen and the insulated metal casing shall be connected to the measuring bridge. If the current transformer has a special device (terminal) suitable for this measurement, the other low-voltage terminals shall be short-circuited and connected together with the metal casing to the earth or the screen of the measuring bridge.

NOTE – In some cases, it is necessary to connect the earth to other points of the bridge.

The test shall be performed with the current transformer at ambient temperature whose value shall be recorded.

Add the following new clause after clause 21:

21 bis Mechanical tests

The tests are carried out to demonstrate that a current transformer is capable of complying with the requirements specified in 10.8.

The current transformer shall be completely assembled, installed in vertical position with the frame rigidly fixed.

Liquid-immersed current transformers shall be filled with the specified insulation medium and submitted to the operating pressure.

The test loads shall be applied for 60 s for each of the conditions indicated in table 8.

The current transformer shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage).

Tableau 8 – Modalités d'application des charges d'essai à appliquer aux bornes primaires

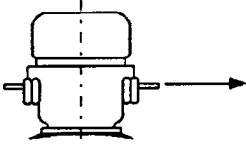
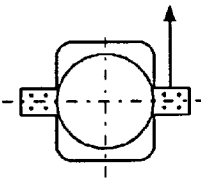
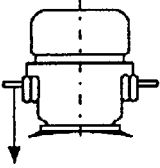
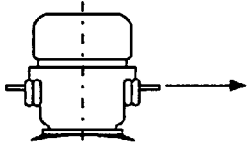
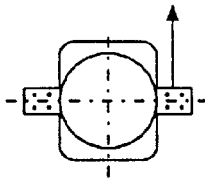
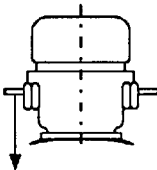
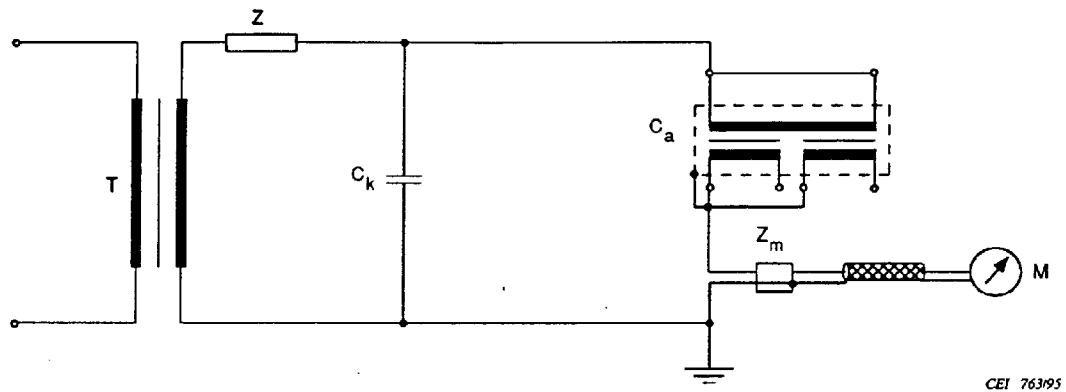
Horizontale à chaque borne	
	
Verticale à chaque borne	
NOTE – La charge d'essai doit être appliquée au centre de la borne.	

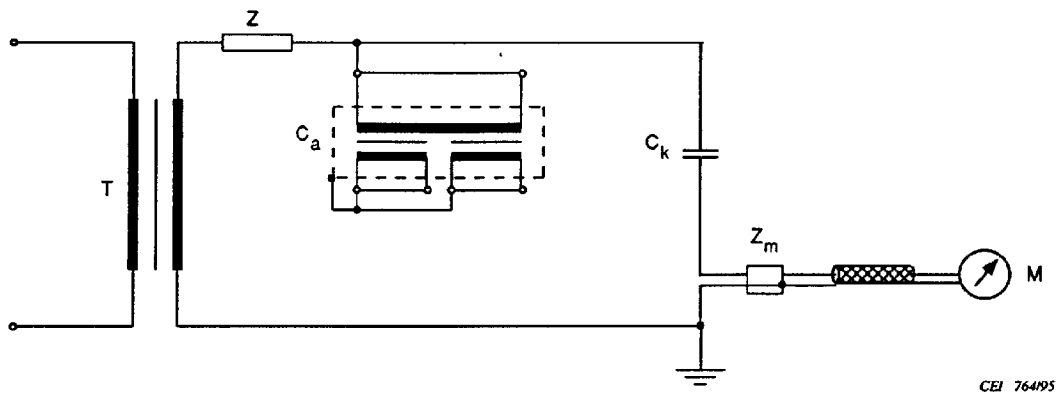
Table 8 – Modalities of application of test loads to be applied to the primary terminals

Horizontal to each terminal	
	
Vertical to each terminal	
NOTE – The test load shall be applied to the centre of the terminal.	



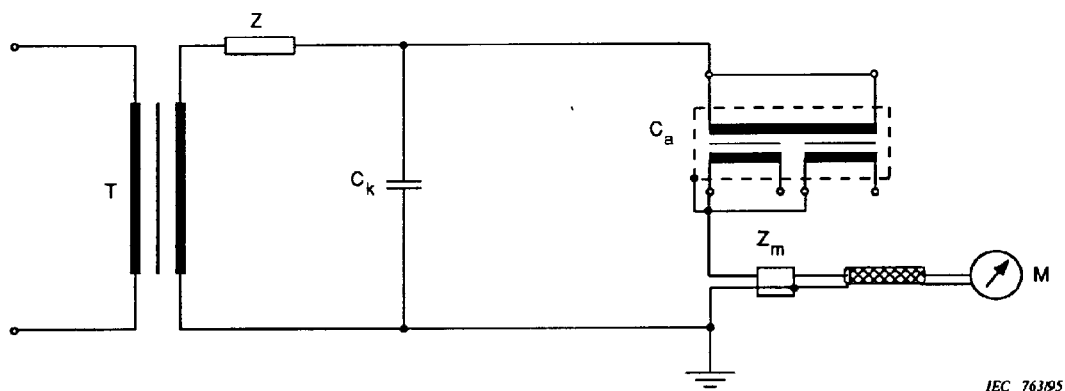
- T est le transformateur d'essai
 C_a est le transformateur de mesure à essayer
 C_k est le condensateur de couplage
M est l'appareil de mesure de décharges partielles
 Z_m est l'impédance de mesure
Z est le filtre (absent si C_k est la capacité du transformateur d'essai)

Figure 1 – Circuit d'essai pour la mesure des décharges partielles



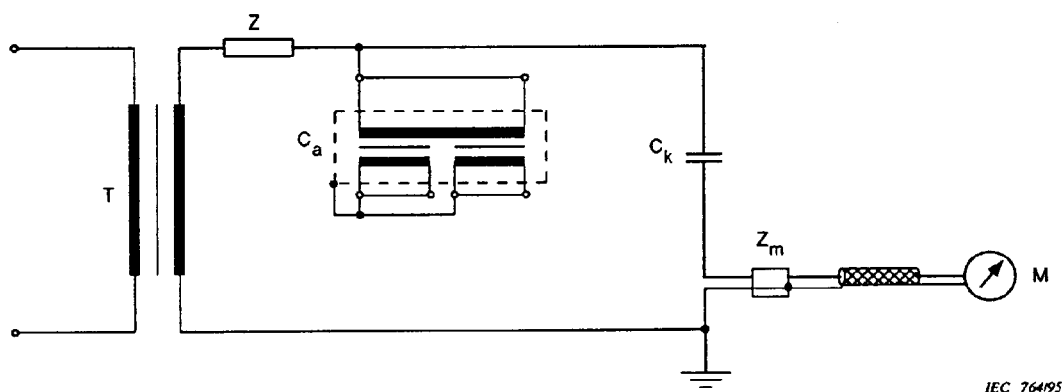
Symboles comme à la figure 1

Figure 2 – Variante de circuit d'essai pour la mesure des décharges partielles



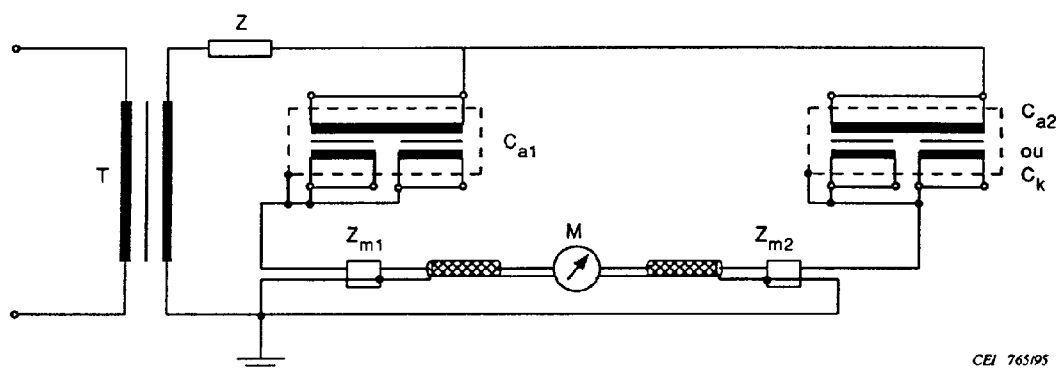
- T is the test transformer
- C_a is the instrument transformer to be tested
- C_k is the coupling capacitor
- M is the PD measuring instrument
- Z_m is the measuring impedance
- Z is the filter (not present if C_k is the capacitance of the test transformer)

Figure 1 – Test circuit for partial discharge measurement



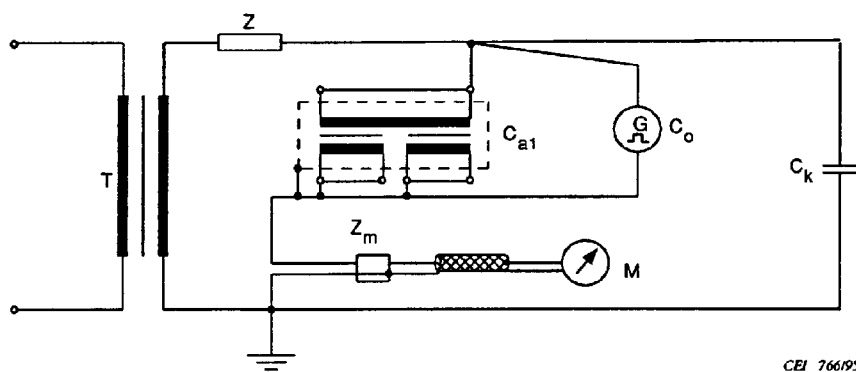
Symbols as in figure 1

Figure 2 – Alternative test circuit for partial discharge measurement



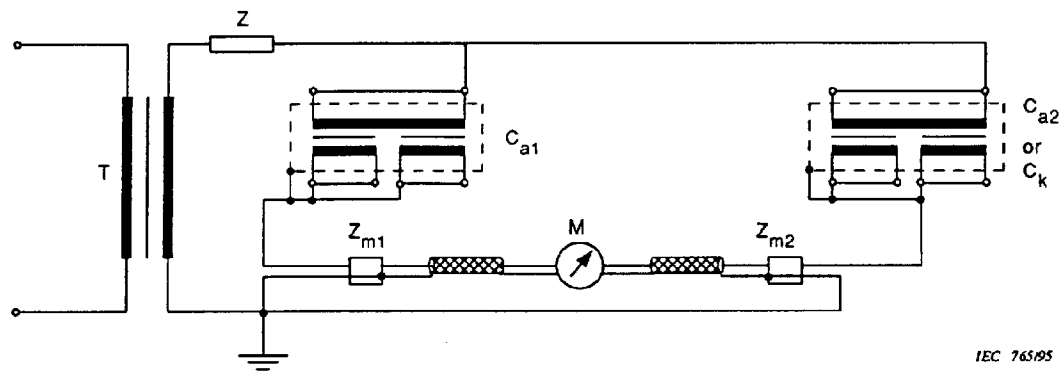
- T est le transformateur d'essai
 C_{a1} est le transformateur de mesure à essayer
 C_{a2} est l'objet libre auxiliaire pour décharges partielles (ou C_k condensateur de couplage)
M est l'appareil de mesure de décharges partielles
 Z_{m1} et Z_{m2} sont les impédances de mesure
Z est le filtre

Figure 3 – Exemple de circuit d'essai équilibré pour la mesure des décharges partielles



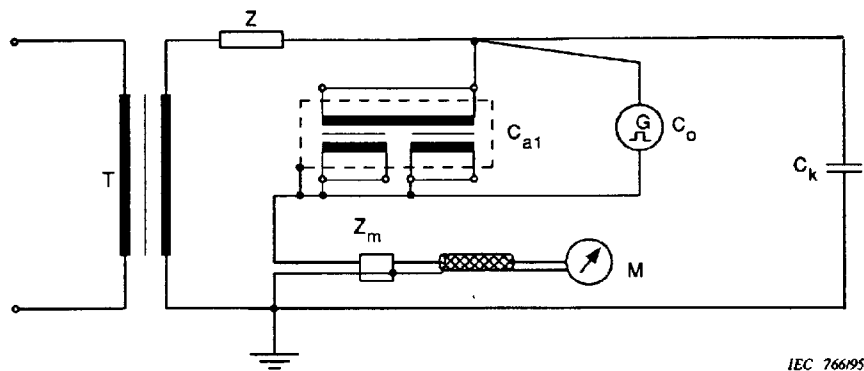
- Symboles comme à la figure 1
G est le générateur de choc avec capacité C_0

Figure 4 – Exemple de circuit d'étalonnage pour la mesure des décharges partielles



- T is the test transformer
 C_{a1} is the instrument transformer under test
 C_{a2} is the auxiliary PD free object (or C_k coupling capacitor)
M is the PD measuring instrument
 Z_{m1} and Z_{m2} are the measuring impedances
Z is the filter

Figure 3 – Example of balanced test circuit for partial discharge measurement



- Symbols as in figure 1
G is the impulse generator with capacitance C_0

Figure 4 – Example of calibration circuit for partial discharge measurement

Annexe B (informative)

Essai de chocs coupés multiples

L'essai doit être effectué avec des chocs de polarité négative coupés près de la crête.

La durée conventionnelle de la chute de tension, mesurée conformément à la CEI 60-1, doit être d'environ 0,5 μ s. Le circuit doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc enregistré soit de l'ordre de 50 % de la valeur de crête.

Il convient que la valeur de crête de la tension soit d'environ 60 % de la tension de tenue assignée au choc de foudre.

Au moins 100 chocs sont nécessaires pour mettre les défaillances en évidence. Ils doivent être appliqués à la cadence d'environ un choc par minute.

Des analyses des gaz dissous dans l'huile du transformateur doivent être effectuées avant l'essai et trois jours après l'essai.

Il convient que les critères d'évaluation des résultats soient basés sur la quantité et la composition des gaz produits (rapport des quantités des gaz significatifs) mais aucune valeur ne peut être présentement donnée. Des quantités relativement élevées de H_2 et de C_2H_2 sont indicatrices de défauts.

La procédure d'échantillonnage de l'huile peut être celle donnée dans la CEI 567.

La procédure d'analyse et des bases pour les diagnostics de défaut peuvent être fondées sur la CEI 599.

Annex B (informative)

Multiple chopped impulse test

The test shall be performed with impulses of negative polarity chopped near the crest.

The virtual duration of voltage collapse, measured according to IEC 60-1, shall be about 0,5 μ s. The circuit shall be so arranged that the overswing to opposite polarity of the recorded impulse shall be of the order of 50 % of the peak value.

The voltage peak value should be about 60 % of the rated lightning impulse withstand voltage.

At least 100 impulses are necessary to put failures in evidence. They shall be applied at the rate of about one impulse per minute.

Before the test and three days after the test the analysis of the gas dissolved in the oil of the transformer shall be carried out.

The criteria for evaluating the result should be based on the amount and composition of the gases produced (ratio of the quantities of significant gases) but no figures can presently be given. Relatively large amounts of H_2 and C_2H_2 are an indication of fault.

Oil sampling procedure may be the one given in IEC 567.

Analysis procedure and basis for fault diagnosis may be based on IEC 599.

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Etudes n° 38**

- 44: — Transformateurs de mesure.
- 44-3 (1980) Troisième partie: Transformateurs combinés.
- 44-4 (1980) Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.
- 44-6 (1992) Partie 6: Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire.
- 185 (1987) Transformateurs de courant.
Modification n° 1 (1990).
Amendement 2 (1995).
- 186 (1987) Transformateurs de tension.
Modification n° 1 (1988).
Amendement 2 (1995).

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 38**

- 44: — Instrument transformers.
- 44-3 (1980) Part 3: Combined transformers.
- 44-4 (1980) Part 4: Measurement of partial discharges.
- 44-6 (1992) Requirements for protective current transformers for transient performance.
- 185 (1987) Current transformers.
Amendment No. 1 (1990).
Amendment 2 (1995).
- 186 (1987) Voltage transformers.
Amendment No. 1 (1988).
Amendment 2 (1995).

Publication 185

■ 4844891 0600667 31T ■

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
185**

1987

**MODIFICATION 1
AMENDMENT 1**

1990-07

Modification 1 à la Publication 185 (1987)

Transformateurs de courant

Amendment 1 to Publication 185 (1987)

Current transformers

© CEI 1990 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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**

B

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

PREFACE

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

Le texte de cette modification est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
38(BC)82	38(BC)85

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

Page 52

27. Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures

Ajouter à la fin de cet article la note suivante:

Note.- En général, les limites prescrites pour l'erreur de courant et le déphasage sont valables pour n'importe quelle position d'un conducteur externe placé à une distance dans l'air non inférieure à celle qui est requise pour l'isolement dans l'air correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel (U_m).

Il convient que les conditions spéciales d'application, y compris les gammes basses de tension de service associées à des valeurs élevées de courant, fassent l'objet d'un accord séparé entre le constructeur et l'acheteur.

PREFACE

This amendment has been prepared by IEC Technical Committee No. 38: Instrument transformers.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
38(C0)82	38(C0)85

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

Page 53

27. Limits of current error and phase displacement

Add the following note at the end of this clause:

Note.- In general the prescribed limits of current error and phase displacement are valid for any given position of an external conductor spaced at a distance in air not less than that required for insulation in air at the highest voltage for equipment (U_m).

Special conditions of application, including lower ranges of operation voltages associated with high current values, should be a matter of separate agreement between manufacturer and purchaser.

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CEI
IEC
185

Deuxième édition
Second edition
1987

Transformateurs de courant

Current transformers

Publication
185: 1987

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**

Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CEI
IEC
185

Deuxième édition
Second edition
1987

Transformateurs de courant

Current transformers

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

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

Code prix
Price code **37**

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

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	Pages 6
PRÉFACE	6

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

SECTION UN - GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application	8
2. Conditions de service	8
3. Définitions	10

SECTION DEUX - CONDITIONS AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

4. Valeurs normales des courants primaires assignés	16
5. Valeurs normales du courant secondaire assigné	16
6. Valeurs normales des courants d'échauffement	16
7. Valeurs normales des puissances de précision	16
8. Courants de court-circuit assignés	18
9. Limites des échauffements	18
10. Spécifications relatives à l'isolement	20

SECTION TROIS - ESSAIS - GÉNÉRALITÉS

11. Classification des essais	32
-------------------------------------	----

SECTION QUATRE - ESSAIS DE TYPE

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

SECTION CINQ - ESSAIS INDIVIDUELS

16. Vérification du marquage des bornes	40
17. Essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires et mesure des décharges partielles	40
18. Essais à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaires et secondaires et sur les enroulements secondaires	42
19. Essai de surtension entre spires	42

SECTION SIX - ESSAIS SPÉCIAUX

20. Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires	44
21. Mesure du facteur de dissipation diélectrique	44

SECTION SEPT - MARQUAGE

22. Marquage des bornes - Règles générales	44
23. Marquage des plaques signalétiques	46

CONTENTS

FOREWORD	Page 7
PREFACE	7

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE
TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

SECTION ONE – GENERAL

Clause	
1. Scope	9
2. Service conditions	9
3. Definitions	11

SECTION TWO – RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

4. Standard values of rated primary current	17
5. Standard values of rated secondary current	17
6. Rated continuous thermal current	17
7. Standard values of rated output	17
8. Short-time current ratings	19
9. Limits of temperature rise	19
10. Insulation requirements	21

SECTION THREE – TESTS – GENERAL

11. Classification of tests	33
-----------------------------------	----

SECTION FOUR – TYPE TESTS

12. Short-time current tests	35
13. Temperature-rise test	37
14. Impulse tests on primary windings	37
15. Wet test for outdoor type transformers	41

SECTION FIVE – ROUTINE TESTS

16. Verification of terminal markings	41
17. Power-frequency tests on primary windings and measurement of partial discharges	41
18. Power-frequency tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings	43
19. Test of interturn insulation	43

SECTION SIX – SPECIAL TESTS

20. Chopped lightning-impulse test on primary windings	45
21. Measurement of dielectric dissipation factor	45

SECTION SEVEN – MARKING

22. Terminal markings – General rules	45
23. Rating plate markings	47

CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR MESURES

SECTION HUIT – GÉNÉRALITÉS

Articles	Pages
24. Domaine d'application	50
25. Définitions	50

SECTION NEUF – PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION

26. Classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures – Indice de classe	52
27. Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures	52
28. Transformateurs à gamme étendue	56

SECTION DIX – ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

29. Essais de type	56
30. Essais individuels	56
31. Courant de sécurité assigné	56

SECTION ONZE – MARQUAGE

32. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour mesures	58
---	----

CHAPITRE III: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR PROTECTION

SECTION DOUZE – GÉNÉRALITÉS

33. Domaine d'application	60
34. Définitions	60

SECTION TREIZE – EXIGENCES CONCERNANT LA PRÉCISION

35. Valeurs normales des facteurs limites de précision	62
36. Classes de précision	62
37. Limites des erreurs	62

SECTION QUATORZE – ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

38. Erreur de courant et déphasage – Essais de type et essais individuels	64
39. Erreur composée – Essais de type	64
40. Erreur composée – Essais individuels	66

SECTION QUINZE – MARQUAGE

41. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour protection	66
--	----

ANNEXE A – Transformateurs de courant pour protection	68
---	----

CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR MEASURING CURRENT TRANSFORMERS

SECTION EIGHT – GENERAL

Clauses	Page
24. Scope	51
25. Definitions	51

SECTION NINE – ACCURACY REQUIREMENTS

26. Accuracy class designation	53
27. Limits of current error and phase displacement	53
28. Extended current rating	57

SECTION TEN – TESTS FOR ACCURACY

29. Type tests	57
30. Routine tests	57
31. Instrument security current	57

SECTION ELEVEN – MARKING

32. Marking of the rating plate of a measuring current transformer	59
--	----

CHAPTER III: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR PROTECTIVE CURRENT TRANSFORMERS

SECTION TWELVE – GENERAL

33. Scope	61
34. Definitions	61

SECTION THIRTEEN – ACCURACY REQUIREMENTS

35. Standard accuracy limit factors	63
36. Accuracy classes	63
37. Limits of error	63

SECTION FOURTEEN – TESTS FOR ACCURACY

38. Type and routine tests for current error and phase displacement	65
39. Type tests for composite error	65
40. Routine tests for composite error	67

SECTION FIFTEEN – MARKING

41. Marking of the rating plate of a protective current transformer	67
---	----

APPENDIX A – Protective current transformers	69
--	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE COURANT

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 185 (1966) de la CEI et les modifications n° 1 (1977), n° 2 (1980) et n° 3 (1982).

Le texte de cette norme est issu aussi des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
38(BC)68	38(BC)70	38(BC)72	38(BC)75

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n°s 28 (1925): Spécification internationale d'un cuivre-type recuit.

38 (1983): Tensions normales de la CEI.

44-4 (1980): Transformateurs de mesure, Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.

50(321) (1986): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 321: Transformateurs de mesure.

60-1 (1973): Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

71: Coordination de l'isolement.

85 (1984): Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

507 (1975) (rapport): Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CURRENT TRANSFORMERS

FOREWORD

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

PREFACE

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

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 185 (1966) as well as Amendments No. 1 (1977), No. 2 (1980) and No. 3 (1982).

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
38(CO)68	38(CO)70	38(CO)72	38(CO)75

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 28 (1925): International Standard of Resistance for Copper.

38 (1983): IEC Standard Voltages.

44-4 (1980): Instrument Transformers, Part 4: Measurement of Partial Discharges.

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

60-1 (1973): High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

71: Insulation Co-ordination.

85 (1984): Thermal Evaluation and Classification of Electrical Insulation.

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

TRANSFORMATEURS DE COURANT

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

SECTION UN - GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux transformateurs de courant destinés à être utilisés avec des appareils de mesure électriques et aux transformateurs de courant pour protection, d'usage courant et neufs, la fréquence du courant étant comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Elle s'applique principalement aux transformateurs à enroulements séparés, mais elle est valable aussi, dans la mesure du possible, pour les autotransformateurs.

2. Conditions de service

A défaut de conventions spéciales entre les parties, la présente norme est valable dans les conditions de service suivantes:

Note. - Si le transformateur est destiné à être utilisé ou même s'il doit être transporté dans des conditions différentes de celles indiquées, le constructeur devra en être averti.

2.1 Température de l'air ambiant

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

2.2 Altitude

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

2.3 Conditions atmosphériques

Atmosphère pas trop polluée.

2.4 Situation du neutre du réseau

- 1) Neutre isolé (voir définition paragraphe 3.18).
- 2) Neutre mis à la terre par bobine d'extinction (voir définition paragraphe 3.19).
- 3) Neutre mis à la terre (voir définition paragraphe 3.21):
 - a) Neutre mis effectivement à la terre.
 - b) Neutre mis non effectivement à la terre.

CURRENT TRANSFORMERS

CHAPTER I: GENERAL REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

SECTION ONE – GENERAL

1. Scope

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

Although the requirements relate basically to transformers with separate windings they are also applicable, where appropriate, to auto-transformers.

2. Service conditions

Unless otherwise specified, current transformers shall be suitable for use under the following service conditions:

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

2.1 Ambient air temperatures

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

2.2 Altitude

Up to 1000 m (3 300 ft) above sea level.

2.3 Atmospheric conditions

Atmospheres which are not heavily polluted.

2.4 System earthing

- 1) Isolated neutral system (see definition Sub-clause 3.18).
- 2) Resonant earthed system (see definition Sub-clause 3.19).
- 3) Earthed neutral system (see definition Sub-clause 3.21):
 - a) Effectively earthed neutral system.
 - b) Non-effectively earthed neutral system.

3. Définitions

Pour les termes utilisés dans la présente norme, les définitions suivantes sont applicables.

Plusieurs de ces définitions sont conformes ou similaires à celles de la Publication 50(321) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 321: Transformateurs de mesure. Celles-ci sont indiquées par l'adjonction entre parenthèses du numéro de référence correspondant au VEI.

3.1 *Transformateur de mesure*

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

3.2 *Transformateur de courant*

Transformateur de mesure dans lequel le courant secondaire est, dans les conditions normales d'emploi, pratiquement proportionnel au courant primaire et déphasé par rapport à celui-ci d'un angle voisin de zéro, pour un sens approprié des connexions (321-02-01).

3.3 *Enroulement primaire*

Enroulement traversé par le courant à transformer.

3.4 *Enroulement secondaire*

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

3.5 *Circuit secondaire*

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

3.6 *Courant primaire assigné*

Valeur du courant primaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-11 modifié).

3.7 *Courant secondaire assigné*

Valeur du courant secondaire qui figure dans la désignation du transformateur et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement (321-01-15 modifié).

3.8 *Rapport de transformation*

Rapport entre le courant primaire et le courant secondaire (321-01-17 modifié).

3.9 *Rapport de transformation assigné*

Rapport entre le courant primaire assigné et le courant secondaire assigné (321-01-19 modifié).

3. Definitions

For the purposes of this standard, the following definitions shall apply.

Some of the definitions agree with or are similar to those of IEC Publication 50(321): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 321: Instrument Transformers. These are indicated by the relevant IEV reference numbers in brackets.

3.1 *Instrument transformer*

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

3.2 *Current transformer*

An instrument transformer in which the secondary current, in normal conditions of use, is substantially proportional to the primary current and differs in phase from it by an angle which is approximately zero for an appropriate direction of the connections (321-02-01).

3.3 *Primary winding*

The winding through which flows the current to be transformed.

3.4 *Secondary winding*

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

3.5 *Secondary circuit*

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

3.6 *Rated primary current*

The value of the primary current on which the performance of the transformer is based (321-01-11 modified).

3.7 *Rated secondary current*

The value of the secondary current on which the performance of the transformer is based (321-01-15 modified).

3.8 *Actual transformation ratio*

The ratio of the actual primary current to the actual secondary current (321-01-17 modified).

3.9 *Rated transformation ratio*

The ratio of the rated primary current to the rated secondary current (321-01-19 modified).

3.10 Erreur de courant (erreur de rapport)

Erreur que le transformateur introduit dans la mesure d'un courant et qui provient de ce que le rapport de transformation n'est pas égal à la valeur assignée (321-01-21 modifié).

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

$$\text{Erreur de courant } \% = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

dans laquelle K_n est le rapport de transformation assigné, I_p le courant primaire donné, I_s le courant secondaire correspondant à I_p dans les conditions de la mesure.

3.11 Déphasage

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

Le déphasage est considéré comme positif lorsque le vecteur courant secondaire est *en avance* sur le vecteur courant primaire; il est exprimé habituellement en minutes ou en centiradians.

Note. – Cette définition n'est rigoureuse qu'en courants sinusoïdaux.

3.12 Classe de précision

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

3.13 Charge

Impédance du circuit secondaire exprimée en ohms avec indication du facteur de puissance.

La charge est généralement caractérisée par la puissance apparente absorbée, en voltampères, à un facteur de puissance indiqué et pour le courant secondaire assigné.

3.14 Charge de précision

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

3.15 Puissance de précision

Puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié) que le transformateur peut fournir au circuit secondaire pour le courant secondaire assigné et la charge de précision.

3.16 Tension la plus élevée pour le matériel

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

3.17 Niveau d'isolement assigné

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

3.10 Current error (ratio error)

The error which a transformer introduces into the measurement of a current and which arises from the fact that the actual transformation ratio is not equal to the rated transformation ratio (321-01-21 modified).

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

$$\text{Current error } \% = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

where K_n is the rated transformation ratio, I_p is the actual primary current and I_s the actual secondary current when I_p is flowing, under the conditions of measurement.

3.11 Phase displacement

The difference in phase between the primary and secondary current vectors, the direction of the vectors being so chosen that the angle is zero for a perfect transformer (321-01-23 modified).

The phase displacement is said to be positive when the secondary current vector *leads* the primary current vector. It is usually expressed in minutes or centiradians.

Note. – This definition is strictly correct for sinusoidal currents only.

3.12 Accuracy class

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

3.13 Burden

The impedance of the secondary circuit in ohms and power-factor.

The burden is usually expressed as the apparent power in voltamperes absorbed at a specified power-factor and at the rated secondary current.

3.14 Rated burden

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

3.15 Rated output

The value of the apparent power (in voltamperes at a specified power-factor) which the transformer is intended to supply to the secondary circuit at the rated secondary current and with rated burden connected to it.

3.16 Highest voltage for equipment

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

3.17 Rated insulation level

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

3.18 Réseau à neutre isolé

Réseau dans lequel il n'y a pas de connexion intentionnelle à la terre à l'exception de celles constituées par des dispositifs indicateurs, de mesure et de protection, de très grande impédance.

3.19 Réseau à neutre mis à la terre par bobine d'extinction

Réseau dont le neutre est connecté à la terre par une bobine de réactance de valeur telle que, lors d'un défaut entre un conducteur de phase et le sol, le courant inductif à la fréquence du réseau, qui traverse le défaut et la bobine, compense sensiblement la composante capacitive du courant qui traverse le défaut.

Note. – Dans le dispositif de mise à la terre par bobine d'extinction, le courant qui passe effectivement dans le défaut est suffisamment faible pour que l'arc à la terre à travers l'air ne puisse se maintenir.

3.20 Facteur de mise à la terre

Rapport, exprimé en pour-cent, de la valeur efficace de la tension la plus élevée entre un conducteur de phase sain et le sol, lors d'un défaut à la terre affectant un ou plusieurs conducteurs d'un système triphasé, à la valeur efficace de la tension entre deux conducteurs de phase en l'absence de défaut, les deux mesures se rapportant au même emplacement et la fréquence étant celle du réseau. (L'emplacement en question sera généralement le point d'installation d'un équipement.)

3.21 Réseau à neutre mis à la terre

Réseau dont le neutre est connecté à la terre, soit directement, soit à travers une résistance ou une réactance suffisamment faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection par courant de terre:

a) Le neutre est dit *effectivement à la terre* si, quel que soit l'emplacement du défaut, le facteur de mise à la terre ne dépasse pas 80%.

Note. – Ce résultat est obtenu approximativement si, quelle que soit la configuration du réseau, le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à l'unité.

b) Le neutre est *non effectivement à la terre* si, lors d'un défaut à la terre, le facteur de mise à terre est supérieur à 80%.

3.22 Installation en situation exposée

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

Note. – Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, directement ou par l'intermédiaire d'un câble de faible longueur.

3.23 Installation en situation non exposée

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

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

3.24 Fréquence assignée

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

3.25 Courant de court-circuit thermique assigné (I_{th})

Valeur efficace du courant primaire que le transformateur peut supporter pendant une seconde, son secondaire étant mis en court-circuit, sans qu'il subisse de dommage.

3.18 Isolated neutral system

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

3.19 Resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil)

A system earthed through a reactor, the reactance being of such value that during a single line-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by this reactor essentially neutralizes the power-frequency capacitive component of the earth-fault current.

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

3.20 Earthing factor

At a selected location in a three-phase system (generally the point of installation of an equipment), for a given system layout, is the ratio, expressed as a percentage, of the highest r.m.s. line-to-earth power-frequency voltage on a sound phase at the selected location during a fault to earth affecting one or more phases, to the line-to-line r.m.s. power-frequency voltage which would be obtained at the selected location with the fault removed.

3.21 Earthed neutral system

A system in which the neutral is connected to earth, either solidly, or through a resistance or reactance of low enough value to reduce materially transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection:

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

Note. – This condition is obtained in general when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to positive-sequence reactance is less than 3 and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one.

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

3.22 Exposed installation

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

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

3.23 Non-exposed installation

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

Note. – Such installations are usually connected to cable networks.

3.24 Rated frequency

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

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

The r.m.s. value of the primary current which a transformer will withstand for one second without suffering harmful effects, the secondary winding being short-circuited.

3.26 Courant dynamique assigné (I_{dyn})

Valeur de crête du courant primaire que le transformateur peut supporter sans subir de dommages électriques ou mécaniques du fait des efforts électromagnétiques qui en résultent, le secondaire étant mis en court-circuit.

3.27 Courant d'échauffement ou courant thermique continu assigné

Valeur du courant qui peut passer indéfiniment dans l'enroulement primaire, l'enroulement secondaire débitant sur la charge de précision, sans que l'échauffement dépasse les valeurs spécifiées.

SECTION DEUX – CONDITIONS AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE TOUS LES TRANSFORMATEURS DE COURANT

4. Valeurs normales des courants primaires assignés**4.1 Transformateurs à un seul rapport de transformation**

Les valeurs normales des courants primaires assignés en ampères sont:

10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75,

et leurs multiples ou sous-multiples décimaux.

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

4.2 Transformateurs à plusieurs rapports de transformation

Les valeurs normales figurant au paragraphe 4.1 s'appliquent au plus petit courant primaire assigné.

5. Valeurs normales du courant secondaire assigné

Les valeurs normales du courant secondaire assigné sont 1 A, 2 A et 5 A, cette dernière valeur étant préférentielle.

Note. – Pour des transformateurs couplés en triangle, les valeurs précédentes divisées par $\sqrt{3}$ sont aussi des valeurs normales.

6. Valeurs normales des courants d'échauffement

Sauf indications contraires, le courant d'échauffement est égal au courant primaire assigné (voir article 28).

7. Valeurs normales des puissances de précision

Les valeurs normales des puissances de précision jusqu'à 30 VA sont:

2,5 – 5,0 – 10 – 15 et 30 VA.

Au-delà de 30 VA, des valeurs de puissances de précision peuvent être choisies de façon à répondre aux besoins.

Note. – Pour un transformateur donné, pourvu qu'il ait une puissance de précision normale correspondant à une classe normale, d'autres valeurs de puissances de précision qui pourraient ne pas être normales, mais correspondant à des classes normales, peuvent également être indiquées.

3.26 Rated dynamic current (I_{dyn})

The peak value of the primary current which a transformer will withstand, without being damaged electrically or mechanically by the resulting electromagnetic forces, the secondary winding being short-circuited.

3.27 Rated continuous thermal current

The value of the current which can be permitted to flow continuously in the primary winding, the secondary winding being connected to the rated burden, without the temperature rise exceeding the values specified.

SECTION TWO – RATING AND PERFORMANCE REQUIREMENTS APPLICABLE TO ALL CURRENT TRANSFORMERS

4. Standard values of rated primary current**4.1 Single-ratio transformers**

The standard values of rated primary currents are:

10 – 12.5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75 amperes,

and their decimal multiples or fractions.

The preferred values are those underlined.

4.2 Multi-ratio transformers

The standard values given in Sub-clause 4.1 refer to the lowest values of rated primary current.

5. Standard values of rated secondary current

The standard values of rated secondary current are 1 A, 2 A and 5 A, but the preferred value is 5 A.

Note. – For transformers intended for delta-connected groups these ratings divided by $\sqrt{3}$ are also standard values.

6. Rated continuous thermal current

Unless otherwise specified, the rated continuous thermal current shall be the rated primary current. (See Clause 28.)

7. Standard values of rated output

The standard values of rated output up to 30 VA are:

2.5 – 5.0 – 10 – 15 and 30 VA.

Values above 30 VA may be selected to suit the application.

Note. – For a given transformer, provided one of the values of rated output is standard and associated with a standard accuracy class, the declaration of other rated outputs, which may be non-standard values, but associated with other standard accuracy classes, is not precluded.

8. Courants de court-circuit assignés

Les transformateurs de courant à primaire bobiné ou formé d'un seul conducteur doivent satisfaire aux prescriptions des paragraphes 8.1 et 8.2 ci-après.

8.1 Courant de court-circuit thermique assigné (I_{th})

Pour chaque transformateur, la valeur assignée du courant de court-circuit thermique doit être spécifiée (voir définition paragraphe 3.25).

8.2 Valeur normale du courant dynamique assigné (I_{dyn})

La valeur normale du courant dynamique assigné doit être à $2,5 I_{th}$. La valeur de I_{dyn} ne doit être indiquée sur la plaque signalétique que si elle est différente de cette valeur (voir définition paragraphe 3.26).

9. Limites des échauffements

L'échauffement d'un transformateur de courant parcouru par un courant primaire égal à son courant d'échauffement, l'enroulement secondaire alimentant une charge égale à la charge de précision avec un facteur de puissance unité, ne doit pas dépasser la valeur appropriée du tableau I. Ces valeurs supposent que le transformateur est destiné à fonctionner dans les conditions de service indiquées à l'article 2.

- S'il est prévu que la température de l'air ambiant pourrait dépasser les valeurs indiquées au paragraphe 2.1, l'échauffement indiqué au tableau I doit être réduit d'une valeur égale à l'excès de température ambiante.
- Si le transformateur est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m, les essais étant faits à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement données au tableau I doivent être réduites dans les proportions suivantes, par 100 m d'altitude du lieu de fonctionnement au-dessus de 1 000 m:

- a) Transformateurs immergés dans l'huile 0,4%
- b) Transformateurs à sec 0,5%

L'échauffement des enroulements est limité par la classe la plus basse d'isolation soit de l'enroulement même soit du milieu dans lequel il est noyé. Les limites d'échauffement admissibles pour chaque classe d'isolation sont indiquées au tableau I.

8. Short-time current ratings

Current transformers supplied with a fixed primary winding or conductor shall comply with the requirements of Sub-clauses 8.1 and 8.2 below.

8.1 Thermal rating

A rated short-time thermal current (I_{th}) shall be assigned to the transformer. (See definition Sub-clause 3.25.)

8.2 Dynamic rating

The value of the rated dynamic current (I_{dyn}) shall normally be 2.5 times the rated short-time thermal current (I_{th}) and it shall be indicated on the rating plate when it is different from this value. (See definition Sub-clause 3.26.)

9. Limits of temperature rise

The temperature rise of a current transformer when carrying a primary current equal to the rated continuous thermal current, with a unity power-factor burden corresponding to the rated output, shall not exceed the appropriate value given in Table I. These values are based on the service conditions given in Clause 2.

- If ambient temperatures in excess of the values given in Sub-clause 2.1 are specified, the permissible temperature rise in Table I shall be reduced by an amount equal to the excess ambient temperature.
- If a transformer is specified for service at an altitude in excess of 1 000 m and tested at an altitude below 1 000 m, the limits of temperature rise given in Table I shall be reduced by the following amounts for each 100 m that the altitude at the operating site exceeds 1 000 m:

a) Oil immersed transformers 0.4%

b) Dry-type transformers 0.5%

The temperature rise of the windings is limited by the lowest class of insulation either of the winding itself or of the surrounding medium in which it is embedded. The maximum temperature rises of the insulation classes are as given in Table I.

TABLEAU I

Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la Publication 85 de la CEI*)	Limites d'échauffement (K)
Toutes les classes, les enroulements étant immergés dans l'huile	60
Toutes les classes, les enroulements étant immergés dans l'huile et hermétiquement scellés	65
Toutes les classes, les enroulements étant noyés dans une masse isolante bitumineuse	50
Enroulements non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse bitumineuse, des classes suivantes:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

Note. – Pour certaines matières isolantes (par exemple résine), le constructeur devra indiquer la classe d'isolation applicable.

Lorsque le transformateur est muni d'un conservateur d'huile ou lorsque l'huile est surmontée d'un gaz inerte ou lorsque le transformateur est hermétiquement fermé, l'échauffement de l'huile à sa partie supérieure, la mesure étant effectuée dans la cuve, ne doit pas dépasser 55 K.

S'il n'existe aucune des dispositions précédentes, l'échauffement de l'huile à sa partie supérieure ne doit pas dépasser 50 K.

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

10. Spécifications relatives à l'isolement

10.1 Niveaux d'isolement assignés, enroulements primaires

Le choix du niveau d'isolement des transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 3,6 kV doit être effectué conformément à la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement. Pour les transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 3,6 kV, le niveau d'isolement est déterminé par la tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle.

- 10.1.1 Pour les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel est comprise dans la gamme $3,6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$, le niveau d'isolement assigné, défini par la tension assignée de tenue au choc de foudre et la tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle, est l'un de ceux qui figurent aux tableaux IIA ou IIB.

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

TABLE I

Limits of temperature rise of windings

Class of insulation (in accordance with IEC Publication 85*)	Maximum temperature rise (K)
All classes immersed in oil	60
All classes immersed in oil and hermetically sealed	65
All classes immersed in bituminous compound	50
Classes not immersed in oil or bituminous compound:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

Note. – With some products (e.g. resin) the manufacturer should specify the relevant insulation class.

When the transformer is fitted with a conservator tank, has an inert gas above the oil, or is hermetically sealed, the temperature rise of the oil at the top of the tank or housing shall not exceed 55 K.

When the transformer is not so fitted or arranged, the temperature rise of the oil at the top of the tank or housing shall not exceed 50 K.

The temperature rise measured on the external surface of the core and other metallic parts where in contact with, or adjacent to, insulation shall not exceed the appropriate value in Table I.

10. Insulation requirements

10.1 *Rated insulation levels, primary windings*

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

- 10.1.1 For windings having highest voltage for equipment in the range $3.6 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$, the rated insulation level, defined by the rated lightning-impulse and short-duration power-frequency withstand voltages, shall be one of those given in Tables IIA and IIB.

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

- 10.1.2 Pour les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV, le niveau d'isolement assigné, défini par les tensions assignées de tenue au choc de manœuvre et au choc de foudre, est l'un de ceux qui figurent au tableau IIC.

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

10.2 *Autres spécifications pour l'isolation d'un enroulement primaire*

10.2.1 *Tension de tenue à fréquence industrielle*

Les enroulements dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , est supérieure ou égale à 300 kV doivent également être capables de résister à l'essai à fréquence industrielle spécifiée. Deux méthodes, au choix, sont spécifiées dans la présente norme pour les enroulements de cette catégorie. Ces méthodes sont fondées sur différentes spécifications concernant les tensions et les procédures d'essai.

Méthode I: L'enroulement doit résister à la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle qui correspond à la tension assignée de choc de foudre indiquée dans le tableau IID.

Méthode II: L'enroulement doit résister à un essai à fréquence industrielle de plus longue durée dont le niveau de tension est plus faible que la tension de courte durée, combiné avec une spécification d'essai de décharges partielles. Les tensions d'essai sont indiquées dans le tableau IIE en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, U_m .

Sauf spécification contraire, la méthode I doit être adoptée.

Le choix de la méthode II nécessite un accord particulier entre le constructeur et l'acheteur.

Note. – L'essai selon la méthode II peut être précédé d'un essai au choc de foudre afin de compléter les essais diélectriques individuels de l'enroulement primaire.

Si la méthode I est adoptée, l'essai au choc de foudre doit être considéré comme un essai de type.

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

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

10.2 *Other requirements for primary winding insulation*

10.2.1 *Power-frequency withstand voltage*

Windings having highest voltage for equipment $U_m \geq 300$ kV shall also be capable of withstanding the specified power-frequency test. Two alternative methods are specified in this standard for windings in this category. The methods are based on different requirements regarding the test voltages and the test procedures.

Method I: The winding shall withstand the power-frequency short-duration withstand voltage corresponding to the selected rated lightning-impulse voltage as given in Table IID.

Method II: The winding shall withstand a power-frequency test of longer duration at a voltage level lower than the short-duration test combined with a partial discharge test requirement. The test voltages, related to the highest voltage for equipment U_m , are given in Table IIE.

Method I shall be used unless otherwise specified.

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

Note. – The Method II test may be preceded by a lightning-impulse test in order to complete the dielectric routine tests of the primary winding.

If Method I is adopted, the lightning-impulse test is to be considered a type test.

TABLEAU IIA

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)	Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV	kV
0,72		3
1,2		6
3,6	20	10
	40	10
7,2	40	20
	60	20
12	60	28
	75	28
17,5	75	38
	95	38
24	95	50
	125	50
36	145	70
	170	70
52	250	95
72,5	325	140
	450	185
123	550	230
145	650	275
170	750	325
	850	360
245	950	395
	1 050	460

TABLE IIA

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

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)	Rated power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
kV	kV	kV
0.72		3
1.2		6
3.6	20	10
	40	10
7.2	40	20
	60	20
12	60	28
	75	28
17.5	75	38
	95	38
24	95	50
	125	50
36	145	70
	170	70
52	250	95
72.5	325	140
123	450	185
145	550	230
170	650	275
	750	325
245	850	360
	950	395
	1 050	460

TABLEAU IIB

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 52 kV

Fondé sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique et dans quelques autres pays

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)		Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
	Puissance du réseau		
	≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4,40	60	75	19
13,20 13,97 14,52 } 26,4 36,5	95	110	34
	150		50
	200		70

TABLEAU IIC

Niveaux d'isolement assignés pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de manœuvre (valeur de crête)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)
kV	kV	kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
	950	1 175
420	1 050	1 300
	1 050	1 425
	1 050	1 425
525	1 175	1 550
	1 300	1 800
765	1 425	2 100
	1 550	2 400

Note. – La tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'étant pas encore définitivement fixée, des permutations peuvent devenir nécessaires dans les niveaux d'essais au choc de manœuvre et au choc de foudre.

TABLE IIB

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment less than 52 kV

Based on practice in the United States of America and some other countries

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)		Rated power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
	Power system		
	≤ 500 kVA	> 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4.40	60	75	19
13.20	95	110	34
13.97			
14.52			
26.4	150		50
36.5	200		70

TABLE IIC

Rated insulation levels for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated switching-impulse withstand voltage (peak)	Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)
kV	kV	kV
300	750	950
	850	1 050
362	850	1 050
	950	1 175
420	950	1 175
	1 050	1 300
	1 050	1 425
525	1 050	1 425
	1 175	1 550
765	1 300	1 800
	1 425	2 100
	1 550	2 400

Note. — As the test voltage for $U_m = 765$ kV has not as yet been finally settled, some interchange between switching and lightning impulse test levels may become necessary.

TABLEAU IID

Méthode I: tensions de tenue à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 800	790
2 100	880
2 400	975

TABLEAU IIE

Méthode II: tensions d'essai à fréquence industrielle pour les enroulements primaires de transformateurs dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure ou égale à 300 kV

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de précontrainte à fréquence industrielle 10 s (valeur efficace)	Tension d'essai de décharges partielles 5 min (valeur efficace)
kV	kV	kV
300	395	225
362	460	270
420	510	315
525	630	395
765	790/880*	575

* A déterminer en fonction de la tension assignée de tenue au choc de foudre (voir tableau IID).

Note. – Les valeurs de tensions indiquées doivent être considérées comme provisoires et pourront être modifiées à la lumière de l'expérience et de la révision de la Publication 44-4 de la CEI: Transformateurs de mesure, Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.

D'autres niveaux de tension peuvent être utilisés à cause des conditions des réseaux et doivent être subordonnés à un accord spécial entre le constructeur et l'acheteur.

TABLE IID

Method I: Power-frequency withstand voltages for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Rated lightning-impulse withstand voltage (peak)	Power-frequency short-duration withstand voltage (r.m.s.)
kV	kV
950	395
1 050	460
1 175	510
1 300	570
1 425	630
1 550	680
1 800	790
2 100	880
2 400	975

TABLE IIE

Method II: Power-frequency test voltages for transformer primary windings having highest voltage for equipment greater than or equal to 300 kV

Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Power-frequency prestress voltage 10 s (r.m.s.)	Partial discharge test voltage 5 min (r.m.s.)
kV	kV	kV
300	395	225
362	460	270
420	510	315
525	630	395
765	790/880*	575

*To be determined by the rated lightning-impulse withstand voltage (see Table IID).

Note. – The specified values of the voltages are provisional and may be changed in the light of experience and of revision of IEC Publication 44-4: Instrument Transformers, Part 4: Measurement of Partial Discharges.

Other voltage levels may be used due to network conditions and require special agreement between manufacturer and purchaser.

10.2.2 *Décharges partielles*

Les prescriptions relatives à la mesure des décharges partielles et l'amplitude limite de ces décharges sont indiquées dans la Publication 44-4 de la CEI qui s'applique à tous les transformateurs de courant, à l'exception des transformateurs dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV et dont les spécifications comportent le choix de la méthode II (voir paragraphe 17.3).

10.2.3 *Choc de foudre coupé*

Si cette prescription supplémentaire est spécifiée, les enroulements primaires doivent également être capables de résister à des tensions au choc de foudre coupé dont la valeur de crête est la même que pour les tensions au choc de foudre plein.

10.2.4 *Mesure du facteur de dissipation diélectrique*

Si cette prescription supplémentaire est spécifiée, le facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) doit être mesuré. La mesure n'est applicable qu'aux transformateurs immergés dans un liquide diélectrique et dont la tension la plus élevée pour le matériel, U_m , de l'enroulement primaire est supérieure ou égale à 72,5 kV. La valeur limite du facteur de dissipation diélectrique, mesuré à une tension ne dépassant pas $U_m/\sqrt{3}$, doit aussi faire l'objet d'une spécification supplémentaire.

Notes 1. – Le facteur de dissipation diélectrique dépend à la fois de la tension et de la température.

2. – Des mesures du facteur de dissipation diélectrique à faible tension (par exemple de 2,5 kV à 10 kV) peuvent être utilisées comme valeurs de référence pour diagnostiquer si l'isolation se dégrade en service.

10.3 *Spécifications d'isolement entre sections*

Pour les enroulements primaires et secondaires divisés en deux sections ou plus, l'isolement entre sections doit être capable de résister à une tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

10.4 *Spécifications d'isolement pour les enroulements secondaires*

L'isolement des enroulements secondaires doit être capable de résister à une tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

10.5 *Spécifications d'isolement entre spires*

L'isolement entre spires des enroulements doit être capable de résister pendant 1 min à une surtension entre spires de 4,5 kV crête entre les extrémités de l'ensemble de l'enroulement secondaire.

Pour certains types de transformateurs, des valeurs plus faibles peuvent être acceptées, conformément à la procédure d'essai de l'article 19.

10.6 *Ligne de fuite*

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

10.2.2 *Partial discharges*

The permissible magnitude of partial discharges and the requirements for their measurement are given in IEC Publication 44-4 which is applicable to all current transformers except transformers having $U_m \geq 300$ kV specified in accordance with Method II (see Sub-clause 17.3).

10.2.3 *Chopped lightning impulse*

If additionally specified, the primary windings shall also be capable of withstanding chopped lightning-impulse voltages having the same peak value as the full lightning-impulse voltages.

10.2.4 *Measurement of dielectric dissipation factor*

If additionally specified, the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be measured. The measurement is applicable only to transformers with liquid-immersed primary winding insulation having $U_m \geq 72.5$ kV. The permissible value of the dielectric dissipation factor measured at a voltage not exceeding $U_m/\sqrt{3}$ shall also be subjected to additional specification.

Notes 1. – The dielectric dissipation factor is dependent on both voltage and temperature.

2. – Measurements of the dielectric dissipation factor at low voltage (e.g. 2.5 kV to 10 kV) may be used as a reference value when determining whether the insulation is deteriorating in service.

10.3 *Between-section insulation requirements*

For primary and secondary windings divided into two or more sections, the between-section insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV (r.m.s.) for 1 min.

10.4 *Insulation requirements for secondary windings*

The secondary winding insulation shall be capable of withstanding a rated power-frequency short-duration withstand voltage of 3 kV (r.m.s.) for 1 min.

10.5 *Interturn insulation requirements*

The interturn insulation of the windings shall be capable of withstanding for 1 min an interturn overvoltage of 4.5 kV peak across the complete secondary winding.

For some types of transformers, lower values can be accepted in accordance with the test procedure given in Clause 19.

10.6 *Creepage distance*

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

TABLEAU III

Niveau de pollution	Ligne de fuite nominale spécifique minimale entre phase et terre (mm/kV entre phases)
I Faible	16
II Moyen	20
III Fort	25
IV Très fort	31

Notes 1. – La définition des différentes classes de pollution est encore à l'étude.

Il est reconnu que la performance de l'isolation superficielle est largement affectée par la forme de l'isolateur.

2. – Les essais de pollution artificielle, décrits dans la Publication 507 (rapport) de la CEI: Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif, ne sont pas inclus dans la présente norme. Une expérience complémentaire est encore nécessaire avant qu'une prescription pour ces essais, fondée sur ce rapport, puisse être publiée.

10.7 Altitude

La décharge disruptive d'une isolation externe dépend des conditions atmosphériques qui sont prédominantes. Pour s'assurer que les tensions de tenue de l'isolation externe d'un transformateur de courant destiné à fonctionner à des altitudes dépassant 1 000 m au-dessus du niveau de la mer sont suffisantes, il faut normalement augmenter la distance d'amorçage.

A titre d'indication générale, la tension assignée de tenue sur laquelle est fondée la distance d'amorçage devrait être accrue de 1 % par 100 m au-delà de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

SECTION TROIS - ESSAIS - GÉNÉRALITÉS

11. Classification des essais

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

Essai de type

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

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

Essai individuel

Essai auquel est soumis individuellement chaque transformateur.

Essai spécial

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

TABLE III

Pollution level	Minimum nominal specific creepage distance between phase and earth (mm/phase-to-phase kV)
I Light	16
II Medium	20
III Heavy	25
IV Very heavy	31

Notes 1. – The definition of the various pollution classes is still under consideration.

It is recognized that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape.

2. – Artificial pollution tests, described in IEC Publication 507 (Report): Artificial Pollution Tests on High-voltage Insulators to be Used on A.C. Systems, are not included in this standard. More experience is needed before a test requirement based on this report can be issued.

10.7 Altitude

The disruptive discharge of external insulation depends on the prevailing atmospheric conditions. In order to ensure that the withstand voltages of the external insulation of a current transformer intended for operation at altitudes exceeding 1 000 m above sea level are sufficient, the arcing distance normally has to be increased.

For general guidance, the rated withstand voltage on which the arcing distance is based should be increased by 1% for each 100 m in excess of 1 000 m above sea level.

SECTION THREE – TESTS – GENERAL

11. Classification of tests

The tests specified in this standard are classified as type tests, routine tests and special tests.

Type test

A test made on a transformer of each type to demonstrate that all transformers made to the same specification comply with the requirements not covered by routine tests.

Note. – A type test may also be considered valid if it is made on a transformer which has minor deviations. Such deviations should be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

Routine test

A test to which each individual transformer is subjected.

Special test

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

11.1 *Essais de type*

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

- a) Essai(s) de tenue aux courants de court-circuit (article 12).
- b) Essai d'échauffement (article 13).
- c) Essai au choc de foudre (article 14).
- d) Essai au choc de manœuvre (article 14).
- e) Essais sous pluie pour les transformateurs du type extérieur (article 15).
- f) Détermination des erreurs (articles 29, 31 et 39).

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

Après que les transformateurs ont été soumis aux essais diélectriques de type du paragraphe 11.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels du paragraphe 11.2.

11.2 *Essais individuels*

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

- a) Vérification du marquage des bornes (article 16).
- b) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (article 18).
- c) Essai de tenue à fréquence industrielle entre sections (article 18).
- d) Essai de surtension entre spires (article 19).
- e) Essai de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements primaires (article 17).
- f) Mesure des décharges partielles (article 17).
- g) Détermination des erreurs (articles 30 et 40).

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

La répétition éventuelle d'essais à fréquence industrielle sur les enroulements primaires est effectuée à 80% de la tension d'essai spécifiée, sauf lorsque la méthode II a été adoptée.

11.3 *Essais spéciaux*

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

- a) Essai de choc de foudre coupé (article 20).
- b) Mesure du facteur de dissipation diélectrique (article 21).

SECTION QUATRE - ESSAIS DE TYPE

12. *Essais de tenue aux courants de court-circuit*

Avant chaque essai au courant I_{th} de court-circuit thermique, le transformateur doit avoir une température comprise entre 17 °C et 27 °C.

11.1 *Type tests*

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

- a) Short-time current test(s) (Clause 12).
- b) Temperature-rise test (Clause 13).
- c) Lightning-impulse test (Clause 14).
- d) Switching-impulse test (Clause 14).
- e) Wet tests for outdoor type transformers (Clause 15).
- f) Determination of errors (Clauses 29, 31 and 39).

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

After transformers have been subjected to the dielectric type tests of Sub-clause 11.1, they shall be subjected to all the routine tests of Sub-clause 11.2.

11.2 *Routine tests*

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

- a) Verification of terminal marking (Clause 16).
- b) Power-frequency withstand test on secondary windings (Clause 18).
- c) Power-frequency withstand test between sections (Clause 18).
- d) Interturn overvoltage test (Clause 19).
- e) Power-frequency withstand test on primary winding (Clause 17).
- f) Partial discharge measurement (Clause 17).
- g) Determination of errors (Clauses 30 and 40).

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

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

11.3 *Special tests*

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

- a) Chopped lightning-impulse test (Clause 20).
- b) Measurement of the dielectric dissipation factor (Clause 21).

SECTION FOUR – TYPE TESTS

12. **Short-time current tests**

For the thermal short-time current I_{th} test, the transformer shall initially be at a temperature between 17 °C and 27 °C.

L'essai thermique doit être effectué avec le (les) circuit(s) secondaire(s) en court-circuit et en faisant passer dans l'enroulement primaire un courant de valeur efficace I pendant un temps t , tel que la grandeur (I^2t) soit au moins égale à $(I_{th})^2$ et que la valeur de t soit comprise entre 0,5 s et 5 s.

L'essai dynamique doit être effectué aussi avec le (les) circuit(s) secondaire(s) en court-circuit avec un courant tel que la valeur de la première crête soit au moins égale au courant dynamique assigné I_{dyn} , et en faisant passer ce courant pendant un temps suffisant pour obtenir (ou dépasser) la première crête.

L'essai dynamique peut être combiné avec l'essai thermique pour autant que la première crête du courant ne soit pas inférieure au courant dynamique assigné (I_{dyn}).

On considère que le transformateur a subi ces essais avec succès si, après avoir été ramené à la température de l'air ambiant (comprise entre 10 °C et 30 °C), il satisfait aux conditions suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de manière apparente;
- b) ses erreurs après désaimantation ne diffèrent pas de celles relevées avant l'essai de plus de 50% des limites correspondant à sa classe de précision;
- c) il est capable de supporter les essais diélectriques prescrits dans les articles 17, 18 et 19 sous des tensions ou des courants d'essai égaux à 90% de ceux qui sont indiqués;
- d) un examen de l'isolation jusqu'à la surface du conducteur ne doit révéler aucune détérioration sensible (par exemple une carbonisation).

Ce dernier examen n'est pas exigé si la densité du courant pour le courant assigné thermique (I_{th}) ne dépasse pas 160 A/mm², l'enroulement étant en cuivre de conductivité au moins égale à 97% de la valeur indiquée dans la Publication 28 de la CEI: Spécification internationale d'un cuivre type recuit.

Note. — L'expérience a montré qu'en service les prescriptions concernant le courant thermique sont généralement satisfaites pour une isolation de classe A, si la densité du courant dans l'enroulement primaire correspondant au courant thermique nominal ne dépasse pas 180 A/mm², l'enroulement étant en cuivre de conductivité au moins égale à 97% de la valeur indiquée dans la Publication 28 de la CEI. En conséquence, la vérification que cette condition est satisfaite peut remplacer l'essai précédent, s'il en est ainsi convenu entre le constructeur et l'acheteur.

13. Essai d'échauffement

Un essai doit être fait pour vérifier la conformité aux prescriptions de l'article 9. On admet, dans cet essai, que le transformateur a atteint sa température de régime lorsque la température mesurée n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K par heure.

La température de l'air ambiant pendant l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Pour cet essai, les transformateurs doivent être montés d'une manière analogue au montage en service.

L'échauffement des enroulements doit être mesuré par variation de résistance, exception faite des enroulements de faible résistance pour lesquels un couple thermoélectrique peut être utilisé.

L'échauffement des éléments autres que les enroulements est mesuré à l'aide de thermomètres ou de couples thermoélectriques.

14. Essais au choc de l'enroulement primaire

14.1 Généralités

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

La tension d'essai est appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire (reliées entre elles) et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes d'enroulement(s) secondaire(s) sont reliés à la terre.

This test shall be made with the secondary winding(s) short-circuited and at a current I for a time t , such that $(I^2 t)$ is not less than $(I_{th})^2$ and provided t has a value between 0.5 s and 5 s.

The dynamic test shall be made with the secondary winding(s) short-circuited and with a primary current the peak value of which is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}) for at least one peak.

The dynamic test may be combined with the thermal test above provided the first major peak current of that test is not less than the rated dynamic current (I_{dyn}).

The transformer shall be deemed to have passed these tests if, after cooling to ambient temperature (between 10 °C and 30 °C), it satisfies the following requirements:

- a) it is not visibly damaged;
- b) its errors after demagnetization do not differ from those recorded before the tests by more than half the limits of error appropriate to its accuracy class;
- c) it withstands the dielectric tests specified in Clauses 17, 18 and 19 but with the test voltages or currents reduced to 90% of those given;
- d) on examination, the insulation next to the surface of the conductor does not show significant deterioration (e.g. carbonization).

The examination *d)* is not required if the current density in the primary winding, corresponding to the rated short-time thermal current, does not exceed 160 A/mm² where the winding is of copper of conductivity not less than 97% of the value given in IEC Publication 28: International Standard of Resistance for Copper.

Note. – Experience has shown that in service the requirements for thermal rating are generally fulfilled in the case of Class A insulation provided that the current density in the primary winding, corresponding to the rated short-time current, does not exceed 180 A/mm², where the winding is of copper of conductivity not less than 97% of the value given in IEC Publication 28. Consequently, compliance with this requirement may take the place of tests, if agreed between manufacturer and purchaser.

13. Temperature-rise test

A test shall be made to prove compliance with the requirements of Clause 9. For the purpose of this test, current transformers shall be deemed to have attained a steady temperature when the rate of temperature rise does not exceed 1 K per hour.

The test-site ambient temperature shall be between 10 °C and 30 °C.

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

The temperature rise of windings shall, when practicable, be measured by the increase in resistance method, but for windings of very low resistance thermocouples may be employed.

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

14. Impulse tests on primary windings

14.1 General

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

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

Les essais au choc consistent généralement à appliquer la tension successivement au niveau de tension de référence, puis au niveau assigné. Les tensions de choc de référence sont comprises entre 50% et 75% de la tension assignée de tenue au choc. La valeur de crête et la forme d'onde des tensions de choc sont enregistrées.

Un claquage de l'isolation au cours de l'essai peut être mis en évidence par la variation de la forme d'onde de la tension entre la tension de référence et la tension assignée de tenue.

On peut améliorer la détection des défauts en complétant les enregistrements de tension par des enregistrements du (ou des) courant(s) de terre.

14.2 Essai au choc de foudre

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans les tableaux IIA, IIB, IIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

14.2.1 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

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

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

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

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

14.2.2 Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV

L'essai est exécuté en polarité positive et en polarité négative. Trois chocs consécutifs de chaque polarité sont appliqués, sans correction pour conditions atmosphériques.

Le transformateur a satisfait à l'essai si:

- aucune décharge disruptive ne se produit,
- aucune autre manifestation d'un défaut de l'isolation n'a été détectée (par exemple variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées).

14.3 Essai au choc de manœuvre

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIC, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

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

Sur les transformateurs de type extérieur, l'essai est effectué sous pluie. L'essai à sec n'est pas exigé.

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

Evidence of insulation failure due to the test may be given by variation in the waveshape at both reference and rated withstand voltage.

Improvements in failure detection may be obtained by the recording of earth current(s), as a complement to the voltage records.

14.2 *Lightning-impulse test*

The test voltages shall have the appropriate values given in Tables IIA, IIB and IIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

14.2.1 *Windings having $U_m < 300 \text{ kV}$*

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The transformer passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-self-restoring external insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities).

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

14.2.2 *Windings having $U_m \geq 300 \text{ kV}$*

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Three consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The transformer passes the test if:

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

14.3 *Switching-impulse test*

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIC, depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

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

Outdoor-type transformers shall be subjected to wet test. Dry test is not required.

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

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

15. Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur

Afin de vérifier les performances de l'isolation externe, les transformateurs de type extérieur sont soumis aux essais sous pluie.

Les modalités des essais sous pluie sont conformes au paragraphe 8.1 de la Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.

15.1 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

L'essai est effectué conformément au paragraphe 17.2 avec une tension à fréquence industrielle corrigée en fonction des conditions atmosphériques.

15.2 Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV

L'essai est constitué par l'essai au choc de manœuvre conformément au paragraphe 14.3.

SECTION CINQ - ESSAIS INDIVIDUELS

16. Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct (voir article 22).

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

17.1 Généralités

Les essais à fréquence industrielle sont effectués conformément à la Publication 60 de la CEI.

La tension d'essai est appliquée entre les bornes de l'enroulement primaire (reliées entre elles) et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre) et toutes les bornes d'enroulement(s) secondaire(s) sont reliés à la terre.

La mesure des décharges partielles est effectuée conformément à la Publication 44-4 de la CEI.

L'amplitude minimale mesurable compte tenu des parasites ou de la sensibilité de mesure du circuit adopté doit en général être inférieure à la moitié de l'amplitude limite spécifiée.

17.2 Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV

Les tensions d'essai pour les enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV ont les valeurs appropriées indiquées dans les tableaux IIA ou IIB, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. L'essai est effectué pendant 1 min conformément au paragraphe 17.1.

The transformer passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashover occurs along the non-self restoring external insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (i.e. variations in the waveshape of the recorded quantities).

15. Wet test for outdoor type transformers

In order to verify the performance of the external insulation, outdoor type transformers shall be subjected to wet tests.

The wetting procedure shall be in accordance with Sub-clause 8.1 of IEC Publication 60-1, High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.

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

The test shall be performed in accordance with Sub-clause 17.2, with power-frequency voltage corrected for atmospheric conditions.

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

The test shall be performed with switching impulse voltage in accordance with Sub-clause 14.3.

SECTION FIVE - ROUTINE TESTS

16. Verification of terminal markings

It shall be verified that the terminal markings are correct (see Clause 22).

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

17.1 General

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

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

The measurement of partial discharges shall be performed in accordance with IEC Publication 44-4.

The minimum measurable magnitude due to disturbances or the measuring sensitivity of the adopted circuit shall in general be lower than half the permissible magnitude specified.

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

The test voltages for windings having $U_m < 300 \text{ kV}$ shall have the appropriate values given in Tables IIA and IIB, depending on the highest voltage for equipment. The test shall be performed for 1 min in accordance with Sub-clause 17.1.

17.3 Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV

L'essai à fréquence industrielle pour les enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV est effectué conformément à l'une des méthodes désignées par méthode I ou méthode II dans les paragraphes ci-dessous.

Sauf spécification contraire, la méthode I doit être adoptée.

L'adoption de la méthode II est subordonnée à un accord entre constructeur et acheteur.

17.3.1 Méthode I

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IID, en fonction de la tension assignée de tenue au choc de foudre. L'essai est effectué pendant 1 min conformément au paragraphe 17.1.

17.3.2 Méthode II

Les tensions d'essais ont les valeurs appropriées indiquées dans le tableau IIE, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel. Les modalités d'essai de la méthode II consistent en l'application d'une tension de précontrainte à fréquence industrielle, d'une courte durée de 10 s. Cette tension de précontrainte est alors réduite, sans interruption, à la tension d'essai de décharges partielles, et maintenue à ce niveau pendant 5 min.

L'amplitude limite des décharges partielles mesurées pendant la dernière minute à la tension spécifiée d'essai de décharges partielles doit être de 10 pC.

18. Essais à fréquence industrielle entre sections des enroulements primaires et secondaires et sur les enroulements secondaires

Les tensions d'essai ont les valeurs appropriées respectivement indiquées aux paragraphes 10.3 et 10.4. La tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre les bornes de chaque enroulement secondaire ou section d'enroulement et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le circuit magnétique (s'il est prévu de le mettre à la terre), et les bornes de tous les autres enroulements ou sections d'enroulements sont reliés ensemble et à la terre.

19. Essai de surtension entre spires

L'essai de surtension entre spires destiné à satisfaire aux spécifications du paragraphe 10.5 est exécuté conformément à l'une des modalités d'essais indiquées ci-dessous.

Modalité A

L'enroulement secondaire en essai étant ouvert (ou étant relié à un dispositif à haute impédance qui mesure la tension de crête), un courant alternatif pratiquement sinusoïdal de fréquence comprise entre 40 Hz et 62 Hz (conformément à la Publication 60 de la CEI) et de valeur efficace égale ou inférieure au courant primaire assigné (ou courant étendu assigné s'il y a lieu) doit être appliqué pendant 1 min à l'enroulement primaire, de façon à induire dans l'enroulement secondaire complet une tension dont la valeur de crête est égale à la valeur spécifiée pour l'essai.

Modalité B

L'enroulement primaire étant ouvert, la tension spécifiée pour l'essai (à une fréquence appropriée) doit être appliquée pendant 1 min à l'enroulement secondaire complet: la valeur efficace du courant secondaire ne doit pas dépasser le courant secondaire assigné (le courant étendu assigné s'il y a lieu).

La valeur de la fréquence d'essai ne doit pas dépasser cinq fois la fréquence assignée; à cette valeur de fréquence, la valeur de la tension d'essai peut être égale à la valeur obtenue pour le courant secondaire assigné (pour le courant étendu assigné s'il y a lieu).

17.3 Windings having $U_m \geq 300$ kV

The power frequency test for windings having $U_m \geq 300$ kV shall be carried out in accordance with one of the methods indicated as Method I and Method II in the following sub-clauses.

Method I should be used unless otherwise specified.

The use of Method II shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

17.3.1 Method I

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IID, depending on the rated lightning-impulse withstand voltage. The test shall be performed for 1 min in accordance with Sub-clause 17.1.

17.3.2 Method II

The test voltages shall have the appropriate values given in Table IIE, depending on the highest voltage for equipment. The Method II test procedure shall consist of a short-time application for 10 s at the power-frequency prestress voltage. This prestress voltage is then reduced to the partial discharge test voltage without interruption and maintained at this level for 5 min.

The maximum permissible partial discharge magnitude measured during the final minute at the specified partial discharge test voltage shall be 10 pC.

18. Power-frequency tests between sections of primary and secondary windings and on secondary windings

The test voltage shall have the appropriate values given in Sub-clauses 10.3 and 10.4. The test voltage shall be applied for 1 min in turn between the terminals of each secondary winding or section of winding and earth. The frame, case (if any), core (if intended to be earthed) and the terminals of all other windings or sections shall be connected together and to earth.

19. Test of interturn insulation

The interturn overvoltage test to meet the requirements of Sub-clause 10.5 shall be performed in accordance with one of the test procedures given below.

Procedure A

With the secondary winding open-circuited (or connected to a high impedance device which reads peak voltage), a substantially sinusoidal alternating current at a frequency between 40 Hz and 62 Hz (in accordance with IEC Publication 60) and of r.m.s. value less than or equal to the rated primary current (or rated extended current when applicable) shall be applied for 1 min to the primary winding, sufficient to produce a voltage at the secondary terminals having a peak value equal to the prescribed test voltage.

Procedure B

With the primary winding open-circuited, the prescribed test voltage (at some suitable frequency) shall be applied for 1 min to the secondary terminals providing that the r.m.s. value of the secondary current does not exceed the rated secondary current (or rated extended current when applicable).

The value of the test frequency shall be not greater than five times the rated frequency; at this frequency value, the prescribed test voltage may be the value obtained at the rated secondary current (extended range current when applicable).

SECTION SIX - ESSAIS SPÉCIAUX

20. Essai au choc de foudre coupé sur les enroulements primaires

L'essai n'est effectué qu'en polarité négative et est combiné avec l'essai au choc de foudre plein de polarité négative, de la façon décrite ci-dessous.

La tension de choc de foudre normalisée est coupée après 2 à 5 μ s. Le circuit de coupure est tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée de l'onde enregistrée soit limitée à environ 30% de l'onde coupée. La séquence d'application des chocs est la suivante:

- a) Enroulements dont U_m est inférieure à 300 kV
 - une onde pleine 100%
 - deux ondes coupées 100%
 - quatorze ondes pleines 100%
- b) Enroulements dont U_m est supérieure ou égale à 300 kV
 - une onde pleine 100%
 - deux ondes coupées 100%
 - deux ondes pleines 100%

Des différences dans les formes des ondes pleines des chocs appliqués avant et après les chocs coupés indiquent un défaut interne.

Il n'y a pas à tenir compte de contournements le long d'une isolation externe autorégénératrice pendant les chocs coupés, dans l'évaluation du comportement de l'isolation externe.

21. Mesure du facteur de dissipation diélectrique

La mesure du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) est faite après l'essai à fréquence industrielle des enroulements primaires. La température ambiante et la température du matériel en essai doivent être comprises entre 10 °C et 30 °C.

La mesure du facteur de dissipation diélectrique est faite au moyen d'un pont de Schering ou par une autre méthode équivalente.

La tension d'essai est appliquée aux bornes de l'enroulement primaire court-circuité. Généralement l'enroulement (ou les enroulements) secondaire(s) court-circuité(s), les écrans éventuels et le châssis métallique isolé sont reliés au pont de mesure. Si le transformateur est équipé d'un dispositif spécial (borne) approprié à cette mesure, les autres bornes sont court-circuitées et reliées au châssis métallique mis à la terre ou protégé par écran.

SECTION SEPT - MARQUAGE

22. Marquage des bornes - Règles générales

Les marquages des bornes permettent d'identifier:

- a) les enroulements primaire et secondaire;
- b) les sections de chaque enroulement, lorsqu'il est divisé en sections;
- c) les polarités relatives des enroulements et des sections d'enroulements;
- d) les sorties intermédiaires, s'il en existe.

SECTION SIX - SPECIAL TESTS

20. Chopped lightning-impulse test on primary windings

The test shall be carried out with negative polarity only and combined with the negative polarity full lightning-impulse test in the manner described below.

The standard lightning impulse shall be chopped after 2 to 5 μ s. The chopping circuit shall be so arranged that the amount of overswing to opposite polarity of the recorded impulse shall be limited to approximately 30% of the chopped impulse. The sequence of the impulse applications shall be as follows:

- a) Windings having $U_m < 300$ kV
 - one 100% full impulse
 - two 100% chopped impulses
 - fourteen 100% full impulses
- b) Windings having $U_m \geq 300$ kV
 - one 100% full impulse
 - two 100% chopped impulses
 - two 100% full impulses

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

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

21. Measurement of dielectric dissipation factor

The measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) shall be made after the power-frequency test on the primary windings. The ambient temperature and the temperature of the equipment under test shall be between 10 °C and 30 °C.

The measurement of the dielectric dissipation factor shall be made by means of a Schering Bridge or other equivalent method.

The test voltage shall be applied to the short-circuited primary winding terminals. Generally the short-circuited secondary winding(s), any screen and the isolated metal casing shall be connected to the measuring bridge. If the transformer has a special device (terminal) suitable for the measurement, the other terminals shall be short-circuited and connected to the earthed or the screened metal casing.

SECTION SEVEN - MARKING

22. Terminal markings - General rules

The terminal markings shall identify:

- a) the primary and secondary windings;
- b) the winding sections, if any;
- c) the relative polarities of windings and winding sections;
- d) the intermediate tapings, if any.

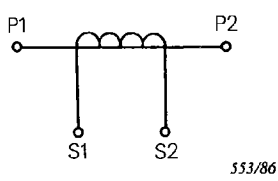
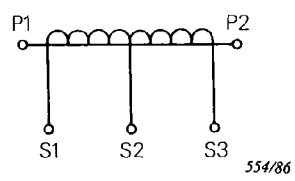
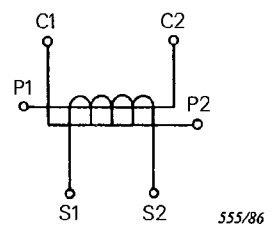
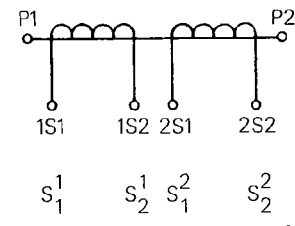
22.1 Mode de marquage

Les bornes doivent être marquées d'une façon claire et indélébile, sur leur surface ou dans leur voisinage immédiat.

Les marques doivent être formées de lettres majuscules suivies ou, si nécessaire, précédées de chiffres.

22.2 Marques à employer

Les marques des bornes des transformateurs de courant sont indiquées dans le tableau suivant:

Bornes du primaire		
Bornes du secondaire	FIG. 1. - Transformateur à un seul rapport de transformation. 553/86	FIG. 2. - Transformateur avec une sortie intermédiaire au secondaire. 554/86
Bornes du primaire		
Bornes du secondaire	FIG. 3. - Transformateur à 2 sections dans l'enroulement primaire, pour montage série-parallèle. 555/86	FIG. 4. - Transformateurs à 2 enroulements secondaires; chacun sur un noyau magnétique propre. (Deux variantes pour les bornes secondaires.) 556/86

22.3 Indications relatives à la polarité des bornes

Les bornes marquées P 1, S 1, C 1 doivent avoir, à tout instant, la même polarité.

23. Marquage des plaques signalétiques

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

- le nom du constructeur ou une indication permettant de l'identifier facilement;
- le numéro de série ou l'indication du type ou de préférence les deux;
- le rapport de transformation assigné, sous la forme:

$$K_n = I_{pn} / I_{sn} \text{ A (exemple: } K_n = 100/5 \text{ A);}$$

- la fréquence assignée (exemple: 50 Hz);
- la puissance de précision et la classe de précision correspondante, éventuellement combinées avec des informations complémentaires (voir article 32);

Note. - Le cas échéant, l'ordre du circuit secondaire sera indiqué (exemple: 1 S, 15 VA, Classe 0,5; 2 S, 30 VA, Classe 1).

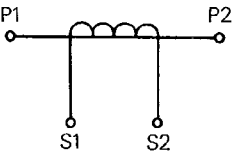
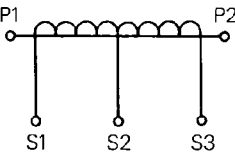
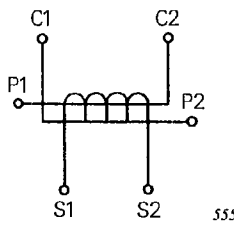
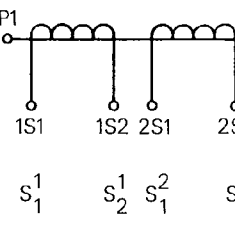
22.1 Method of marking

The terminals shall be marked clearly and indelibly either on their surface or in their immediate vicinity.

The marking shall consist of letters followed, or preceded where necessary, by numbers. The letters shall be in block capitals.

22.2 Markings to be used

The markings of current transformer terminals shall be as indicated in the following table:

Primary terminals		
Secondary terminals	S1 S2 553/86	S1 S2 S3 554/86
	FIG. 1. - Single ratio transformer.	FIG. 2. - Transformer with an intermediate tapping on secondary winding.
Primary terminals		
Secondary terminals	S1 S2 555/86	S ₁ ¹ S ₂ ¹ S ₁ ² S ₂ ² 556/86
	FIG. 3. - Transformer with primary winding in 2 sections intended for connections either in series or in parallel.	FIG. 4. - Transformer with 2 secondary windings; each with its own magnetic core. (Two alternative markings for the secondary terminals.)

22.3 Indication of relative polarities

All the terminals marked P 1, S 1 and C 1 shall have the same polarity at the same instant.

23. Rating plate markings

All current transformers shall carry at least the following markings:

- the manufacturer's name or other mark by which he may be readily identified;
- a serial number or a type designation, preferably both;
- the rated primary and secondary current, i.e.:

$$K_n = I_{pn}/I_{sn} \text{ A (e.g. } K_n = 100/5 \text{ A);}$$

- the rated frequency (e.g. 50 Hz);
- the rated output and the corresponding accuracy class, together with additional information specified in later parts of these recommendations (see Clause 32);

Note. - Where appropriate the category of secondary winding should be marked (e.g. 1 S, 15 VA, Class 0.5; 2 S, 30 VA, Class 1).

- f)* la tension la plus élevée pour le matériel (exemple: 1,2 kV ou 145 kV);
- g)* le niveau d'isolement assigné (exemple: 6/— kV* ou 275/650 kV).

Notes 1. — Les indications des points *f)* et *g)* peuvent être combinées en une seule (on écrira par exemple: 1,2/6/— kV* ou 145/275/650 kV).

*2. — Un tiret indique l'absence de tension d'essai aux ondes de choc.

Les indications doivent être marquées de façon indélébile sur le transformateur de courant lui-même ou sur une plaque fixée rigidement sur le transformateur.

De plus, les indications suivantes seront marquées sur la plaque signalétique, si l'on dispose d'assez de place:

- h)* le courant de court-circuit thermique assigné (I_{th}) et le courant dynamique correspondant, si celui-ci diffère de $2,5 I_{th}$ (par exemple: 13 kA ou 13/40 kA);
- i)* la classe d'isolation si elle est autre que la classe A;

Note. — Si on utilise des isolants de plusieurs classes, on indiquera celui qui limite l'échauffement.

- k)* pour les transformateurs à deux enroulements secondaires, l'utilisation de chacun de ces enroulements et des bornes correspondantes.

- f)* the highest voltage for equipment (e.g. 1.2 kV or 145 kV);
- g)* the rated insulation level (e.g. 6/—kV* or 275/650 kV).

Notes 1. — The two Items *f)* and *g)* may be combined into one marking (e.g. 1.2/6/—kV* or 145/275/650 kV).

*2. — A dash indicates absence of an impulse voltage level.

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

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

- h)* the rated short-time thermal current (I_{th}) and the rated dynamic current if it differs from 2.5 times the rated short-time thermal current (e.g. 13 kA or 13/40 kA);
- i)* the class of insulation, if different from class A;
Note. — If several classes of insulating material are used, the one which limits the temperature rise of the windings should be indicated.
- k)* on transformers with two secondary windings, the use of each winding and its corresponding terminals.

CHAPITRE II: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR MESURES

SECTION HUIT - GÉNÉRALITÉS

24. Domaine d'application

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

25. Définitions

25.1 Transformateur de courant pour mesures

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

25.2 Erreur composée

En régime permanent, la valeur efficace de la différence entre:

- a) les valeurs instantanées du courant primaire, et
- b) le produit du rapport de transformation assigné par les valeurs instantanées du courant secondaire,

les sens positifs des courants primaire et secondaire correspondant aux conventions admises pour le marquage des bornes.

L'erreur composée ε_c est exprimée en général en pour-cent de la valeur efficace du courant primaire selon la formule:

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

où:

K_n = rapport de transformation assigné

I_p = valeur efficace du courant primaire

i_p = valeur instantanée du courant primaire

i_s = valeur instantanée du courant secondaire

T = valeur de la période des courants

25.3 Courant limite assigné (pour les appareils de mesure) (IPL)

Valeur du courant primaire minimal pour lequel l'erreur composée du transformateur de courant pour mesures est égale ou supérieure à 10%, la charge secondaire étant égale à la charge de précision.

Note. - L'erreur composée devra être plus grande que 10% pour protéger les appareils de mesure alimentés par le transformateur contre les courants de valeurs élevées apparaissant en cas de court-circuit dans le réseau.

25.4 Facteur de sécurité (pour les appareils de mesure) (FS)

Rapport entre le courant limite primaire assigné pour l'appareil et le courant primaire assigné.

Note. - La sécurité des appareils alimentés par le transformateur est d'autant plus grande, en cas de court-circuit dans le réseau où est intercalé l'enroulement primaire, que le facteur de sécurité (FS) est plus petit.

CHAPTER II: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR MEASURING CURRENT TRANSFORMERS

SECTION EIGHT - GENERAL

24. Scope

Chapter II covers the requirements and tests, in addition to those in Chapter I, that are necessary for current transformers for use with electrical measuring instruments.

25. Definitions

25.1 *Measuring current transformer*

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

25.2 *Composite error*

Under steady-state conditions, the r.m.s. value of the difference between:

- a) the instantaneous values of the primary current, and
- b) the instantaneous values of the actual secondary current multiplied by the rated transformation ratio,

the positive signs of the primary and secondary currents corresponding to the convention for terminal markings.

The composite error ε_c is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the formula:

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

where:

K_n = rated transformation ratio

I_p = r.m.s. value of the primary current

i_p = instantaneous value of the primary current

i_s = instantaneous value of the secondary current

T = duration of one cycle

25.3 *Rated instrument limit primary current (IPL)*

The value of the minimum primary current at which the composite error of the measuring current transformer is equal to or greater than 10%, the secondary burden being equal to the rated burden.

Note. – The composite error should be greater than 10%, in order to protect the apparatus supplied by the instrument transformer against the high currents produced in the event of system fault.

25.4 *Instrument security factor (FS)*

The ratio of rated instrument limit primary current to the rated primary current.

Note. – In the event of system fault currents flowing through the primary winding of a current transformer, the safety of the apparatus supplied by the transformer is greatest when the value of the rated instrument security factor (FS) is small.

25.5 Force électromotrice limite secondaire

Produit du facteur de sécurité FS par le courant secondaire assigné et par la somme vectorielle de la charge de précision et de l'impédance de l'enroulement secondaire.

Notes 1. – La méthode de calcul de la force électromotrice limite secondaire conduit à une valeur supérieure à la valeur réelle. Elle a été choisie en vue d'appliquer la même méthode d'essai qu'au paragraphe 34.5 et dans l'article 39 relatifs aux transformateurs de courant pour protection.

D'autres méthodes peuvent être utilisées suivant accord entre le constructeur et l'acheteur.

2. – Dans le calcul de la force électromotrice limite secondaire, la résistance de l'enroulement secondaire doit être corrigée à la température de 75 °C.

25.6 Courant d'excitation

Valeur efficace du courant qui traverse l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant, lorsqu'on applique entre les bornes secondaires une tension sinusoïdale de fréquence assignée, l'enroulement primaire et tous les autres enroulements étant à circuit ouvert.

SECTION NEUF – PRESCRIPTIONS CONCERNANT LA PRÉCISION**26. Classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures – Indice de classe**

La classe de précision d'un transformateur de courant pour mesures est caractérisée par un nombre (*indice de classe*) égal à la limite supérieure de l'erreur de courant, exprimée en pour-cent, pour le courant primaire assigné et la charge de précision.

26.1 Classes de précision normales

Les classes de précision normales des transformateurs de courant pour mesures sont:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 3 – 5.

27. Limites de l'erreur de courant et du déphasage des transformateurs de courant pour mesures

Pour les transformateurs des classes de précision 0,1 – 0,2 – 0,5 et 1, l'erreur de courant et le déphasage, à la fréquence assignée, ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau IV, lorsque la charge secondaire est comprise entre 25% et 100% de la charge de précision.

Pour les transformateurs de courant pour applications particulières (spécialement en connexion avec des compteurs d'énergie électrique spéciaux qui mesurent correctement entre 50 mA et 6 A, c'est-à-dire entre 1% et 120% du courant assigné 5 A) des classes de précision 0,2 S et 0,5 S, l'erreur de courant et le déphasage, à la fréquence assignée, ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau IVA lorsque la charge secondaire est comprise entre 25% et 100% de la charge de précision. Ces classes doivent être employées principalement pour les rapports 25/5, 50/5 et 100/5 et leurs multiples décimaux et seulement pour le courant assigné secondaire 5 A.

Pour les transformateurs des classes 3 et 5, l'erreur de courant à la fréquence assignée ne doit pas dépasser les valeurs du tableau V lorsque la charge secondaire est comprise entre 50% et 100% de la charge de précision.

Dans tous les cas, la charge employée doit être inductive avec un facteur de puissance de 0,8, sauf si elle absorbe une puissance inférieure à 5 VA; dans ce cas, son facteur de puissance sera l'unité. En aucun cas, la charge ne sera inférieure à 1 VA.

25.5 Secondary limiting e.m.f.

The product of the instrument security factor FS, the rated secondary current and the vectorial sum of the rated burden and the impedance of the secondary winding.

Notes 1. – The method by which the secondary limiting e.m.f. is calculated will give a higher value than the real one. It was chosen in order to apply the same test method as in Sub-clause 34.5 and Clause 39 for protective current transformers.

Other methods may be used by agreement between manufacturer and purchaser.

2. – For calculating the secondary limiting e.m.f., the secondary winding resistance should be corrected to a temperature of 75 °C.

25.6 Exciting current

The r.m.s. value of the current taken by the secondary winding of a current transformer, when a sinusoidal voltage of rated frequency is applied to the secondary terminals, the primary and any other windings being open-circuited.

SECTION NINE – ACCURACY REQUIREMENTS**26. Accuracy class designation**

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

26.1 Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for measuring current transformers are:

0.1 – 0.2 – 0.5 – 1 – 3 – 5.

27. Limits of current error and phase displacement

For Classes 0.1 – 0.2 – 0.5 and 1, the current error and phase displacement at rated frequency shall not exceed the values given in Table IV when the secondary burden is any value from 25% to 100% of the rated burden.

For Classes 0.2 S and 0.5 S, the current error and phase displacement of current transformers for special applications (in particular in connection with special electricity meters which measure correctly at a current between 50 mA and 6 A, that is between 1% and 120% of the rated current 5 A) at rated frequency shall not exceed the values given in Table IV A when the secondary burden is any value from 25% to 100% of the rated burden. These classes shall mainly be used for the ratios 25/5, 50/5 and 100/5 and their decimal multiples and only for the rated secondary current 5 A.

For Class 3 and Class 5, the current error at rated frequency shall not exceed the values given in Table V when the secondary burden is any value from 50% to 100% of the rated burden.

The secondary burden used for test purposes shall have a power-factor of 0.8 lagging except that when the burden is less than 5 VA, a power-factor of 1.0 shall be used. In no case shall the test burden be less than 1 VA.

TABLEAU IV

Limites de l'erreur

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné				Déphasage, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné							
					Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1,0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

TABLEAU IV A

Limites de l'erreur des transformateurs de courant pour applications particulières
Ce tableau est applicable uniquement à des transformateurs dont le courant secondaire assigné est égal à 5 A

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné					Déphasage, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné									
						Minutes					Centiradians				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

TABLEAU V

Limites de l'erreur

Classe de précision	Erreur de courant (rapport) en pour-cent, $\pm$, pour les valeurs du courant exprimées en pour-cent du courant assigné	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Il n'est imposé aucune limite de déphasage pour les classes 3 et 5.

TABLE IV
Limits of error

Accuracy class	$\pm$ Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below				$\pm$ Phase displacement at percentage of rated current shown below							
					Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.45	0.24	0.15	0.15
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9
1.0	3.0	1.5	1.0	1.0	180	90	60	60	5.4	2.7	1.8	1.8

TABLE IV A

Limits of error for current transformers for special applications
This table is applicable only to transformers having a rated secondary current of 5 A

Accuracy class	$\pm$ Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below					$\pm$ Phase displacement at percentage of rated current shown below									
						Minutes					Centiradians				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2	30	15	10	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3	0.3
0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5	90	45	30	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9	0.9

TABLE V

Limits of error

Class	$\pm$ Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Limits of phase displacement are not specified for Class 3 and Class 5.

28. Transformateurs à gamme étendue

Un transformateur de courant des classes 0,1 à 1 sera considéré comme possédant une gamme étendue en courant, s'il satisfait aux deux conditions suivantes:

- a) Son courant d'échauffement est porté à la valeur indiquée comme limite de la gamme des courants, laquelle est exprimée en pour-cent du courant primaire assigné.
- b) Dans le tableau IV, la valeur supérieure du courant est remplacée par la limite précitée, au cas où celle-ci diffère des 120% du courant primaire assigné.

Les valeurs normales des courants d'échauffement pour les transformateurs à gamme étendue sont 120%, 150% et 200% du courant primaire assigné.

SECTION DIX - ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION**29. Essais de type**

Les essais de type destinés à prouver la conformité des transformateurs de classes de précision 0,1 à 1 aux prescriptions de l'article 27 seront exécutés pour toutes les valeurs indiquées dans le tableau IV avec les charges de 25% et de 100% de la charge de précision (sous la réserve du minimum de 1 VA).

Pour les transformateurs à gamme étendue, les essais prévus au tableau IV pour 120% seront exécutés au courant d'échauffement.

Pour les transformateurs de classes 3 et 5, les essais seront exécutés pour les deux valeurs de courant du tableau V avec les charges 50% et 100% de la charge assignée (sous la réserve du minimum de 1 VA).

30. Essais individuels

Les essais individuels seront en principe les mêmes que les essais de type prévus à l'article 29; ils pourront toutefois être effectués avec un nombre réduit de courants et/ou de charges, s'il résulte d'un essai de type sur un modèle analogue que ce nombre suffit pour conclure que le transformateur satisfait aux conditions de l'article 27.

31. Courant de sécurité assigné

Un essai de type peut être fait par l'essai indirect suivant:

Le circuit primaire étant ouvert, une tension pratiquement sinusoïdale, de valeur efficace égale à la f.é.m. limite secondaire et de fréquence assignée, est appliquée aux bornes de l'enroulement secondaire.

Le courant d'excitation (I_{exc}) ainsi obtenu, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné (I_{sn}) par le facteur de sécurité FS, doit être égal ou supérieur à l'erreur composée assignée de 10%:

$$\frac{I_{exc}}{I_{sn} FS} \cdot 100 \geq 10\%$$

Au cas où ce résultat de mesurage serait mis en question, un mesurage de contrôle doit être effectué par l'essai direct (voir annexe A), dont le résultat est alors obligatoire.

28. Extended current rating

Current transformers of accuracy Classes 0.1 to 1 may be marked as having an extended current rating provided they comply with the following two requirements:

- a) The rated continuous thermal current shall be the rated extended primary current expressed as a percentage of the rated primary current.
- b) The limits of current error and phase displacement prescribed for 120% of rated primary current in Table IV shall be retained up to the rated extended primary current.

Standard values of rated extended primary current are 120%, 150% and 200% of the rated primary current.

SECTION TEN - TESTS FOR ACCURACY**29. Type tests**

Type tests to prove compliance with Clause 27 shall, in the case of transformers of Classes 0.1 to 1, be made at each value of current given in Table IV at 25% and at 100% of rated burden (subject to 1 VA minimum).

Transformers having extended current ratings greater than 120% shall be tested at the rated extended primary current instead of at 120% of rated current.

Transformers of Class 3 and Class 5 shall be tested for compliance with the two values of current given in Table V at 50% and at 100% of rated burden (subject to 1 VA minimum).

30. Routine tests

The routine test for accuracy is in principle the same as the type test in Clause 29, but routine tests at a reduced number of currents and/or burdens are permissible provided it has been shown by type tests on a similar transformer that such a reduced number of tests is sufficient to prove compliance with Clause 27.

31. Instrument security current

A type test may be performed using the following indirect test:

With the primary winding open-circuited, the secondary winding is energized at rated frequency by a substantially sinusoidal voltage having an r.m.s. value equal to the secondary limiting e.m.f.

The resulting excitation current (I_{exc}), expressed as a percentage of the rated secondary current (I_{sn}) multiplied by the instrument security factor FS, shall be equal to or exceed the rated value of the composite error of 10%:

$$\frac{I_{exc}}{I_{sn} FS} \cdot 100 \geq 10\%$$

If this result of measurement should be called into question, a controlling measurement shall be performed with the direct test (see Appendix A), the result of which is then mandatory.

Note. - L'essai indirect présente le grand avantage de ne nécessiter ni la mise en œuvre de courants de valeurs élevées (par exemple 30 000 A dans le cas où le courant primaire assigné et le facteur de sécurité pour les appareils de mesure sont respectivement égaux à 3 000 A et à 10), ni celle de dispositifs de charge conçus pour pouvoir supporter un courant de 50 A. Avec l'essai indirect, l'effet dû aux conducteurs primaires de retour n'intervient pas physiquement. En service, cet effet ne peut qu'augmenter l'erreur composée, ce qui est souhaitable pour la sécurité de l'appareil alimenté par le transformateur de mesure.

SECTION ONZE - MARQUAGE

32. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour mesures

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de l'article 23.

La classe de précision et le facteur de sécurité (pour les appareils de mesure) doivent être mentionnées à la suite de l'indication de la puissance de précision correspondante (par exemple: 15 VA classe 0,5 FS 10).

Pour les transformateurs de courant à gamme étendue (article 28), la limite de la gamme des courants doit être marquée à la suite de la classe de précision (exemple: 15 VA classe 0,5 ext. 150%).

Note. - On peut marquer sur la plaque signalétique des indications concernant diverses combinaisons de puissance de précision et de classe de précision auxquelles le transformateur peut satisfaire (exemple: 15 VA classe 0,5-30 VA classe 1) (autre exemple qui tient compte de la note de l'article 7: 15 VA classe 1-7 VA classe 0,5).

Note. – The great advantage of the indirect test is that high currents are not necessary (for instance 30 000 A at a primary rated current 3 000 A and an instrument security factor 10) and also no burdens which must be constructed for 50 A. The effect of the return primary conductors is not physically effective at the indirect test. Under service conditions the effect can only enlarge the composite error, which is desirable for the safety of the apparatus supplied by the measuring transformer.

SECTION ELEVEN – MARKING

32. Marking of the rating plate of a measuring current transformer

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with Clause 23.

The accuracy class and instrument security factor shall be indicated following the indication of corresponding rated output (e.g. 15 VA Class 0.5 FS 10).

Current transformers having an extended current rating (Clause 28) shall have this rating indicated immediately following the class designation (e.g. 15 VA Class 0.5 ext. 150%).

Note. – The rating plate may contain information concerning several combinations of output and accuracy class the transformer can satisfy (e.g. 15 VA Class 0.5–30 VA Class 1) and in this case non-standard values of output may be used (e.g. 15 VA Class 1–7 VA Class 0.5) in accordance with note to Clause 7.

CHAPITRE III: PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR PROTECTION

SECTION DOUZE - GÉNÉRALITÉS

33. Domaine d'application

Le chapitre III comprend les prescriptions et les essais qui complètent, en ce qui concerne les transformateurs de courant pour protection, ceux qui sont indiqués dans le premier chapitre. Les prescriptions de ce chapitre se rapportent en particulier aux transformateurs devant assurer la protection en conservant une précision suffisante pour des courants valant plusieurs fois le courant assigné.

Pour certains systèmes de protection dans lesquels le transformateur de courant fait partie intégrante du système (par exemple: dans les dispositifs de protection différentielle à action rapide ou de protection par courant de terre dans les réseaux à neutre mis à la terre par bobine d'extinction), des prescriptions supplémentaires peuvent être nécessaires.

Les transformateurs pour mesure de protection doivent satisfaire aux prescriptions de tous les chapitres de la présente norme.

34. Définitions

34.1 Transformateur de courant pour protection

Transformateur de courant destiné à alimenter des relais de protection.

34.2 Erreur composée*

En régime permanent, valeur efficace de la différence entre:

- a) les valeurs instantanées du courant primaire et
- b) le produit du rapport de transformation assigné par les valeurs instantanées du courant secondaire,

les sens positifs des courants primaire et secondaire correspondant aux conventions admises pour le marquage des bornes.

L'erreur composée est exprimée en général en pour-cent de la valeur efficace du courant primaire, selon la formule:

$$e_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

où:

K_n = rapport de transformation assigné

I_p = valeur efficace du courant primaire

i_p = valeur instantanée du courant primaire

i_s = valeur instantanée du courant secondaire

T = valeur de la période des courants

* Voir annexe A.

CHAPTER III: ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR PROTECTIVE CURRENT TRANSFORMERS

SECTION TWELVE - GENERAL

33. Scope

Chapter III covers the requirements and tests, in addition to those in Chapter I, that are necessary for current transformers for use with electrical protective relays, and in particular for the forms of protection in which the prime requirement is the maintenance of accuracy up to several times the rated current.

For certain protective systems where the current transformer characteristics are dependent on the overall design of the protective equipment (for example high-speed balanced systems and earth-fault protection in resonant earthed networks), additional requirements may be necessary.

Current transformers intended for both measurement and protection shall comply with all the chapters of this standard.

34. Definitions

34.1 *Protective current transformer*

A current transformer intended to supply protective relays.

34.2 *Composite error**

Under steady-state conditions, the r.m.s. value of the difference between:

- a) the instantaneous values of the primary current and
- b) the instantaneous values of the actual secondary current multiplied by the rated transformation ratio,

the positive signs of the primary and secondary currents corresponding to the convention for terminal markings.

The composite error is generally expressed as a percentage of the r.m.s. values of the primary current according to the mathematical expression:

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

where:

K_n = the rated transformation ratio

I_p = the r.m.s. value of the primary current

i_p = the instantaneous value of the primary current

i_s = the instantaneous value of the secondary current

T = the duration of one cycle

*See Appendix A.

34.3 Courant limite de précision assigné

Valeur la plus élevée du courant primaire pour laquelle le transformateur doit satisfaire aux prescriptions concernant l'erreur composée.

34.4 Facteur limite de précision

Rapport entre le courant limite de précision assigné et le courant primaire assigné.

34.5 Force électromotrice limite secondaire

Produit du facteur limite de précision par le courant secondaire assigné et par la somme vectorielle de la charge de précision et de l'impédance de l'enroulement secondaire.

34.6 Courant d'excitation

Valeur efficace du courant qui traverse l'enroulement secondaire d'un transformateur de courant, lorsqu'on applique entre les bornes secondaires une tension sinusoïdale de fréquence assignée, l'enroulement primaire et tous les autres enroulements étant à circuit ouvert.

SECTION TREIZE – EXIGENCES CONCERNANT LA PRÉCISION**35. Valeurs normales des facteurs limites de précision**

Les valeurs normales des facteurs limites de précision sont:

5 – 10 – 15 – 20 – 30.

36. Classes de précision**36.1 Classe de précision d'un transformateur de courant pour protection – Indice de classe**

La classe de précision d'un transformateur de courant pour protection est caractérisée par un nombre (indice de classe) et par la lettre P (initiale de protection). L'indice de classe indique la limite supérieure de l'erreur composée pour le courant limite de précision assigné et la charge de précision.

36.2 Classes de précision normales

Les classes de précision normales des transformateurs de courant pour protection sont:

5 P et 10 P.

37. Limites des erreurs

Pour la puissance de précision et la fréquence assignée, l'erreur de courant, le déphasage et l'erreur composée ne doivent pas dépasser les valeurs du tableau VI.

Pour la détermination de l'erreur de courant et du déphasage, la charge doit être inductive et égale à la charge de précision avec un facteur de puissance égal à 0,8, sauf si la puissance correspondante est inférieure à 5 VA; dans ce cas, la charge pourrait être résistive (facteur de puissance unité).

Pour la détermination de l'erreur composée, le facteur de puissance de la charge peut être compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité, au choix du constructeur.

34.3 *Rated accuracy limit primary current*

The value of primary current up to which the transformer will comply with the requirements for composite error.

34.4 *Accuracy limit factor*

The ratio of the rated accuracy limit primary current to the rated primary current.

34.5 *Secondary limiting e.m.f.*

The product of the accuracy limit factor, the rated secondary current and the vectorial sum of the rated burden and the impedance of the secondary winding.

34.6 *Exciting current*

The r.m.s. value of the current taken by the secondary winding of a current transformer when sinusoidal voltage of rated frequency is applied to the secondary terminals, the primary and any other windings being open-circuited.

SECTION THIRTEEN - ACCURACY REQUIREMENTS

35. Standard accuracy limit factors

The standard accuracy limit factors are:

5 - 10 - 15 - 20 - 30.

36. Accuracy classes**36.1** *Accuracy class designation*

For protective current transformers, the accuracy class is designed by the highest permissible percentage composite error at the rated accuracy limit primary current prescribed for the accuracy class concerned, followed by the letter "P" (meaning protection).

36.2. Standard accuracy classes

The standard accuracy classes for protective current transformers are:

5 P and 10 P.

37. Limits of error

At rated frequency and with rated burden connected, the current error, phase displacement and composite error shall not exceed the values given in Table VI.

For testing purposes when determining current error and phase displacement, the burden shall have a power-factor of 0.8 inductive except that, where the burden is less than 5 VA, a power-factor of 1.0 is permissible.

For the determination of composite error, the burden shall have a power-factor of between 0.8 inductive and unity at the discretion of the manufacturer.

TABLEAU VI

Limites des erreurs

Classe de précision	Erreur de courant pour le courant primaire assigné en %	Déphasage pour le courant primaire assigné		Erreur composée pour le courant limite de précision en %
		minutes	centiradians	
5 P	± 1	± 60	$\pm 1,8$	5
10 P	± 3	—	—	10

SECTION QUATORZE - ESSAIS CONCERNANT LA PRÉCISION

38. Erreur de courant et déphasage - Essais de type et essais individuels

Les essais doivent être effectués pour le courant primaire assigné et la charge de précision afin de vérifier que les prescriptions de l'article 37 sont remplies en ce qui concerne l'erreur de courant et le déphasage.

39. Erreur composée - Essais de type

- a) Les essais de type destinés à prouver la conformité des transformateurs aux indications du tableau VI en ce qui concerne l'erreur composée seront exécutés par une méthode directe en faisant passer dans l'enroulement primaire un courant pratiquement sinusoïdal égal en valeur efficace au courant limite de précision assigné, le secondaire étant connecté à une charge de valeur égale à la charge de précision avec un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et l'unité, au choix du constructeur (voir annexe A).

L'essai de type pourra être effectué sur un transformateur de construction analogue à celle du transformateur fourni sauf que son isolation peut être réduite pourvu que la disposition géométrique soit la même dans les deux cas.

Note. - Dans le cas de courants primaires très élevés et de transformateurs dont le primaire se réduit à une seule barre, la distance du conducteur de retour du primaire devra être choisie de façon à reproduire autant que possible les conditions de service.

- b) Pour les transformateurs dont le circuit magnétique a la forme d'un tore, sur lequel l'enroulement secondaire est réparti uniformément, le primaire étant formé, soit d'un conducteur placé suivant l'axe du tore, soit d'un enroulement réparti uniformément sur le tore, on peut remplacer l'essai direct par l'essai indirect à vide suivant, pourvu que l'effet du courant primaire de retour soit négligable.

Le circuit primaire étant ouvert, une tension pratiquement sinusoïdale de valeur efficace égale à la f.é.m. limite secondaire et de fréquence assignée est appliquée aux bornes de l'enroulement secondaire.

Le courant d'excitation ainsi obtenu, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné par le facteur limite de précision, ne doit pas dépasser la limite de l'erreur composée indiquée au tableau VI.

Notes 1. - Dans le calcul de la f.é.m. limite secondaire, on peut admettre que l'impédance de l'enroulement secondaire soit égale à sa résistance à la température de 75 °C.

2. - Lors de la détermination de l'erreur composée par la méthode indirecte, il n'est pas nécessaire de tenir compte d'une éventuelle différence entre le rapport d'enroulement et le rapport de transformation assigné.

TABLE VI
Limits of error

Accuracy class	Current error at rated primary current %	Phase displacement at rated primary current		Composite error at rated accuracy limit primary current %
		minutes	centiradians	
5 P	± 1	± 60	± 1.8	5
10 P	± 3	—	—	10

SECTION FOURTEEN - TESTS FOR ACCURACY

38. Type and routine tests for current error and phase displacement

Tests shall be made at rated primary current to prove compliance with Clause 37 in respect of current error and phase displacement.

39. Type tests for composite error

- a) Compliance with the limits of composite error given in Table VI shall be demonstrated by a direct test in which a substantially sinusoidal current equal to the rated accuracy limit primary current is passed through the primary winding with the secondary winding connected to a burden of magnitude equal to the rated burden but having, at the discretion of the manufacturer, a power-factor between 0.8 inductive and unity (see Appendix A).

The test may be carried out on a transformer similar to the one being supplied except that reduced insulation may be used provided that the same geometrical arrangement is retained.

Note. - Where very high primary currents and single bar-primary winding current transformers are concerned, the distance between the return primary conductor and the current transformer should be taken into account from the point of view of reproducing service conditions.

- b) For current transformers having substantially continuous ring cores, uniformly distributed secondary windings and having either a centrally located primary conductor(s) or a uniformly distributed primary winding, the direct test may be replaced by the following indirect test provided that the effect of the return primary conductor(s) is negligible.

With the primary winding open-circuited, the secondary winding is energized at rated frequency by a substantially sinusoidal voltage having an r.m.s. value equal to the secondary limiting e.m.f.

The resulting exciting current, expressed as a percentage of the rated secondary current multiplied by the accuracy limit factor, shall not exceed the limit of composite error given in Table VI.

Notes 1. - In calculating the secondary limiting e.m.f., the secondary winding impedance should be assumed to be equal to the secondary winding resistance measured at room temperature and corrected to 75 °C.

2. - In determining the composite error by the indirect method, a possible difference between turns ratio and rated transformation ratio need not be taken into account.

40. Erreur composée – Essais individuels

Pour les transformateurs considérés au point *b)* de l'article 39, les essais individuels seront les mêmes que les essais de type.

Pour les autres transformateurs, un essai indirect à vide peut également être effectué mais il y a lieu d'appliquer aux résultats obtenus un facteur de correction résultant d'un essai comparatif entre la méthode précédente et la méthode directe appliquée à un transformateur de même type que le transformateur considéré, placé dans les mêmes conditions de charge et de facteur limite de précision (voir note 2).

Un certificat donnant les résultats de l'essai comparatif devrait pouvoir être obtenu du constructeur.

Notes 1. – Le facteur de correction est égal au rapport des erreurs composées obtenues respectivement par les méthodes directe et indirecte indiquées au point *a)* de l'article 39. Dans le second cas, l'erreur composée est donnée par le courant d'excitation mesuré, exprimé en pour-cent du produit du courant secondaire assigné par le facteur limite de précision.

2. – L'expression «transformateur de même type» implique que les ampères-tours soient les mêmes, indépendamment du rapport de transformation, et que les noyaux aient les mêmes dimensions et soient constitués des mêmes matériaux magnétiques.

SECTION QUINZE – MARQUAGE**41. Indications à marquer sur la plaque signalétique des transformateurs pour protection**

La plaque signalétique doit porter les indications appropriées de l'article 23 auxquelles on doit ajouter le facteur limite de précision, qui sera inscrit à la suite de la puissance et de la classe de précision (exemple: 30 VA Classe 5 P 10).

Note. – On peut marquer sur la plaque signalétique d'un transformateur de courant les diverses combinaisons de puissances de précision et de classes de précision et, le cas échéant, de facteur limite de précision assigné auxquelles le transformateur peut satisfaire, soit comme transformateur pour mesure, soit comme transformateur pour protection.

Exemple: (15 VA Classe 0,5) ou (15 VA Classe 0,5)
(30 VA Classe 1) (15 VA Classe 1, ext. 150%)
(30 VA Classe 5 P 10) (15 VA Classe 5 P 20).

40. Routine tests for composite error

For all transformers qualifying under Item *b*) of Clause 39, the routine test is the same as the type test.

For other transformers, the indirect test of measuring the exciting current may be used, but a correction factor shall be applied to the results, the factor being obtained from a comparison between the results of direct and indirect tests applied to a transformer of the same type as the one under consideration (see Note 2), the accuracy limit factor and the conditions of loading being the same.

In such cases, certificates of test should be held available by the manufacturer.

Notes 1. – The correction factor is equal to the ratio of the composite error obtained by the direct method and the exciting current expressed as a percentage of the rated secondary current multiplied by the accuracy limit factor, as determined by the indirect method specified in Item *a*) of Clause 39.

2. – The expression “transformer of the same type” implies that the ampere turns are the same irrespective of ratio and that the geometrical arrangements, magnetic materials and the secondary windings are identical.

SECTION FIFTEEN – MARKING**41. Marking of the rating plate of a protective current transformer**

The rating plate shall carry the appropriate information in accordance with Clause 23. The rated accuracy limit factor shall be indicated following the corresponding output and accuracy class (e.g. 30 VA Class 5 P 10).

Note. – A current transformer satisfying the requirements of several combinations of output and accuracy class and accuracy limit factor may be marked according to all of them.

e.g.:	(15 VA Class 0.5)	or	(15 VA Class 0.5)
	(30 VA Class 1)		(15 VA Class 1, ext. 150%)
	(30 VA Class 5 P 10)		(15 VA Class 5 P 20)

ANNEXE A

TRANSFORMATEURS DE COURANT POUR PROTECTION

A1. Diagramme vectoriel

Si l'on admet que le transformateur de courant ainsi que sa charge puissent être assimilés à un système électromagnétique linéaire, un courant primaire de forme sinusoïdale déterminera des courants, tensions et flux qui seront également sinusoïdaux, et le fonctionnement du transformateur pourra se représenter par le diagramme vectoriel de la figure A1, page 74.

Dans cette figure, I_s représente le courant secondaire. Il traverse l'enroulement et la charge secondaire et détermine en grandeur et phase la force électromotrice E_s qui doit être induite dans l'enroulement secondaire, laquelle à son tour détermine le flux Φ en quadrature sur E_s . Le flux est produit par les ampères-tours résultant des enroulements primaire et secondaire ou de façon équivalente par le courant d'excitation secondaire I_e , lui-même somme vectorielle d'un courant magnétisant I_m parallèle à Φ et d'une composante active I_a (répondant aux pertes) parallèle à E_s . La somme vectorielle des courants I_s et I_e est le vecteur I_p'' qui représente le courant primaire divisé par le rapport d'enroulement (c'est-à-dire par le rapport entre les nombres de spires secondaires et primaires).

Il en résulte que pour un transformateur dont le rapport d'enroulement est égal au rapport de transformation assigné, la différence entre les longueurs des vecteurs I_s et I_p'' rapportées à I_p'' fournit l'erreur de courant (telle que définie au paragraphe 3.10) tandis que l'écart angulaire δ entre les vecteurs I_s et I_p'' est le déphasage (défini au paragraphe 3.11).

A2. Correction de spires

Lorsque le rapport d'enroulement est différent du rapport de transformation assigné (le premier est généralement plus petit) on dit qu'il y a une correction de spires. Il importe alors d'établir une distinction entre I_p'' , le courant primaire divisé par le rapport d'enroulement et I_p' , le courant primaire divisé par le rapport de transformation assigné. L'absence d'une correction de spires signifie que $I_p' = I_p''$. S'il existe une correction de spires, I_p' est différent de I_p'' et on voit facilement que la correction de spires influe sur l'erreur de courant (et peut être utilisée à cet effet), étant donné que I_p'' figure dans le diagramme vectoriel et I_p' intervient pour la détermination de l'erreur de courant. Cependant, les vecteurs I_p' et I_p'' ayant la même direction, la correction de spires n'affecte pas le déphasage.

Il apparaît aussi que l'influence de la correction de spires est plus faible sur l'erreur composée que sur l'erreur de courant.

A3. Triangle d'erreur

Si l'on admet que l'angle δ est assez petit pour qu'on puisse considérer que les vecteurs I_s et I_p'' sont parallèles, on peut remplacer l'arc de cercle de rayon I_s par la perpendiculaire abaissée du sommet de I_s sur I_p'' . On obtient alors la disposition de la figure A2, page 74, qui représente à grande échelle la partie utile de la figure A1 en l'absence de correction de spires. On peut alors, avec une approximation suffisante, se servir, pour déterminer l'erreur de courant, de la composante (ΔI) de I_e en phase avec I_p'' , à la place de la différence arithmétique entre I_p'' et I_s , et de la composante (ΔI_q) de I_e en quadrature pour exprimer le déphasage.

Avec les mêmes hypothèses, l'erreur composée (paragraphe 34.2) est donnée par le rapport à I_p'' du courant d'excitation I_e .

En définitive, pour un transformateur de courant sans correction de spires, pourvu que la représentation vectorielle soit valable, l'erreur de rapport, le déphasage et l'erreur composée peuvent être représentés par les trois côtés d'un triangle rectangle.

APPENDIX A

PROTECTIVE CURRENT TRANSFORMERS

A1. Vector diagram

If consideration is given to a current transformer which is assumed to contain only linear electric and magnetic components in itself and in its burden, then, under the further assumption of sinusoidal primary current, all the currents, voltages and fluxes will be sinusoidal and the performance can be illustrated by a vector diagram such as Figure A1, page 74.

In Figure A1, I_s represents the secondary current. It flows through the impedance of the secondary winding and the burden which determines the magnitude and direction of the necessary induced voltage E_s and of the flux Φ which is perpendicular to the voltage vector. This flux is maintained by the exciting current I_e , having a magnetizing component I_m parallel to the flux, and a loss (or active) component I_a parallel to the voltage. The vector sum of the secondary current I_s and the exciting current I_e is the vector I_p'' representing the primary current divided by the turns ratio (number of secondary turns to number of primary turns).

Thus, for a current transformer with turns ratio equal to the rated transformation ratio, the difference in the lengths of the vectors I_s and I_p'' , related to the length of I_p'' , is the current error according to the definition of Sub-clause 3.10, and the angular difference δ is the phase displacement according to Sub-clause 3.11.

A2. Turns correction

When the turns ratio is different from (usually less than) the rated transformation ratio, the current transformer is said to have turns correction. Thus, in evaluating the performance, it is necessary to distinguish between I_p'' , the primary current divided by the turns ratio, and I_p' , the primary current divided by the rated transformation ratio. Absence of turns correction means $I_p' = I_p''$. If turns correction is present, I_p' is different from I_p'' , and since I_p'' is used in the vector diagram and I_p' is used for the determination of the current error, it will be seen that turns correction has an influence on the current error (and may be used deliberately for that purpose). However, the vectors I_p' and I_p'' have the same direction, so turns correction has no influence on phase displacement.

It will also be apparent that the influence of turns correction on composite error is less than its influence on current error.

A3. The error triangle

In Figure A2, page 74, the upper part of Figure A1 is re-drawn to a larger scale and under the further assumption that the phase displacement is so small that for practical purposes the two vectors I_s and I_p'' can be considered to be parallel. Assuming again that there is no turns correction, it will be seen by projecting I_e to I_p that with a good approximation the in-phase component (ΔI) of I_e can be used instead of the arithmetic difference between I_p'' and I_s to obtain the current error and, similarly, the quadrature component (ΔI_q) of I_e can be used to express the phase displacement.

It will further be seen that under the given assumptions the exciting current I_e divided by I_p'' is equal to the composite error according to Sub-clause 34.2.

Thus, for a current transformer without turns correction and under conditions where a vector representation is justifiable, the current error, phase displacement and composite error form a right-angled triangle.

Dans ce triangle, l'hypoténuse qui représente l'erreur composée dépend de l'impédance totale du circuit secondaire (somme géométrique de l'impédance de la charge secondaire et de celle de l'enroulement secondaire) tandis que la décomposition en erreur de courant et en déphasage dépend du facteur de puissance de cette impédance totale et de celui du courant d'excitation. Le déphasage est d'autant plus petit que le facteur de puissance de la charge totale se rapproche de la valeur (d'autant plus petite que les pertes dans le fer sont plus faibles) qui fait coïncider les phases des courants I_s et I_e .

A 4. Erreur composée

La considération de l'erreur composée est surtout intéressante dans le cas où la représentation vectorielle n'est pas applicable du fait de la présence d'harmoniques dans le courant secondaire et dans le courant d'excitation (voir figure A 3, page 74).

C'est la raison pour laquelle l'erreur composée est définie au paragraphe 34.2 par une formule valable, quelle que soit la forme des courants, et non pas par la simple somme vectorielle de l'erreur de rapport et de déphasage comme le montre la figure A 2, page 74.

Il en résulte également que l'erreur composée englobe l'effet propre de la présence d'harmoniques dans le courant secondaire, alors que le courant primaire en est exempt, présence d'harmoniques qui constitue déjà par elle-même un écart dans le comportement de l'appareil par rapport à un transformateur de courant idéal (le courant primaire est toujours supposé sinusoïdal dans la présente norme).

A 5. Mesure de l'erreur composée par une méthode directe

La figure A 4, page 74, représente le schéma de principe de la méthode de mesure directe pour un transformateur dont le rapport d'enroulement est égal à l'unité. La source est supposée fournir un courant primaire sinusoïdal et l'enroulement secondaire (relié à la charge Z_B qui a des caractéristiques linéaires) est raccordé de telle manière que l'ampèremètre A est traversé par la différence des courants primaire et secondaire. La valeur efficace que cet appareil mesure est donc celle du courant d'excitation, et son rapport à la valeur efficace du courant primaire fournit l'erreur composée telle que définie au paragraphe 34.2, compte tenu des conditions actuelles.

La figure A 5, page 74, représente le schéma de principe de la méthode de mesure directe étendue au cas d'un transformateur de rapport de transformation différent de l'unité. Dans ce schéma, N est un transformateur de même rapport de transformation assigné que le transformateur X essayé. Ce transformateur N doit avoir une erreur composée négligeable dans les conditions de l'essai (sa charge se réduit pratiquement à l'ampèremètre A_1). Le transformateur X est raccordé à sa charge assignée Z_B et les enroulements secondaires de N et de X sont branchés de telle sorte que l'ampèremètre A_2 mesure la différence de leurs courants. Les deux circuits primaires sont alimentés par la même source de courant sinusoïdal. Dans ces conditions, le rapport (exprimé en pour-cent) de la valeur efficace du courant mesuré par l'ampèremètre A_2 à celle mesurée par l'ampèremètre A_1 fournit l'erreur composée du transformateur X.

Il est à remarquer que le caractère négligeable de l'erreur composée de N est requis dans cette méthode. Il n'est en effet pas suffisant que cette erreur composée soit connue car du fait même de sa complexité (notamment du fait des déformations d'onde) les corrections voulues ne pourraient pas être apportées.

A 6. Autre méthode de mesure directe de l'erreur composée

D'autres méthodes directes de détermination de l'erreur composée peuvent être utilisées.

La méthode schématiquement représentée par la figure A 6, page 74, présente sur celle illustrée par la figure A 5 l'avantage de ne pas exiger l'emploi d'un transformateur de précision spécial. Dans cette

In this triangle, the hypotenuse representing the composite error is dependent on the magnitude of the total burden impedance consisting of burden and secondary winding, while the division between current error and phase displacement depends on the power factors of the total burden impedance and of the exciting current. Zero phase displacement will result when these two power factors are equal, i.e. when I_s and I_e are in phase.

A4. Composite error

The most important application, however, of the concept of composite error is under conditions where a vector representation cannot be justified because non-linear conditions introduce higher harmonics in the exciting current and in the secondary current (see Figure A3, page 74).

It is for this reason that the composite error is defined as in Sub-clause 34.2 and not in the far simpler way as the vector sum of current error and phase displacement as shown in Figure A2, page 74.

Thus, in the general case, the composite error also represents the deviations from the ideal current transformer that are caused by the presence in the secondary winding of higher harmonics which do not exist in the primary. (The primary current is always considered sinusoidal for the purpose of this standard.)

A5. Direct test for composite error

Figure A4, page 74, shows a current transformer having a turns ratio of 1/1. It is connected to a source of primary (sinusoidal) current, a secondary burden with linear characteristics and to an ammeter in such a manner that both the primary and secondary currents pass through the ammeter but in opposite directions. In this manner, the resultant current through the ammeter will be equal to the exciting current under the prevailing conditions of sinusoidal primary current, and the r.m.s. value of that current related to the r.m.s. value of the primary current is the composite error according to Sub-clause 34.2.

Figure A4, therefore represents the basic circuit for the direct measurement of composite error.

Figure A5, page 74, represents the basic circuit for the direct measurement of composite error for current transformers having rated transformation ratios differing from unity. It shows two current transformers of the same rated transformation ratio. The current transformer marked (N) is assumed to have negligible composite error under the prevailing conditions (minimum burden), while the current transformer under test and marked (X) is connected to its rated burden. They are both fed from the same source of primary sinusoidal current, and an ammeter is connected to measure the difference between the two secondary currents. Under these conditions, the r.m.s. value of the current in the ammeter A_2 related to the r.m.s. value of the current in ammeter A_1 is the composite error of transformer (X), the relation being expressed as a percentage.

With this method, it is necessary that the composite error of transformer (N) is truly negligible under the conditions of use. It is not sufficient that transformer (N) has a known composite error since, because of the highly complicated nature of composite error (distorted waveform), any composite error of the reference transformer (N) cannot be used to correct the test results.

A6. Alternative method for the direct measurement of composite error

Alternative means may be used for the measurement of composite error and one method is shown in Figure A6, page 74.

Whilst the method shown in Figure A5 requires a "special" reference transformer (N) of the same rated transformation ratio as the transformer (X) and having negligible composite error at the accuracy

méthode en effet, le transformateur N, de même rapport que X, doit présenter une erreur composée négligeable sous le courant limite de précision assigné du transformateur X tandis que la méthode représentée par la figure A 5, page 74, ne soumet les transformateurs de précision N et N' qu'à des courants de l'ordre de leurs courants assignés. Il reste bien entendu essentiel que leurs erreurs composées soient négligeables dans les conditions de l'essai mais l'exigence devient plus facile à satisfaire.

Dans la figure A 6, page 74, N est un transformateur de précision dont le courant primaire assigné est choisi voisin du courant limite de précision assigné du transformateur X (c'est-à-dire de la valeur du courant primaire sous lequel l'essai doit être entrepris). L'appareil N' est un transformateur de précision dont le courant primaire assigné doit être de l'ordre de grandeur du courant secondaire de X correspondant au courant (primaire) limite de précision nominal. Il ne faut pas perdre de vue que ce transformateur N' fait partie intégrante de la charge Z_B du transformateur X et qu'il faut donc en tenir compte lors de la détermination de l'impédance Z'_B . A_1 et A_2 sont deux ampèremètres et il y a lieu de s'assurer que A_2 mesure bien la différence des courants secondaires des transformateurs N et N'.

Si les rapports de transformation assignés des transformateurs N, N' et X sont respectivement désignés par K_n , K'_n et K_{nx} , le rapport K_n doit être égal au produit des deux autres:

$$K_n = K'_n \cdot K_{nx}.$$

Dans ces conditions, le rapport (exprimé en pour-cent) des valeurs efficaces des courants mesurés par les ampèremètres A_1 et A_2 fournit l'erreur composée du transformateur X.

Note. — Lors de l'utilisation des circuits de mesure illustrés par les figures A 5 et A 6, il y a lieu de veiller à ce que la puissance absorbée par l'ampèremètre A_2 reste suffisamment faible. La chute de tension sur cet ampèremètre (divisée par le rapport de transformation du transformateur N' dans le cas de la figure A 6) vient en effet se composer avec la tension sur la charge Z_B et modifie en conséquence la charge effective du transformateur X (elle tend en fait à la réduire). Par ailleurs, cette même chute de tension sur A_2 représente un accroissement de la charge effective du transformateur N.

A 7. Emploi de l'erreur composée

L'erreur composée sera toujours supérieure ou égale à la racine carrée de la somme des carrés de l'erreur de courant et du déphasage (ce dernier étant exprimé en centiradians).

Il en résulte que l'erreur composée est toujours une limite supérieure aussi bien de l'erreur de courant que du déphasage.

L'erreur de courant intéresse surtout les relais de surcharge; les déphasages intéressent surtout les relais sensibles à la phase (exemple: les relais directionnels).

Dans le cas des relais différentiels, c'est la combinaison des erreurs composées des transformateurs qui doit être prise en considération.

Un avantage supplémentaire de la limitation de l'erreur composée est la limitation résultante de la distorsion du courant secondaire, ce qui constitue une exigence de bon fonctionnement pour certains relais.

limit primary current, the method shown in Figure A6, page 74, enables standard reference current transformers (N) and (N') to be used at or about their rated primary currents. It is still essential, however, for these reference transformers to have negligible composite errors but the requirement is easier to satisfy.

In Figure A6, (X) is the transformer under test, (N) is a standard reference transformer with a rated primary current of the same order of magnitude as the rated accuracy limit primary current of transformer (X) (the current at which the test is to be made), and (N') is a standard reference transformer having a rated primary current of the order of magnitude of the secondary current corresponding to the rated accuracy limit primary current of transformer (X). It should be noted that the transformer (N') constitutes a part of the burden Z_B of transformer (X) and must therefore be taken into account in determining the value of the burden Z'_B . A_1 and A_2 are two ammeters and care must be taken that A_2 measures the difference between the secondary currents of transformers (N) and (N').

If the rated transformation ratio of transformer (N) is K_n , of transformer (X) is K_{nx} and of transformer (N') is K'_n , the ratio K_n must equal the product of K'_n and K_{nx} :

$$\text{i.e. } K_n = K'_n \cdot K_{nx}.$$

Under these conditions, the r.m.s. value of the current in ammeter A_2 , related to the current in ammeter A_1 , is the composite error of transformer (X), the relation being expressed as a percentage.

Note. – When using the methods shown in Figures A5 and A6, care should be taken to use a low impedance instrument for A_2 since the voltage across this ammeter (divided by the ratio of transformer (N') in the case of Figure A6) constitutes part of the burden voltage of transformer (X) and tends to reduce the burden on this transformer. Similarly, this ammeter voltage increases the burden on transformer (N).

A7. Use of composite error

The numeric value of the composite error will never be less than the vector sum of the current error and the phase displacement (the latter being expressed in centiradians).

Consequently, the composite error always indicates the highest possible value of current error or phase displacement.

The current error is of particular interest in the operation of overcurrent relays, and the phase displacement in the operation of phase sensitive relays (e.g. directional relays).

In the case of differential relays, it is the combination of the composite errors of the current transformers involved which must be considered.

An additional advantage of a limitation of composite error is the resulting limitation of the harmonic content of the secondary current which is necessary for the correct operation of certain types of relays.

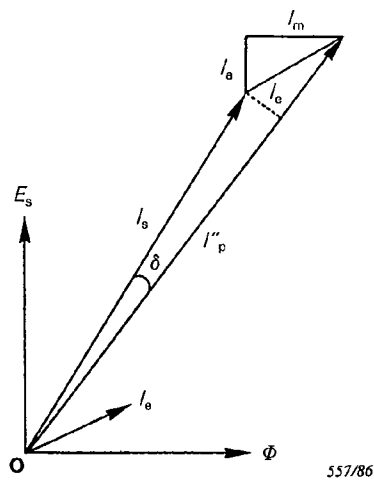


FIGURE A1

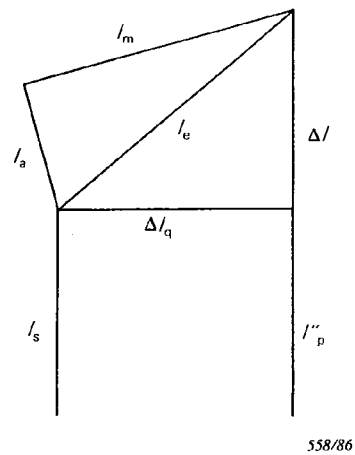


FIGURE A2

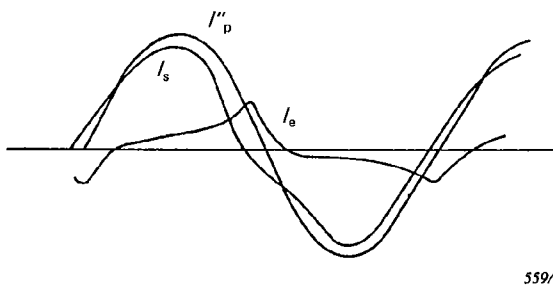


FIGURE A3

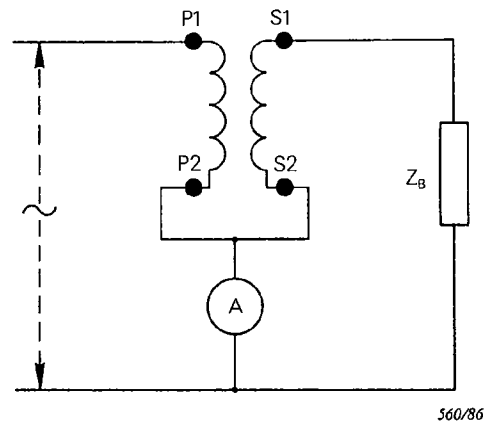


FIGURE A4

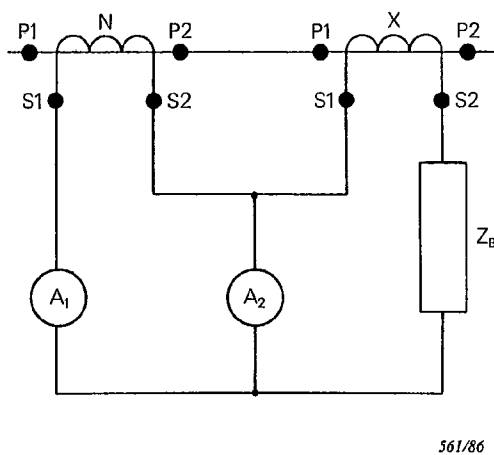


FIGURE A5

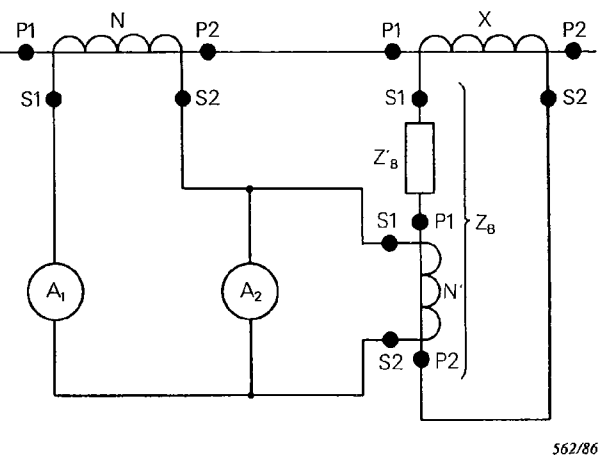


FIGURE A6

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Etudes n° 38**

44: – Transformateurs de mesure.

44-3 (1980) Troisième partie: Transformateurs combinés.

44-4 (1980) Quatrième partie: Mesure des décharges partielles.

185 (1987) Transformateurs de courant.

186 (1987) Transformateurs de tension.

**IEC Publications prepared
by Technical Committee No. 38**

44: – Instrument transformers.

44-3 (1980) Part 3: Combined transformers.

44-4 (1980) Part 4: Measurement of partial discharges.

185 (1987) Current transformers.

186 (1987) Voltage transformers.

Publication 185