

NF C42-569-5, NF EN 61869-5

Juin/June 2012

www.afnor.org

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients PERSONAL WEBPORT
Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit,
même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of
PERSONAL WEBPORT (Standards on line) customers. All network exploitation,
reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form
(harcopy or media), is strictly prohibited.



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

PERSONAL WEBPORT
Pour/For VINCI ENERGIES
Client/Customer 03610200
Le/The 17/12/2015 à/at 13:38

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

Transformateurs de mesure

Partie 5 : Exigences supplémentaires concernant les transformateurs condensateurs de tension

E : Instrument transformers – Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers

D : Messwandler – Teil 5: Zusätzliche Anforderungen für kapazitive Spannungswandler

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF EN 60044-5 (C 42-544-5), de septembre 2004 qui reste en vigueur jusqu'en août 2014.

Correspondance

La Norme européenne EN 61869-5:2011 a le statut d'une norme française et reproduit intégralement la Norme internationale IEC 61869-5:2011 avec son corrigendum d'août 2015.

Résumé

Le présent document s'applique aux transformateurs condensateurs de tension monophasés neufs connectés entre la ligne et la terre pour des tensions de réseau $U_m \geq 72,5$ kV aux fréquences industrielles comprises entre 15 Hz et 100 Hz. Ils sont destinés à fournir une basse tension pour les fonctions de mesure, commande et protection.

Le présent document entre dans le champ d'application de la Directive Basse Tension n° 2006/95/CE du 12/12/2006 et de la Directive Compatibilité Electromagnétique n° 2004/108/CE du 15/12/2004.

Le présent document doit être utilisé conjointement avec la NF EN 61869-1 de 2009.

Descripteurs

Transformateur, transformateur de mesure, transformateur de tension, condensateur, définition, exigence, conception, précision, niveau d'isolement, essai de type, essai d'échauffement, essai au choc électrique, essai de court-circuit, tenue au court-circuit, essai d'étanchéité, réponse transitoire, essai individuel, marquage, plaque signalétique.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision de la norme avec changement de référence.

Corrections

Par rapport à la version précédente, modification de la formule du paragraphe 6.502.2 et du Tableau 508.

La norme

La norme est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

La norme est un document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps.

Toute norme est réputée en vigueur à partir de la date présente sur la première page.

Pour comprendre les normes

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de "normative". Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

Commission de normalisation

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

Si vous souhaitez commenter ce texte, faire des propositions d'évolution ou participer à sa révision, adressez-vous à norminfo@afnor.org.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).

Transformateurs de mesure

AFNOR UF 38

Liste des organismes représentés dans la commission de normalisation

Secrétariat : AFNOR

EDF (ELECTRICITE DE FRANCE)

GIMELEC (GROUPEMENT DES INDUSTRIES DE L'EQUIPEMENT ELECTRIQUE, DU
CONTRÔLE-COMMANDE ET DES SERVICES ASSOCIES)

RTE (RESEAU DE TRANSPORT DE L'ELECTRICITE)

SADTEM (TRANSFORMATEURS ELECTRIQUES DE MESURE)

AVANT-PROPOS NATIONAL

Ce document constitue la version française complète de la Norme européenne EN 61869-5:2011 qui reproduit le texte de la publication IEC 61869-5:2011 avec son corrigendum d'août 2015.

Les modifications du CENELEC (dans le présent document, l'annexe ZA uniquement) sont signalées par un trait vertical dans la marge gauche du texte.

Cette Norme française fait référence à des Normes internationales. Quand une Norme internationale citée en référence a été entérinée comme Norme européenne, ou bien quand une Norme d'origine européenne existe, la Norme française issue de cette Norme européenne est applicable à la place de la Norme internationale.

Le Comité Français a voté défavorablement au CENELEC sur le projet d'EN 61869-5, le 19 mai 2011.

NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD

EN 61869-5

Octobre 2011

ICS 17.220.20

Remplace EN 60044-5:2004

Version française

**Transformateurs de mesure -
Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs
condensateurs de tension
(CEI 61869-5:2011)**

Messwandler -
Teil 5: Zusätzliche Anforderungen für
kapazitive Spannungswandler
(IEC 61869-5:2011)

Instrument transformers -
Part 5: Additional requirements for
capacitor voltage transformers
(IEC 61869-5:2011)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2011-08-17. Les membres du CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du CEN-CENELEC Management Centre ou auprès des membres du CENELEC.

La présente Norme Européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CENELEC dans sa langue nationale, et notifiée au CEN-CENELEC Management Centre, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CENELEC sont les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CENELEC

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization

Management Centre: Avenue Marnix 17, B - 1000 Bruxelles

Avant-propos

Le texte du document 38/411/FDIS, future édition 1 de la CEI 61869-5, préparé par le CE 38 de la CEI, "Transformateurs de mesure", a été soumis au vote parallèle CEI-CENELEC et a été approuvé par le CENELEC en tant que EN 61869-5:2011.

Les dates suivantes sont fixées:

- date limite à laquelle la EN doit être mise en application
au niveau national par publication d'une norme
nationale identique ou par entérinement (dop) 2012-05-17
- date limite à laquelle les normes nationales
conflictuelles doivent être annulées (dow) 2014-08-17

Cette Norme Européenne remplace la EN 60044-5:2004 relative aux transformateurs condensateurs de tension.

La EN 61869-5:2011 doit être lue en conjonction avec la EN 61869-1:2009, Transformateurs de mesure - Exigences générales.

Cette Partie 5 suit la structure de la EN 61869-1 et complète ou modifie ses articles correspondants.

Lorsqu'un article/paragraphe particulier de la partie 1 n'est pas mentionné dans cette Partie 5, cet article/paragraphe s'applique. Lorsque la présente norme mentionne « addition », « modification » ou « remplacement », le texte correspondant de la partie 1 doit être adapté en conséquence.

Pour les articles, paragraphes, figures, tableaux, annexes ou notes supplémentaires, le système de numérotation suivant est utilisé:

- les articles, paragraphes, tableaux, figures et notes qui sont numérotés à partir de 501 s'ajoutent à ceux de la partie 1;
- les annexes supplémentaires sont indiquées par 5A, 5B, etc.

L'Annexe ZA a été ajoutée par le CENELEC.

L'Annexe ZZ de l'EN 61869-1 ne s'applique à cette partie de la série de norme.

Une vue globale de l'ensemble planifié de normes à la date de publication du présent document est indiquée ci-dessous. La liste de normes à jour publiée par le TC 38 de la CEI est disponible sur le site : www.iec.ch.

La liste de normes à jour publiée par le TC 38 de la CEI et approuvées par le CENELEC est disponible sur le site : www.cenelec.eu.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. CEN et CENELEC ne sauraient être tenus pour responsables de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

NORMES DE FAMILLES DE PRODUITS	NORME DE PRODUITS	PRODUITS	ANCIENNE NORME
61869-1 EXIGENCES GÉNÉRALES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE MESURE	61869-2	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS DE COURANT	60044-1
	61869-3	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS INDUCTIFS DE TENSION	60044-2
	61869-4	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS COMBINÉS	60044-3
	61869-5	EXIGENCES SUPPLÉMENTAIRES CONCERNANT LES TRANSFORMATEURS CONDENSATEURS DE TENSION	60044-5
	61869-6 ADDITIONAL GENERAL REQUIREMENT FOR ELECTRONIC INSTRUMENT TRANSFORMERS AND LOW POWER STAND ALONE SENSORS	61869-7	60044-7
		61869-8	60044-8
		61869-9	
		61869-10	
		61869-11	60044-7
		61869-12	
		61869-13	

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	2
1 Domaine d'application	7
2 Références normatives	7
3 Termes et définitions.....	8
3.1 Définitions générales	8
3.2 Définitions concernant les caractéristiques diélectriques et les tensions assignées	13
3.4 Définitions liées à la précision.....	13
3.5 Définitions liées aux autres caractéristiques assignées	14
3.7 Index des abréviations	14
5 Caractéristiques assignées	15
5.3 Niveaux d'isolement assignés	15
5.3.3 Autres exigences pour l'isolement des bornes primaires	15
5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires	16
5.4 Fréquence assignée.....	17
5.5 Puissances de précision assignées.....	17
5.6 Classe de précision assignée.....	18
6 Conception et construction	22
6.1 Exigences relatives aux liquides utilisés dans l'équipement	22
6.1.4 Étanchéité au liquide.....	22
6.7 Exigences mécaniques	22
6.8 Chocs coupés multiples sur les bornes primaires	22
6.9 Exigences concernant la protection contre un défaut d'arc interne	22
6.13 Marquages.....	22
7 Essais	30
7.1 Généralités	30
7.1.2 Liste des essais	30
7.1.3 Séquence des essais	31

7.2	Essais de type	33
7.2.2	Essai d'échauffement	33
7.2.3	Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires	35
7.2.4	Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur	35
7.2.6	Essai concernant la précision	35
7.2.8	Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	37
7.3	Essais individuels de série	43
7.3.1	Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires	43
7.3.2	Mesure de décharges partielles	45
7.3.5	Essai de précision	45
7.3.7	Essai d'étanchéité des enveloppes à température ambiante	47
7.3.8	Essai de pression de l'enveloppe	47
7.4	Essais spéciaux	48
7.4.1	Essai de tenue à l'onde de tension de choc coupée sur les bornes primaires	48
7.4.2	Essai aux chocs coupés multiples sur les bornes primaires	48
7.4.3	Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique	48
7.4.6	Essai de défaut d'arc interne	48
Annexe 5A (normative) Schéma type d'un transformateur condensateur de tension		50
Annexe 5B (informative) Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut		51
Annexe 5C (normative) Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension		52
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes		53
Bibliographie		54

Figure 501 – Diagramme d'erreur d'un transformateur condensateur de tension pour les classes de précision 0,2, 0,5 et 1,0	19
Figure 502 – TCT à un enroulement secondaire	23
Figure 503 – TCT à deux enroulements secondaires	23
Figure 504 – TCT à deux enroulements secondaires à prise intermédiaire	23
Figure 505 – TCT à un enroulement secondaire et un enroulement de tension résiduelle	23
Figure 506 – Exemple de plaque signalétique type	26
Figure 507 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension	28
Figure 508 – Organigrammes de la séquence d'essais à appliquer pour les essais de type (Figure 508a) et les essais individuels de série (Figure 508b)	32
Figure 509 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent	41
Figure 510 – Charge série	41
Figure 511 – Résistance pure	41
Figure 512 – Exemple de diagramme d'erreur d'un TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec le circuit équivalent	46
Figure 5A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension	50
Figure 5A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur	50
 Tableau 501 – Limites de l'erreur de tension et du déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure	 18
Tableau 502 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour protection	20
Tableau 503 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension pour produire une tension résiduelle	21
Tableau 504 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et thermiques	21
Tableau 505 – Marquage sur la plaque signalétique	24
Tableau 506a – Exigences concernant la ferro-résonance	27
Tableau 506b – Exigences concernant la ferro-résonance	28
Tableau 507 – Valeurs et classes normales de réponse en régime transitoire	29
Tableau 10 – Liste des essais	31
Tableau 508 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement	34
Tableau 509 – Gammes de charges pour les essais de précision	36
Tableau 510 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet	44
Tableau 511 – Points de contrôle de la précision (exemple)	46
Tableau 512 – Contrôle de ferro-résonance	47

TRANSFORMATEURS DE MESURE –

Partie 5: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs condensateurs de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61869 s'applique aux transformateurs condensateurs de tension monophasés neufs connectés entre la ligne et la terre pour des tensions de réseau $U_m \geq 72,5$ kV aux fréquences industrielles comprises entre 15 Hz et 100 Hz. Ils sont destinés à fournir une basse tension pour les fonctions de mesure, commande et protection.

Le transformateur condensateur de tension peut être équipé ou non d'accessoires pour courant porteur pour application pour courant porteur en ligne (CPL) aux fréquences porteuses comprises entre 30 kHz et 500 kHz.

Les exigences fondamentales concernant les condensateurs de couplage et les diviseurs capacitifs sont définies dans la CEI 60358. Les exigences de transmission concernant les dispositifs de couplage pour courant porteur en ligne (CPL) sont définies dans la CEI 60481.

L'application de mesure inclut à la fois la mesure pour indication et la mesure pour comptage.

NOTE 501 Des schémas du transformateur condensateur de tension auquel s'applique cette norme sont indiqués sur les Figures 5A.1 et 5A.2.

2 Références normatives

L'Article 2 de la CEI 61869-1:2007 s'applique avec le complément suivant:

CEI 61869-1:2007, *Transformateurs de mesure – Partie 1: Exigences générales*

CEI 60038 ed7.0 (2009-06) – *Tensions normales de la CEI*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

CEI 60050-436, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050-601, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050-604, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60358, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

CEI 60481, *Groupes de couplage pour systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'EN 61869-1, s'appliquent avec les compléments suivants:

3.1 Définitions générales

3.1.501

transformateur condensateur de tension TCT

transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif de tension et un ensemble électromagnétique conçus et connectés de façon que la tension secondaire de l'ensemble électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle approximativement nul pour un sens approprié des connexions

[CEI 60050-321:1986, 321-03-14, modifié]

3.1.502

transformateur de tension pour mesure

transformateur de tension destiné à transmettre un signal d'information à des appareils de mesure, des compteurs et autres appareils analogues

[CEI 60050-321:1986, 321-03-04 modifiée]

3.1.503

transformateur de tension pour protection

transformateur de tension destiné à transmettre un signal d'information à des dispositifs de protection ou de commande

[CEI 60050-321:1986, 321-03-05]

3.1.504

enroulement secondaire

enroulement qui alimente les circuits de tension des appareils de mesure, de compteurs, de dispositifs de protection ou de commande

[CEI 60050-321:1986, 321-01-07, modifié]

3.1.505

enroulement de tension résiduelle

enroulement d'un transformateur condensateur de tension monophasé destiné, pour un ensemble de trois transformateurs monophasés, à une connexion en triangle ouvert afin de fournir une tension résiduelle en cas de défaut à la terre

[CEI 60050-321:1986, 321-03-11]

3.1.506

catégorie de température assignée d'un transformateur condensateur de tension

plage de températures de l'air ambiant ou du milieu de refroidissement pour laquelle le transformateur condensateur de tension a été conçu

3.1.507

borne de ligne

borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau

[CEI 60050-436:1986, 436-03-14]

3.1.508

ferro-résonance

résonance permanente d'un circuit constitué d'une capacité avec une inductance magnétique saturable non linéaire et d'une source de tension alternative d'excitation

NOTE 501 La ferro-résonance peut être amorcée par des manœuvres côté primaire ou côté secondaire.

3.1.509

réponse transitoire

mesure instantanée de la forme d'onde de la tension secondaire, comparée à la forme d'onde de tension sur la borne à haute tension en régime transitoire

3.1.510

TCT connecté en tension

TCT ne comportant qu'une seule borne primaire

NOTE 501 Dans des conditions normales, le raccordement primaire conduit uniquement le courant du transformateur condensateur de tension.

3.1.511

TCT connecté en courant

TCT qui a deux bornes primaires conduisant le courant de ligne

NOTE 501 Les bornes et le raccordement primaire sont conçus pour conduire le courant de ligne dans des conditions normales.

3.1.512

TCT connecté à un circuit bouchon

TCT qui supporte un circuit bouchon sur sa partie supérieure

3.1.513

condensateur

bipôle caractérisé essentiellement par la grandeur capacité

[CEI 60050-151:2001, 151-13-28]

3.1.514

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

[CEI 60050-436:1986, 436-01-03]

3.1.515

unité (de condensateur)

ensemble d'un ou plusieurs éléments de condensateur placés dans une même enveloppe et reliée à des bornes de sortie

[CEI 60050-436:1986, 436-01-04]

NOTE 501 Un type courant d'unité pour des condensateurs de couplage comporte une enveloppe cylindrique en matière isolante et des brides d'extrémité métalliques, utilisées comme bornes.

3.1.516

empilage (de condensateurs)

ensemble d'unités de condensateurs connectés en série

[CEI 60050-436.1986, 436-01-05]

NOTE 501 Les unités de condensateurs sont habituellement disposés verticalement.

3.1.517

diviseur de tension capacitif

empilage de condensateurs formant un diviseur de tension à utiliser sous tension alternative

[CEI 60050-436:1986, 436-02-10]

3.1.518

capacité assignée d'un condensateur

C_r

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

NOTE 501 Cette définition s'applique:

- à la capacité entre les bornes de l'unité, pour une unité de condensateur;
- à la capacité entre la borne primaire et la borne basse tension, pour un empilage de condensateurs;
- à la capacité résultante: $C_r = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$, pour un diviseur capacitif.

3.1.519

condensateur de couplage

condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance

[VEI 60050-436:1986, 436-02-11]

3.1.520

condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)

C_1

condensateur connecté entre la borne haute tension et la borne à tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

[CEI 60050-436:1986, 436-02-12]

3.1.521

condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)

C_2

condensateur connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne basse tension d'un diviseur capacitif

[CEI 60050-436:1986, 436-02-13]

3.1.522

borne à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)

borne destinée à être connectée à un circuit intermédiaire tel que le dispositif électromagnétique d'un transformateur condensateur de tension

[CEI 60050-436:1986, 436-03-03]

3.1.523

borne basse tension d'un diviseur capacitif

borne destinée à être reliée directement à la terre ou par l'intermédiaire d'une impédance de valeur négligeable à la fréquence du réseau

NOTE 501 Pour un condensateur de couplage, cette borne est reliée au dispositif de transmission des signaux.

[CEI 60050-436:1986, 436-03-04]

3.1.524

tolérance de capacité

différence admise entre la valeur réelle de la capacité et la valeur assignée dans des conditions spécifiées

[CEI 60050-436:1986, 436-04-01]

3.1.525

résistance-série équivalente d'un condensateur

résistance virtuelle qui, si elle était connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes de puissance égales à la puissance active absorbée par ce condensateur dans des conditions de fonctionnement à haute fréquence donnée

3.1.526

capacité à haute fréquence (d'un condensateur)

valeur effective de la capacité pour une fréquence donnée résultant de l'action combinée de la capacité intrinsèque et de l'inductance propre du condensateur

[CEI 60050-436:1986, 436-04-03]

3.1.527

tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

U_C

tension entre la borne à tension intermédiaire du diviseur capacitif et la borne à basse tension, lorsque la tension primaire est appliquée entre les bornes à haute et basse tension ou entre la borne à haute tension et la borne de terre

3.1.528

rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

K_C

rapport de la tension appliquée au diviseur capacitif à la tension intermédiaire à circuit ouvert

[CEI 60050-436:1986, 436-04-05]

NOTE 501 Ce rapport correspond à la somme des capacités des condensateurs à haute tension et à tension intermédiaire divisée par la capacité du condensateur à haute tension: $(C_1 + C_2) / C_1 = K_C$.

NOTE 502 C_1 et C_2 incluent les capacités parasites qui sont généralement négligeables.

3.1.529

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur

[CEI 60050-436:1986, 436-04-10]

3.1.530

tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$) d'un condensateur

rapport entre la puissance active P_a et la puissance réactive P_r : $\tan \delta = P_a/P_r$

3.1.531

coefficient de température de la capacité

T_C

changement partiel de la capacité pour une variation donnée de la température:

$$T_C = \frac{\Delta C}{\Delta T \times C_{20^\circ}} \left[\frac{1}{K} \right]$$

ΔC représente le changement observé de la capacité sur l'intervalle de température ΔT

C_{20° représente la capacité mesurée à 20 °C

NOTE 501 Le terme $\Delta C/\Delta T$ selon cette définition n'est utilisable que si la capacité est une fonction linéaire approximative de la température dans la plage concernée. Sinon, il convient que l'influence de la température sur la capacité soit indiquée par un graphique ou un tableau.

3.1.532

capacité parasite de la borne à basse tension

capacité parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.1.533

conductance parasite de la borne à basse tension

conductance parasite entre la borne à basse tension et la borne de terre

3.1.534

diélectrique d'un condensateur

matériau isolant entre les électrodes

3.1.535

ensemble électromagnétique

sous-ensemble d'un transformateur condensateur de tension, connecté entre la borne à tension intermédiaire et la borne de terre du diviseur capacitif (ou éventuellement directement connecté à la terre lorsqu'un dispositif de couplage par courant porteur est utilisé) et qui fournit la tension secondaire

NOTE 501 Un ensemble électromagnétique comprend généralement un transformateur destiné à abaisser la tension intermédiaire jusqu'à la valeur requise de la tension secondaire, une inductance compensatrice et un dispositif d'amortissement de la ferro-résonance. La réactance $L \cdot (2\pi f_R)$ de l'inductance compensatrice doit être approximativement égale à la fréquence assignée f_R à la réactance capacitive $1/[2\pi f_R \cdot (C_1 + C_2)]$ des deux parties du diviseur connectées en parallèle. L'inductance compensatrice peut être incorporée intégralement ou partiellement dans le transformateur.

3.1.536

transformateur intermédiaire

transformateur de tension dans lequel la tension secondaire, dans des conditions normales d'utilisation, est essentiellement proportionnelle à la tension primaire

3.1.537

inductance compensatrice

L

inductance qui est généralement connectée entre la borne intermédiaire et la borne côté haute tension de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou entre la borne de terre et la borne côté terre de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire ou intégrée dans les enroulements primaire et secondaire du transformateur intermédiaire

NOTE 501 La valeur de conception de l'inductance L est:
$$L = \frac{1}{(C_1 + C_2) \times (2\pi f_R)^2}$$

3.1.538

dispositif d'amortissement

dispositif incorporé dans l'ensemble électromagnétique dans le but de:

- limiter les surtensions qui peuvent apparaître aux bornes d'un ou plusieurs composants;
- et/ou empêcher une ferro-résonance permanente;
- et/ou obtenir une meilleure performance de la réponse transitoire du transformateur condensateur de tension

3.1.539

accessoires pour courant porteur

éléments de circuit destinés à permettre l'injection du signal de fréquence porteuse et qui sont connectés entre la borne basse tension du diviseur capacitif et la terre, ayant une impédance qui est négligeable à la fréquence du réseau, mais notable à la fréquence porteuse (voir Figure 5A.2)

3.1.540

bobine de drainage

inductance qui est connectée entre la borne basse tension d'un diviseur capacitif et la terre et dont l'impédance est négligeable à la fréquence du réseau, mais a une valeur élevée à la fréquence porteuse

3.1.541

dispositif limiteur de tension

dispositif connecté aux bornes de la bobine de drainage ou entre la borne basse tension du diviseur de tension capacitif et la terre afin de limiter les surtensions transitoires qui peuvent apparaître aux bornes de la bobine de drainage

NOTE 501 des exemples de causes possibles de surtension sont:

- a) un court-circuit entre la borne primaire et la terre;
- b) lorsqu'une tension de choc est appliquée entre la borne primaire et la terre;
- c) le fonctionnement d'un sectionneur de ligne.

3.1.542

sectionneur pour la mise à la terre des courants porteurs

sectionneur pour la mise à la terre de la borne basse tension, lorsque nécessaire

3.2 Définitions concernant les caractéristiques diélectriques et les tensions assignées

3.2.501

tension primaire assignée

U_{Pr}

valeur de la tension primaire qui figure dans la désignation d'un transformateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[CEI 60050-321:1986, 321-01-12]

3.2.502

tension secondaire assignée

U_{Sr}

valeur de la tension secondaire qui figure dans la désignation du transformateur de tension et d'après laquelle sont déterminées ses conditions de fonctionnement

[CEI 60050-321:1986, 321-01-16]

3.2.503

facteur de tension assigné

F_V

facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée U_{Pr} pour déterminer la tension maximale pour laquelle un transformateur doit répondre aux prescriptions d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié, ainsi qu'aux prescriptions de précision correspondantes

[CEI 60050-321:1986, 321-03-12]

3.4 Définitions liées à la précision

3.4.3

erreur de rapport

ε

le paragraphe 3.4.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec la note complémentaire suivante:

NOTE 501 Cette définition en régime permanent ne concerne que des composants à la fréquence assignée des tensions primaire et secondaire et ne tient pas compte des composants à tension continue ni des tensions résiduelles.

$$\text{erreur de tension } \varepsilon_U = \frac{k_r \times U_S - U_P}{U_P} \times 100 \text{ [\%]}$$

où:

k_r est le rapport de transformation assigné,

U_P est la tension primaire réelle, et

U_S est la tension secondaire réelle lorsque U_P est appliquée dans les conditions de mesure.

3.5 Définitions liées aux autres caractéristiques assignées

3.5.501

puissance thermique limite

valeur de la puissance apparente en voltampères, par rapport à la tension assignée, pouvant être extraite du circuit secondaire lorsque la tension assignée est appliquée au primaire, sans dépasser les limites d'échauffement

3.5.502

gamme de fréquences assignée

gamme de fréquences pour laquelle la classe de précision assignée est applicable

3.7 Index des abréviations

Le Paragraphe 3.7 de la CEI 61869-1 est remplacé par le suivant:

TdM	Transformateur de mesure
TC	Transformateur de courant
TCT	Transformateur condensateur de tension
TT	Transformateur de tension
GIS	Appareillage à isolation gazeuse
AIS	Appareillage à isolation d'air
CPL	Courant porteur sur ligne
k	rapport de transformation réel
k_r	rapport de transformation assigné
ε	erreur de rapport
$\Delta\phi$	déphasage
S_r	puissance de précision assignée
U_{sys}	tension la plus élevée pour le réseau
U_m	tension la plus élevée pour le matériel
f_R	fréquence assignée
F_{rel}	taux de fuite relatif
C_1	condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)
C_2	condensateur à tension intermédiaire (d'un diviseur capacitif)
C_r	capacité assignée d'un condensateur
F	charge mécanique
F_V	facteur de tension assigné
K_C	rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

L	Inductance compensatrice
$\tan\delta$	tangente de l'angle de perte d'un condensateur
T_C	coefficient de température de la capacité
U_C	tension intermédiaire d'un diviseur capacitif
$U_P(t)$	tension primaire réelle
U_{Pr}	tension primaire assignée
$U_S(t)$	tension secondaire réelle
U_{Sr}	tension secondaire assignée
ε_U	erreur de rapport de tension

5 Caractéristiques assignées

L'Article 5 de la CEI 61869-1 est applicable avec les modifications suivantes:

NOTE 501 Veuillez noter que des niveaux de tension additionnels, à prendre en compte avec le Paragraphe 5.2: Tension maximale pour les équipements, sont indiqués au 5.501: Valeurs normalisées des tensions assignées. Dans les futures révisions des CEI 61869, la mise en page de ce paragraphe sera remaniée.

5.3 Niveaux d'isolement assignés

5.3.3 Autres exigences pour l'isolement des bornes primaires

5.3.3.1 Décharges partielles

Le Paragraphe 5.3.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec le complément suivant:

Le Tableau 3 est également applicable au TCT.

5.3.3.2 Choc de foudre coupé

Le Paragraphe 5.3.3.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Dans le cas des TCT, des diviseurs capacitifs et des unités capacitifs, cet essai est un essai de type obligatoire destiné à vérifier la conception des connexions en série internes des éléments du condensateur.

5.3.3.3 Capacité et facteur de dissipation diélectrique

Le Paragraphe 5.3.3.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes suivants:

5.3.3.3.501 Capacité à fréquence industrielle

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage et d'un diviseur de tension capacitif, mesurée à U_{Pr} et à la température ambiante, ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de -5% à $+10\%$. Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas différer de plus de 5% de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

5.3.3.3.502 Facteur de dissipation diélectrique du condensateur à la fréquence industrielle

Les valeurs acceptables du facteur de dissipation, exprimées par la $\tan \delta$ mesurée à U_{Pr} sont les suivantes:

- Papier: $\leq 5 \times 10^{-3}$
- Mixte: film-papier-film et papier-film-papier $\leq 2 \times 10^{-3}$
- Film: $\leq 1 \times 10^{-3}$

NOTE 501 Les valeurs de $\tan \delta$ se rapportent aux diélectriques imprégnés d'huile minérale ou synthétique et à 20 °C (293 K).

5.3.3.501 Borne basse tension du diviseur de tension capacitif

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai appliquée entre les bornes basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

5.3.3.502 Borne basse tension exposée aux intempéries

Si la borne basse tension est exposée aux intempéries, elle doit être soumise pendant 1 min à une tension alternative de 10 kV (valeur efficace) entre les bornes basse tension et de terre.

- Durant cet essai, l'ensemble électromagnétique n'est pas déconnecté.

NOTE Les tensions d'essai sont applicables aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur avec protection contre les surtensions.

- Si un éclateur de protection est incorporé entre la borne basse tension et la terre, il convient de l'empêcher son fonctionnement pendant les essais. Il convient de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolation des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

5.3.5 Exigences d'isolement pour les bornes secondaires

5.3.501 Exigences d'isolement pour l'ensemble électromagnétique

- a) La tension de tenue assignée au choc de foudre de l'ensemble électromagnétique doit être égale à:

$$\text{tension au choc d'essai du TCT} \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur de crête)}$$

- b) La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de l'ensemble électromagnétique doit être égale à:

$$U_{Pr} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (valeur efficace)}$$

NOTE 501 Les essais a) peuvent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet.

NOTE 502 Pour l'essai b) l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté du diviseur capacitif.

NOTE 503 Le facteur 3,3 est fixe pour toutes les valeurs de U_m et couvre le plus mauvais cas. (Le facteur

$3,3 = \sqrt{3} \times \frac{140 \text{ kV}}{72,5 \text{ kV}} \approx \frac{\sqrt{3} \times 275 \text{ kV}}{145 \text{ kV}}$ est le facteur de corrélation entre la tension d'essai alternative et U_m .)

5.4 Fréquence assignée

Le Paragraphe 5.4 de la CEI 61869-1 est applicable avec les compléments suivants:

Pour mesurer les classes de précision, la gamme de fréquences assignée est comprise entre 99 % et 101 % de la fréquence assignée.

Pour les classes de précision de protection, la gamme de fréquences assignée est comprise entre 96 % et 102 % de la fréquence assignée.

5.5 Puissances de précision assignées

5.5.501 Valeurs des puissance de précision assignée

Les valeurs préférentielles de la puissance de précision assignée avec un facteur de puissance unitaire, exprimées en voltampères, sont:

1,0 - 2,5 - 5,0 - 10 VA (gamme de charges I)

où la précision est spécifiée de 0 % à 100 % de la charge assignée.

Les valeurs préférentielles de la puissance de précision assignée avec un facteur de puissance de 0,8 (inductif), exprimées en voltampères, sont:

10 - 25 - 50 - 100 VA (gamme de charges II)

où la précision est spécifiée de 25 % à 100 % de la charge assignée.

NOTE 501 Pour un transformateur donné, si l'une des valeurs de la puissance de précision assignée est normale et est associée à une classe normale de précision, d'autres valeurs de puissance de précision assignée, choisies éventuellement en dehors des valeurs normales, mais associées à d'autres classes normales, peuvent également être indiquées.

5.5.502 Puissance thermique limite assignée

La puissance thermique limite assignée doit être spécifiée en voltampères, les valeurs préférentielles sont

25 - 50 - 100 VA

et leurs multiples décimaux, rapportée à la tension secondaire assignée avec un facteur de puissance unitaire.

NOTE 501 Dans ce cas, les limites d'erreur peuvent être dépassées.

NOTE 502 Dans le cas de plusieurs enroulements secondaires, la puissance thermique limite doit être indiquée séparément pour chaque enroulement.

NOTE 503 La puissance thermique limite est spécifiée et testée sur un enroulement simple, avec les autres enroulements ouverts; en conséquence, en cas de plusieurs valeurs assignées de puissance thermique limite, l'utilisation simultanée de plus d'un enroulement doit être prudemment considérée et/ou acceptée par le constructeur. Voir également 7.2.2.501.

5.5.503 Puissance de sortie pour enroulements de tension résiduelle

La puissance de sortie assignée de l'enroulement destiné à être relié en triangle ouvert avec des enroulements semblables pour produire une tension résiduelle doit être spécifiée en volt-ampères et la valeur doit être choisie parmi celles de 5.5.501.

5.5.504 Puissance thermique assignée limite pour enroulements de tension résiduelle

Pour les enroulements de tension résiduelle, il convient que la puissance thermique assignée se réfère à une durée de 8 h pour le facteur de tension assigné.

NOTE 501 Les enroulements de tension résiduelle étant connectés en triangle ouvert, ils ne sont chargés que dans des conditions de défaut.

5.6 Classe de précision assignée

5.6.501 Exigences de précision concernant le transformateur condensateur de tension pour mesure

5.6.501.1 Désignation des classes de précision

Pour les transformateurs condensateurs de tension pour mesure, la classe de précision est désignée par le plus grand pourcentage d'erreur de tension admissible à la tension assignée et avec la charge assignée, prescrite par la classe de précision concernée.

5.6.501.2 Classes de précision normales

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

0,2 – 0,5 – 1,0 – 3,0

5.6.501.3 Limites de l'erreur de tension et du déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 501 (voir aussi la Figure 501) pour la classe de précision appropriée à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et avec des charges comprises entre 0 % et 100 % de la charge assignée pour la gamme de charge I ou avec des charges comprises entre 25 % et 100 % de la charge assignée pour la gamme de charge II. Les erreurs doivent être déterminées aux bornes du transformateur condensateur de tension et doivent inclure les effets de tout fusible ou résistance, lorsqu'ils sont fournis en tant que partie intégrante du TCT.

Pour les transformateurs multi-rapports avec prises sur l'enroulement secondaire, les exigences de précision font référence au rapport de transformation le plus élevé sauf spécification contraire.

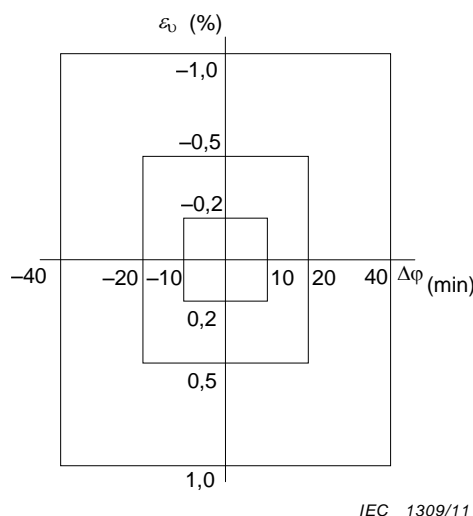
Tableau 501 – Limites de l'erreur de tension et du déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Classe de précision	Erreur de tension (de rapport) ε_u $\pm \%$	Déphasage $\Delta\varphi$	
		\pm Minutes	\pm Centiradians
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Non spécifié	Non spécifié

NOTE 501 La charge d'entrée d'un pont compensé est très faible (≈ 0) (c'est-à-dire que l'impédance d'entrée est très élevée).

NOTE 502 Le facteur de puissance de la charge assignée est conforme à 5.5.

NOTE 503 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements secondaires ou plus, si l'un des enroulements n'est chargé qu'occasionnellement, pendant de courtes durées, ou s'il est seulement utilisé comme enroulement de tension résiduelle, son effet sur les autres enroulements peut être négligé.



IEC 1309/11

Figure 501 – Diagramme d'erreur d'un transformateur condensateur de tension pour les classes de précision 0,2, 0,5 et 1,0

5.6.502 Exigences de précision concernant les transformateurs condensateurs de tension pour protection

5.6.502.1 Désignation des classes de précision

La classe de précision pour un transformateur condensateur de tension pour protection est désignée par le pourcentage d'erreur de tension le plus haut admissible exigé pour la classe de précision concernée, à partir de 5 % de la tension assignée jusqu'à une tension correspondant au facteur de tension assigné (voir 5.3.503) Cette expression est suivie de la lettre « P » (voir Tableau 502).

Trois classes supplémentaires de performance transitoire sont introduites en 6.503.3: T1, T2 et T3. Cette désignation doit correspondre à la désignation de la classe de précision. Par exemple, la classe 3PT1 inclut la performance de la classe de précision 3P et de la classe de performance transitoire T1 (voir Tableau 507).

5.6.502.2 Classes de précision normales

Les classes de précision normales pour des transformateurs condensateurs de tension de protection sont « 3P » et « 6P ».

5.6.502.3 Limites de l'erreur de tension et du déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 504 pour la classe de précision appropriée à 2 % et 5 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9) et à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et avec des charges comprises entre 0 % et 100 % de la valeur assignée pour la gamme de charge I ou avec des charges comprises entre 25 % et 100 % de la valeur assignée pour la gamme de charge II.

NOTE 501 Le facteur de puissance de la charge assignée est conforme à 5.5.

NOTE 502 Lorsque des transformateurs ont des limites d'erreur différentes à 5 % de la tension assignée et à la limite supérieure de tension (c'est-à-dire à la tension correspondant à un facteur de tension assigné de 1,2, 1,5 ou 1,9), il convient que cela fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Tableau 502 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour protection

Classes de protection	% de tension assignée											
	2	5	100	X	2	5	100	X	2	5	100	X
	Erreur de tension (rapport) ε_u (\pm %)				Déphasage, $\Delta\phi$ \pm minutes				Déphasage, $\Delta\phi$ \pm centiradians			
3P	6,0	3,0	3,0	3,0	240	120	120	120	7,0	3,5	3,5	3,5
6P	12,0	6,0	6,0	6,0	480	240	240	240	14,0	7,0	7,0	7,0
NOTE $X = F_V \cdot 100$ (facteur de tension assigné multiplié par 100).												

5.6.502.4 Classe de précision pour les enroulements secondaires du TCT pour protection destinée à produire une tension résiduelle

La classe de protection pour un enroulement de tension résiduelle doit être 3P ou 6P comme défini en 5.6.502.3.

5.501 Valeurs normales des tensions assignées

5.501.1 Tensions primaires assignées U_{Pr}

Les valeurs normales de la tension primaire assignée d'un transformateur condensateur de tension connecté entre une phase d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre du réseau et la terre doivent être $1/\sqrt{3}$ fois les valeurs des tensions assignées du réseau.

Les valeurs préférentielles sont données dans la CEI 60038.

NOTE 501 Le fonctionnement d'un transformateur condensateur de tension utilisé comme transformateur de mesure ou transformateur de protection est basé sur la tension primaire assignée U_{Pr} tandis que le niveau d'isolation assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevées pour le matériel U_m de la CEI 60071-1.

5.501.2 Tensions secondaires assignées U_{Sr}

La tension secondaire assignée U_{Sr} doit être choisie selon la pratique à l'endroit où le transformateur doit être utilisé. Les valeurs indiquées ci-dessous sont considérées comme des valeurs normales pour des transformateurs condensateurs de tension connectés entre une phase et la terre dans les réseaux triphasés.

1) $\frac{100}{\sqrt{3}}$ V et $\frac{110}{\sqrt{3}}$ V;

2) Basé sur la pratique courante dans certains pays:

$\frac{115}{\sqrt{3}}$ V pour les systèmes de transmission.

5.501.3 Tensions assignées de l'enroulement secondaire destiné à produire une tension résiduelle

Les tensions secondaires assignées des enroulements destinés à être connectés en triangle ouvert avec des enroulements semblables, afin de produire une tension résiduelle, sont données dans le Tableau 501.

Tableau 503 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension pour produire une tension résiduelle

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

NOTE Lorsque les conditions du réseau sont telles que les valeurs préférentielles des tensions secondaires assignées produisent une tension résiduelle qui est trop basse, les valeurs non préférentielles peuvent être utilisées, mais l'attention est attirée sur la nécessité de prendre des mesures de sécurité.

5.501.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné

Le facteur de tension est déterminé par la tension de fonctionnement maximale qui dépend elle-même des conditions de mise à la terre du réseau.

Les facteurs de tension assignés appropriés aux différentes conditions de mise à la terre sont donnés dans le Tableau 502, ainsi que la durée admissible de l'application de la tension de fonctionnement maximale (c'est-à-dire la durée assignée).

Tableau 504 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et thermiques

Facteur de tension assigné F_V	Durée assignée	Méthode de connexion de la borne primaire et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre effectivement mis à la terre (voir 3.2.7a de la CEI 61869-1)
1,5	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre non effectivement mis à la terre (voir 3.2.7b de la CEI 61869-1) avec déclenchement automatique sur défaut à la terre.
1,9	30 s	
1,2	Continue	Entre phase et terre dans un réseau à neutre isolé (voir 3.2.4 de la CEI 61869-1) sans déclenchement automatique sur défaut à la terre ou dans un réseau résonant mis à la terre (voir 3.2.5 de la CEI 61869-1) sans déclenchement automatique sur défaut à la terre.
1,9	8 h	

NOTE 1 Des durées assignées réduites sont admissibles par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les exigences thermiques et de précision d'un transformateur condensateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée tandis que le niveau d'isolation assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

NOTE 3 La tension de fonctionnement maximale d'un transformateur condensateur de tension doit être inférieure ou égale à la tension la plus élevée pour le matériel $U_m/\sqrt{3}$ ou à la tension primaire assignée U_{pr} multipliée par le facteur de tension assigné 1,2 pour le service continu, selon celle qui est la plus basse.

6 Conception et construction

6.1 Exigences relatives aux liquides utilisés dans l'équipement

L'Article 6 de la CEI 61869-1 est applicable avec les modifications suivantes:

6.1.4 Étanchéité au liquide

6.1.4.501 Étanchéité du diviseur de tension capacitif

L'unité de condensateur ou le diviseur de tension capacitif assemblé complet doit être étanche dans toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

6.1.4.502 Étanchéité de l'ensemble électromagnétique

L'ensemble électromagnétique doit être étanche sur toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

6.7 Exigences mécaniques

La CEI 61869-1 est applicable avec les notes complémentaires suivantes:

NOTE 501 Cette exigence ne s'applique pas aux transformateurs condensateurs de tension suspendus.

NOTE 502 Il convient que le système de suspension d'un transformateur condensateur de tension ou d'un diviseur capacitif soit conçu pour supporter une contrainte de traction égale au moins à la masse en kilogrammes d'un transformateur condensateur de tension ou d'un diviseur capacitif, affecté d'un facteur de sécurité de 2,5, qui multiplié par 9,81 exprime la force correspondante en Newtons.

NOTE 503 Si le transformateur condensateur de tension est utilisé pour supporter un circuit-bouchon de ligne, il convient que d'autres charges d'essai fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

6.8 Chocs coupés multiples sur les bornes primaires

Cet article n'est pas applicable au transformateur condensateur de tension.

6.9 Exigences concernant la protection contre un défaut d'arc interne

Cet article n'est pas applicable au transformateur condensateur de tension.

6.13 Marquages

L'Article 6.13 de la CEI 61869-1 est applicable avec le texte et les paragraphes supplémentaires suivants:

Les informations suivantes doivent être fournies sur la plaque signalétique de chaque unité de condensateur:

- 1) constructeur;
- 2) numéro de série et année de fabrication;
- 3) capacité assignée C_r en picofarads.

6.13.501 Marquage des bornes

Le marquage des bornes doivent être conformes aux Figures 502, 503, 504 et 505.

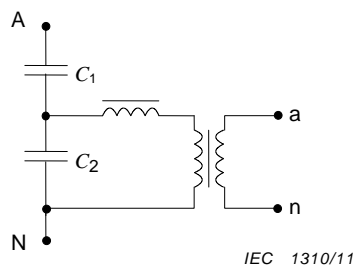


Figure 502 – TCT à un enroulement secondaire

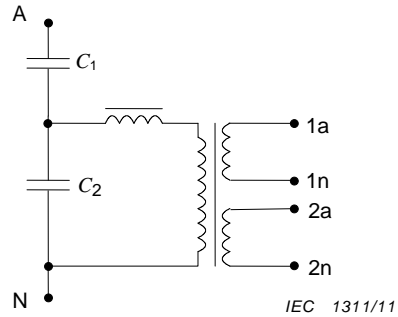


Figure 503 – TCT à deux enroulements secondaires

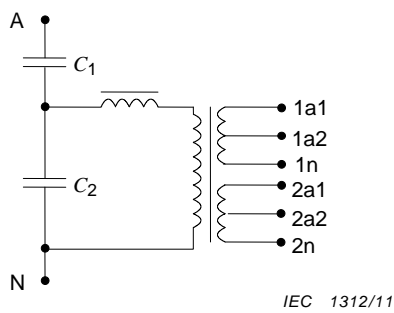


Figure 504 – TCT à deux enroulements secondaires à prise intermédiaire

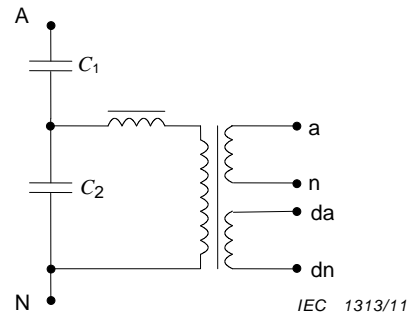


Figure 505 – TCT à un enroulement secondaire et un enroulement de tension résiduelle

6.13.502 Marquage de la plaque signalétique

Voir Tableau 505 pour marquage de la plaque signalétique.

Tableau 505 – Marquage sur la plaque signalétique

N°	Valeur assignée	Abréviation	M-TCT	(M + P)- TCT	Article/paragraphe
1	Nom du constructeur ou abréviation		X	X	6.13 (a) de la CEI 61869-1
2	Indication: transformateur condensateur de tension		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
3	Type, désignation		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
4	Année de fabrication		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
5	Numéro de série		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
6	Tension la plus élevée pour le matériel	U_m [kV]	X	X	6.13 (d) de la CEI 61869-1
7	Niveau d'isolation assigné basé sur U_m SIL /BIL /AC p.ex. $U_m < 300$ kV $U_m > 300$ kV		X	X	6.13 (e) de la CEI 61869-1
8	Fréquence assignée	f_R [Hz]	X	X	5.4
9	Facteur de tension assigné fonctionnent continu fonctionnent de courte durée	F_V	X X	X X	5.3.503
10	Capacité assignée du diviseur capacitif	C_1 [pF]	X	X	3.1.518
11	Capacité assignée du condensateur haute tension	C_1 [pF]	X	X	3.1.518
12	Capacité assignée du condensateur à tension intermédiaire	C_2 [pF]	X	X	3.1.518
13	Nombre d'unités de condensateur		X	X	3.1.515
14	Numéro de série des unités de condensateur		X	X	6.13 (b) de la CEI 61869-1
15	Catégories de température ambiante		X	X	6.13 (f) de la CEI 61869-1
16	Diviseur capacitif: huile d'isolation (huile minérale ou synthétique)	Type Masse [kg]	X	X	
17	Ensemble électromagnétique: huile d'isolation (huile minérale ou synthétique)	Type Masse [kg]	X	X	

N°	Valeur assignée	Abréviation	M-TCT	(M + P)-TCT	Article/paragraphe
18	Masse du TCT complet	[kg]	X	X	6.13 (g) de la CEI 61869-1
19	Édition de la norme (année)	CEI 61869-5 (200X)	X	X	-
20	Courant I: connexion A1-A2	I [A] $A_1 - A_2$	X	X	3.1.511
21	Tension primaire assignée et identification des bornes	A – N U_{Pr} (V)	X	X	3.2.501 6.13.501
22	Marquage des bornes des'enroulements secondaires	1a – 1n 2a – 2n 3a – 3n	X	X	6.13.501
23	Tension secondaire assignée	U_{Sr} (V)	X	X	5.3.502.2
24	Valeurs de puissance de précision assignée	VA	X	X	5.5.1
25	Classe de précision	M	X		5.6.501.2
26	Classe de précision	M P	X	X	5.6.501.2 5.6.502.2
27	Puissance simultanée maximale pour les enroulements d'un TCT complet en fonction de la classe de précision	VA M	X		5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
		VA M		X	5.6.501.2
		VA P		X	5.6.502.2
28	Puissance thermique limite	VA	X	X	5.5.2
29	Classes de réponse en régime transitoire			X	6.503.3
30	accessoires pour courant porteur Bobine de drainage Dispositif limiteur de tension BIL 1,2 / 50 μs	mH	X	X	6.504.2
		kV	X	X	6.504.3

NOTE 1

Signification des abréviations:

M:

mesure

P:

protection

(M + P):

mesure et protection

BIL:

Niveau d'isolement aux chocs de foudre (en anglais Basic Impulse insulation Level)
(réf. 5.2 Tableau 2, colonne 3 de la CEI 61869-1))

SIL:

Niveau d'isolement aux chocs de manœuvre (en anglais Switching Impulse Level)
(réf. 5.2 Tableau 2, colonne 4 de la CEI 61869-1)

NOTE 2

Les éléments concernant les accessoires pour courant porteur peuvent apparaître sur une plaque supplémentaire.

Pour les transformateurs de tension ayant une charge de précision n'excédant pas 10 VA et une charge étendue jusqu'à 0 VA, ce marquage doit être indiqué immédiatement avant l'indication de la charge (par exemple, 0 VA -10 VA classe 0,2).

Un exemple de plaque signalétique type est donné à la Figure 506.

(1)											(3)
(2) TRANSFORMATEUR CONDENSATEUR DE TENSION											
N° série (5)		Année (4)		Masse (18)		kg					
U _m (6) kV		f _r (8) Hz		Niv. Isol. (7) AC/SIL/BIL		kV		(9)			
Catégorie de temp. (15)		°C		Condensateur: type d'huile (16)		Masse (18)		kg			
				Ensemble électroMagnétique :type d'huile (17)		Masse (18)		kg			
C _R (10)		pF C ₁ (11)		pF C ₂ (12)		pF					
		N° série des unités de condensateur (14)		Nombre d'unités de condensateur (13)							
		Accessoires courant porteur: Bobine de drainage (30) mH		Courant de ligne A1-A2 (20) A							
		Dispositif limiteur de tension: BIL1,2/50 μs (30) kV									
U _{Pr} (V) (21)		A-N		(19) IEC 61869-5/20XX							
(22) 1a-1n		2a-2n		3a-3n		da-dn					
U _{Sr} (V) (23)		(23)		(23)		(23)					
Puissance de précision (VA) (24)		(24)		(24)		(24)					
Classe (25)/(26)		(25)/(26)		(25)/(26)		(25)/(26)					
Puissance simult. max. (VA) (27)											
Puissance thermique limite (VA) (28)		(28)		(28)		(28)					
Classe de réponse transitoire (29)		(29)		(29)		(29)					

Figure 506 – Exemple de plaque signalétique type

6.501 Capacité de tenue au court-circuit

Le transformateur condensateur de tension doit être conçu et réalisé pour supporter sans dommages, lorsqu'il est alimenté sous sa tension assignée, les effets mécaniques, électriques et thermiques d'un court-circuit externe du ou des enroulements secondaires pendant une durée d'une seconde.

6.502 Ferro-résonance

6.502.1 Généralités

Le transformateur condensateur de tension doit être conçu et réalisé pour empêcher les oscillations permanentes de ferro-résonance.

6.502.2 Transitoires des oscillations de ferro-résonance

Le transitoire de l'oscillation de ferro-résonance est défini par la formule suivante:

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_{S(t=T_F)} - \frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}}{\frac{\sqrt{2} \times U_P}{k_r}} = \frac{k_r \times \hat{U}_{S(t=T_F)} - \sqrt{2} \times U_P}{\sqrt{2} \times U_P}$$

Erreur instantanée maximale $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée T_F

où

$\hat{\varepsilon}_F$ est l'erreur instantanée maximale

\hat{U}_S est la tension secondaire (crête)

U_P est la tension primaire (valeur efficace)

U_{Pr} est la tension primaire assignée (valeur efficace)

k_r est le rapport de transformation

T_F est la durée de la ferro-résonance

t est la durée d'utilisation de l'essai de ferro-résonance

Pour toute tension inférieure à $F_V \cdot U_{Pr}$ et pour toute charge comprise entre 0 et la charge assignée, après apparition d'un phénomène de ferro-résonance du transformateur condensateur de tension dues à des opérations de manœuvre ou à des transitoires sur les bornes primaires ou secondaires, les oscillations de ferro-résonance ne doivent pas se maintenir. L'erreur instantanée maximale $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée spécifiée T_F est indiquée dans les Tableaux 506a et 506b:

a) Réseau à neutre effectivement mis à la terre (voir 4.4 de la CEI 61869-1)

Tableau 506a – Exigences concernant la ferro-résonance

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée de l'oscillation de ferro-résonance T_F s	Erreur $\hat{\varepsilon}_F$ après la durée T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,5 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

- b) Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (voir Paragraphe 4.4 de la CEI 61869-1)

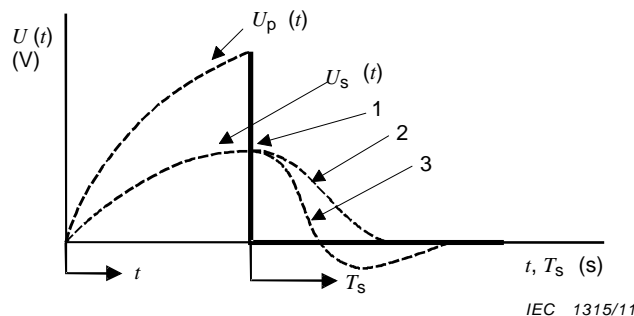
Tableau 506b – Exigences concernant la ferro-résonance

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée de l'oscillation de ferro-résonance T_F s	Erreur $\hat{\mathcal{E}}_F$ après la durée T_F %
$0,8 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,0 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,2 \cdot U_{Pr}$	$\leq 0,5$	≤ 10
$1,9 \cdot U_{Pr}$	≤ 2	≤ 10

6.503 Réponse en régime transitoire

6.503.1 Généralités

La caractéristique de la réponse en régime transitoire est donnée par le rapport entre la tension secondaire $U_S(t)$ à un temps spécifié T_S après application du court-circuit au primaire et la valeur crête de la tension secondaire $F_V \times \sqrt{2} \times U_{Sr}$ avant application du court-circuit au primaire. La tension secondaire $U_S = U_S(t)$ après un court-circuit de la tension primaire $U_P = U_P(t)$ peut être représentée comme suit:



Légende

- 1 Court-circuit de $U_P(t)$
- 2 Amortissement apériodique de $U_S(t)$
- 3 Amortissement périodique de $U_S(t)$

**Figure 507 – Réponse en régime transitoire
d'un transformateur condensateur de tension**

6.503.2 Exigences concernant la réponse en régime transitoire

Après un court-circuit de l'alimentation entre la borne haute tension A et la borne basse tension N reliée à la terre, la tension secondaire instantanée d'un transformateur condensateur de tension doit décroître pendant un temps spécifié T_S jusqu'à une valeur spécifiée de la tension crête avant l'application du court-circuit (voir Figure 507).

6.503.3 Classes normales de réponse en régime transitoire

Les classes de réponse en régime transitoire sont définies dans le Tableau 507.

L'essai de type pour la réponse transitoire doit être effectué conformément au 7.2.504.

Tableau 507 – Valeurs et classes normales de réponse en régime transitoire

Temps T_s s	Rapport $\frac{ U_s(t) }{\sqrt{2} \times U_s} \times 100\%$		
	Classes		
	3PT1 6PT1	3PT2 6PT2	3PT3 6PT3
$10 \cdot 10^{-3}$	-	≤ 25	≤ 4
20×10^{-3}	≤ 10	≤ 10	≤ 2
40×10^{-3}	< 10	≤ 2	≤ 2
60×10^{-3}	< 10	$\leq 0,6$	≤ 2
90×10^{-3}	< 10	$\leq 0,2$	≤ 2
NOTE 1 Pour une classe spécifiée, la réponse en régime transitoire de la tension secondaire $U_s(t)$ peut être amortie apériodique ou périodique et un dispositif d'amortissement fiable peut être utilisé.			
NOTE 2 Pour les classes de réponse en régime transitoire 3PT3 et 6PT3, un transformateur condensateur de tension nécessite l'utilisation d'un dispositif d'amortissement.			
NOTE 3 D'autres valeurs de rapport et de temps T_s peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.			
NOTE 4 Le choix de la classe de réponse en régime transitoire dépend des caractéristiques des relais de protection spécifiés.			

Si un dispositif d'amortissement est utilisé, il convient que la preuve de la fiabilité de ce dispositif fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

6.504 Exigences concernant les accessoires pour courant porteur

6.504.1 Généralités

Les accessoires pour courant porteur, comprenant une bobine de drainage et un dispositif de protection, doivent être connectés entre la borne basse tension du diviseur de tension capacitif et la borne de terre. Le schéma type est représenté à la Figure 5A.2.

Lorsque un accessoire pour courant porteur est connecté par le constructeur dans le conducteur de terre du condensateur à tension intermédiaire, la précision du transformateur condensateur de tension doit rester dans la classe de précision spécifiée (voir Figure 5A.2).

Les exigences concernant le dispositif de couplage complet sont définies dans la CEI 60481.

6.504.2 Bobine de drainage

La bobine de drainage doit être conçue de la façon suivante:

- il convient que l'impédance à la fréquence industrielle entre la borne primaire et les bornes de terre du dispositif de couplage soit aussi basse que possible et qu'elle ne dépasse en aucun cas 20Ω ;

- b) la capacité de transport de courant à fréquence industrielle est comme suit:
- fonctionnement continu: 1 A valeur efficace,
 - courant de courte durée: 50 A valeur efficace pendant 0,2 s;
- c) la bobine de drainage doit pouvoir supporter une tension de choc de 1,2/50 µs dont la valeur crête est égale à deux fois la valeur de la tension d'amorçage au choc du dispositif limiteur de tension.

6.504.3 Dispositif limiteur de tension

Le dispositif limiteur de tension peut être un éclateur ou tout autre type de limiteur de surtension ayant une tension d'amorçage à fréquence industrielle U_{SP} supérieure à dix fois la tension alternative maximale aux bornes de la bobine de drainage pendant des conditions de fonctionnement assigné.

La tension U_{SP} est donnée par la formule suivante:

$$U_{SP} \geq 10 \times F_V \times \frac{U_m}{\sqrt{3}} \times (2\pi f_R)^2 \times C_N \times L_D$$

où L_D est la valeur de la bobine de drainage en henry.

NOTE 501 Exemple de niveau d'isolement:

- a) Tension de tenue à fréquence industrielle:
- éclateur à air: 2 kV valeur efficace;
 - limiteur de surtension à résistance non linéaire à éclateur: tension assignée: environ 1 kV valeur efficace.
- b) Tension de tenue au choc:
- éclateur à air et limiteur de surtension à résistance non linéaire à éclateur: à la tension de choc d'essai d'environ 4 kV, avec une forme d'onde de 8/20 µs, il convient que le limiteur de surtension soit capable de supporter un courant de crête d'au moins 5 kA.

NOTE 502 Seuls l'éclateur à air et le limiteur de surtension à résistance non linéaire avec éclateur conviennent pour cette application.

7 Essais

7.1 Généralités

7.1.2 Liste des essais

Remplacer le Tableau 10 de la CEI 61869-1 par le suivant:

Tableau 10 – Liste des essais

Essais	Paragraphe
Essais de type	7.2
Essai d'échauffement	7.2.2
Essai au choc de foudre coupé	7.4.1
Essai de tension de choc sur les bornes primaires	7.2.3
Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur	7.2.4
Essais de compatibilité électromagnétique	7.2.5
Essai de précision	7.2.8
Vérification du degré de protection par les enceintes	6.10
Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	7.2.8
Essai de pression pour l'enveloppe	7.2.9
Mesure de la capacité et de $\tan \delta$ à fréquence industrielle	7.2.501
Essai de capacité de tenue au court-circuit	7.2.502
Essai de ferro-résonance	7.2.503
Essai de réponse transitoire (pour les transformateurs condensateurs pour protection)	7.2.504
Essais de type des accessoires pour courant porteur	7.2.505
Essais individuels de série	7.3
Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires	7.3.1
Mesure de décharges partielles	7.3.2
Essais de tenue de tension à fréquence industrielle entre sections	7.3.3
Essais de tenue de tension à fréquence industrielle sur les bornes secondaires	7.3.4
Essai de précision	7.3.5
Vérification des marquages	7.3.6
Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante	7.3.7
Essai de pression pour l'enceinte	7.3.8
Contrôle de ferro-résonance	7.3.501
Essais individuels de série des accessoires pour courant porteur	7.3.502
Essais spéciaux	7.4
Essai de surtensions transmises	7.4.4
Essais mécaniques	7.4.5
Essai d'étanchéité de l'enveloppe à basse et haute températures	7.4.7
Essai du point de rosée du gaz	7.4.8
Essai de corrosion	7.4.9
Essai de risque incendie	7.4.10
Détermination du coefficient de température (T_C)	7.4.501
Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateur	7.4.502
Essais d'échantillons	7.5

7.1.3 Séquence des essais

Remplacer l'Article 7.1.3 de la CEI 61869-1 par le suivant:

Séquence d'essais considérant un ou deux appareils:

La séquence d'essais de l'organigramme doit être considérée comme obligatoire (voir Figures 508a et 508b).

NOTE 501 Une légère modification de la séquence d'essais peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

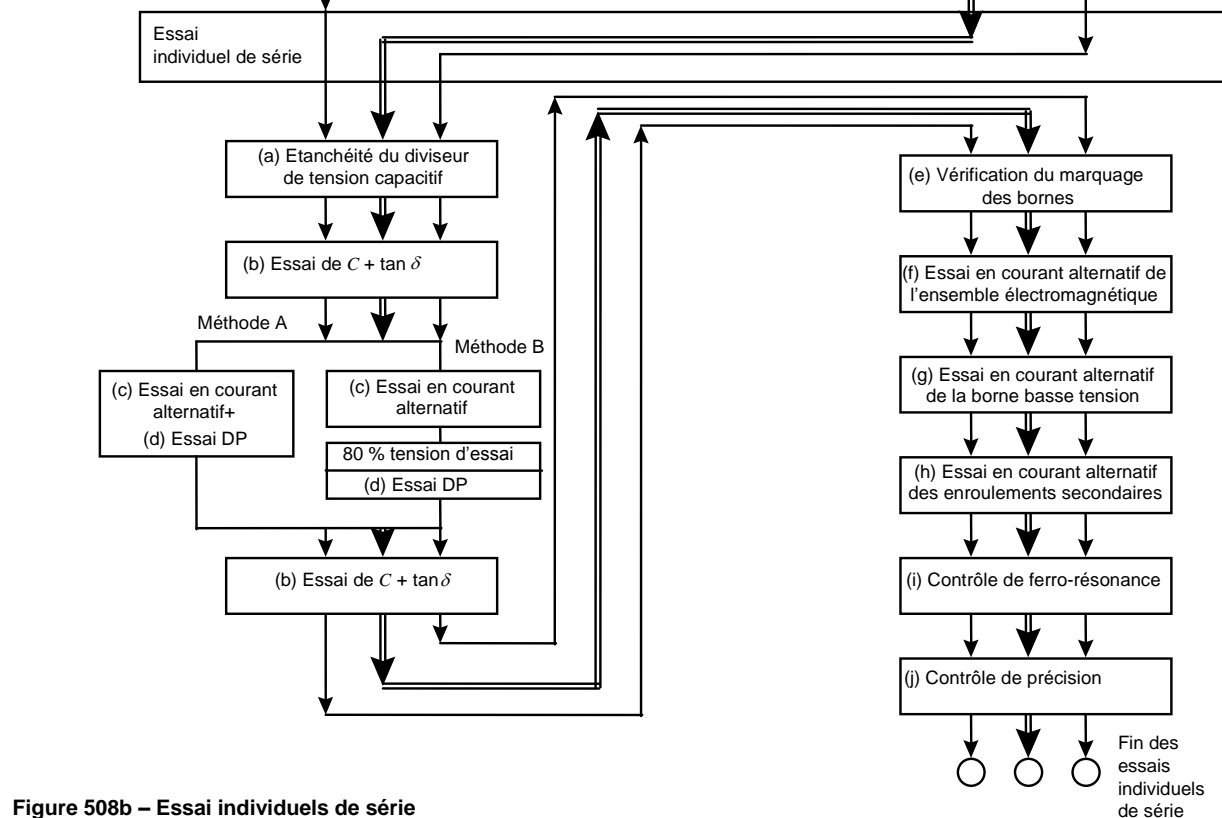
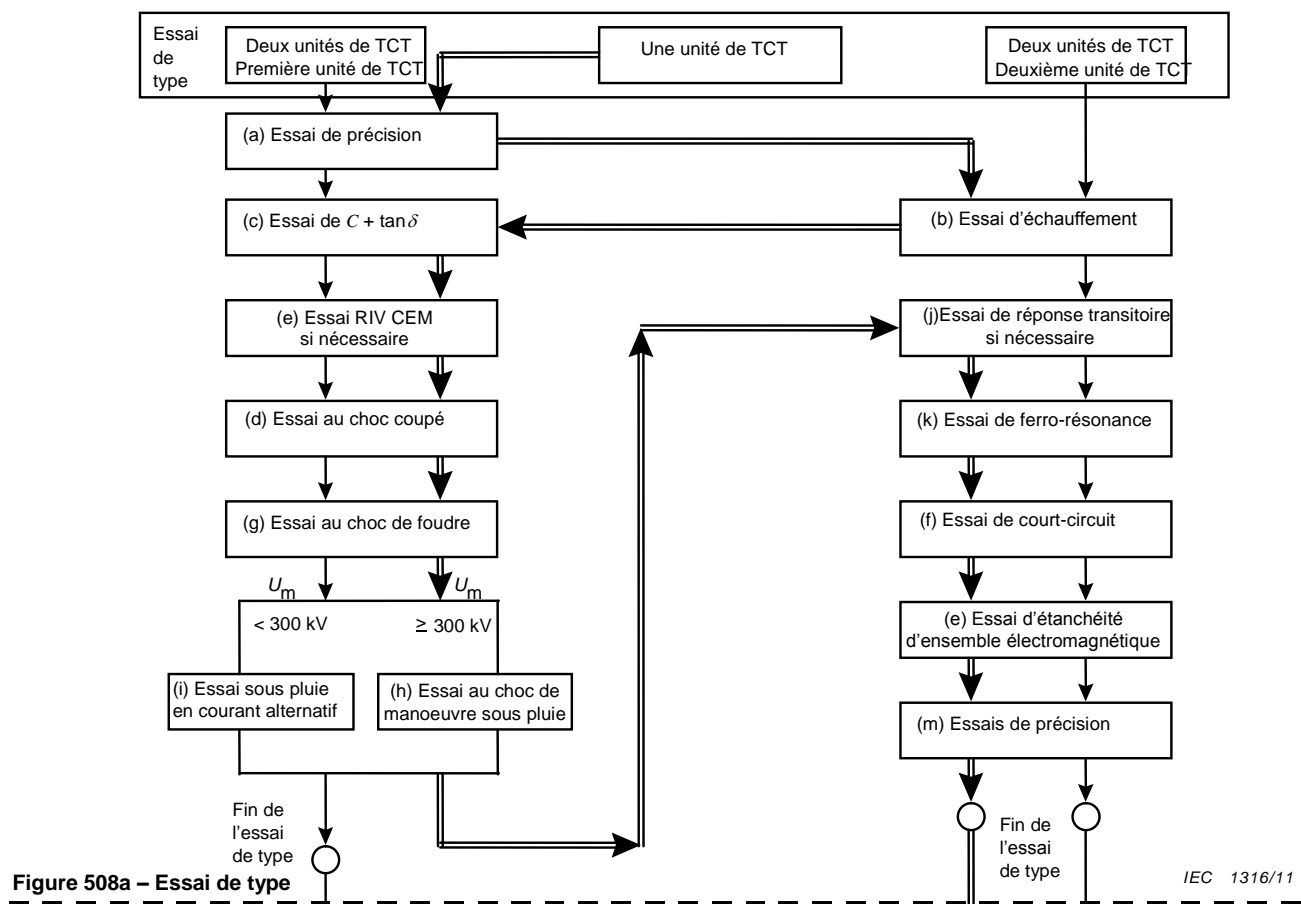


Figure 508 – Organigrammes de la séquence d'essais à appliquer pour les essais de type (Figure 508a) et les essais individuels de série (Figure 508b)

Les essais répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 80 % de la tension d'essai spécifiée. Les essais de type peuvent être effectués sur un ou deux transformateurs condensateurs de tension en conformité avec la séquence d'essai de l'organigramme fourni sur la Figure 508.

7.2 Essais de type

7.2.2 Essai d'échauffement

L'Article 7.2.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes supplémentaires suivants:

7.2.2.501 Essai d'échauffement sur les enroulements secondaires d'un TCT pour mesure ou protection

L'essai peut être réalisé sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur l'ensemble électromagnétique seul. Lorsque l'essai est réalisé sur le transformateur condensateur complet, la tension primaire U_P doit être réglée conformément au Tableau 2 de la CEI 61869-1:

Lorsque l'essai est réalisé sur l'ensemble électromagnétique, le transformateur intermédiaire doit être réglé de telle manière à avoir une tension secondaire $U_S(t)$ en conformité avec le Tableau 508.

L'essai d'échauffement doit être réalisé avec la charge assignée ou avec la charge assignée la plus élevée, s'il y a plusieurs charges assignées (voir 5.5). La température doit être enregistrée.

Lorsqu'il y a plusieurs enroulements secondaires, l'essai doit être réalisé avec la charge assignée appropriée connectée simultanément à chaque enroulement secondaire, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

L'enroulement de tension résiduelle doit être chargé conformément à 5.5.502.

La température ambiante sur le lieu de l'essai doit être comprise entre 10 °C et 30 °C.

Les transformateurs condensateurs de tension ou l'ensemble électromagnétique seul doivent être essayés conformément aux points a), b) ou c) ci-dessous, comme il convient.

- a) Tous les transformateurs de tension, indépendamment du facteur de tension et de la durée assignée, doivent faire l'objet d'un essai à 1,2 fois la tension primaire assignée.

Si une valeur de puissance thermique limite est spécifiée, le transformateur doit faire l'objet d'un essai à la tension primaire assignée, avec une charge correspondant à la puissance thermique limite avec un facteur de puissance unitaire sans charger l'enroulement de tension résiduelle.

Si une valeur de puissance thermique limite est spécifiée pour un ou plusieurs enroulements secondaires, le transformateur doit faire l'objet d'un essai séparément avec chacun de ces enroulements connectés, un par un, avec une charge correspondant à la puissance thermique limite appropriée avec un facteur de puissance unitaire.

L'essai doit se poursuivre jusqu'à ce que la température du transformateur atteigne un état stable.

- b) Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,5 pendant 30 s ou de 1,9 pendant 30 s doivent faire l'objet d'un essai avec leur facteur de tension respectif pendant 30 s comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

En variante, ces transformateurs peuvent faire l'objet d'un essai avec leur facteur de tension respectif pendant 30 s en partant de l'état à froid; l'échauffement des enroulements ne doit pas alors dépasser 10 K.

NOTE Cet essai peut être omis s'il peut être prouvé par d'autres moyens que le transformateur est satisfaisant dans ces conditions.

- c) Les transformateurs ayant un facteur de tension de 1,9 pendant 8 h doivent faire l'objet d'un essai à 1,9 fois la tension assignée pendant 8 h comptées après l'application de 1,2 fois la tension assignée pendant une durée suffisante pour atteindre des conditions thermiques stables; l'échauffement ne doit pas dépasser de plus de 10 K la valeur spécifiée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

On peut considérer que l'ensemble électromagnétique est dans un état stable lorsque la vitesse d'échauffement ne dépasse pas 1 K par heure. L'échauffement des enroulements doit être déterminé par la méthode de variation de résistance.

La température ambiante peut être mesurée au moyen de thermomètres ou de thermocouples immergés dans un matériau isolé thermiquement, de sorte que le système ait une constante de temps thermique du même ordre que l'ensemble électromagnétique seul.

Tableau 508 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement

Charge	Charge assignée						Puissance thermique limite d'un enroulement secondaire ^a	
Facteur de tension et durée du défaut	$F_V = 1,2$ continue		$F_V = 1,5$ or $1,9$ 30 s		$F_V = 1,9$ 8 h		-	-
Configuration de l'essai	Ensemble électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Ensemble électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet
Tension d'essai jusqu'à ce que l'échauffement soit inférieur à 1 K/h	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,2 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,2 \times U_{Pr}$	$U_C = \frac{U_{Pr}}{K_C}$	$U_P = U_{Pr}$
Tension d'essai pendant la durée du défaut	–	–	$U_S = \frac{F_V \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = F_V \times U_{Pr}$	$U_S = \frac{1,9 \times U_{Pr}}{k_r}$	$U_P = 1,9 \times U_{Pr}$	–	–

^a Essai supplémentaire si une puissance thermique limite est spécifiée.

7.2.2.502 Essai d'échauffement pour un enroulement de tension résiduelle du TCT

Si l'un des enroulements secondaires est utilisé comme enroulement de tension résiduelle, un essai doit être effectué conformément à 7.2.2.501, après l'essai décrit au mode opératoire a).

Pendant l'essai de préconditionnement à 1,2 fois la tension primaire U_{Pr} , l'enroulement de tension résiduelle n'est pas chargé.

Pendant l'essai, d'une durée de 8 h à 1,9 fois la tension primaire assignée, l'enroulement de tension résiduelle doit être chargé avec la charge correspondant à la puissance thermique limite assignée (voir 5.5.502), alors que les autres enroulements sont chargés à leur charge assignée.

Si pour d'autres enroulements secondaires une puissance thermique limite est spécifiée, un essai supplémentaire doit être effectué conformément à 7.2.2.501 à 1,2 fois la tension primaire U_{Pr} , sans charger l'enroulement de tension résiduelle.

NOTE 501 La mesure de la tension est effectuée sur l'enroulement primaire, car la tension secondaire réelle peut être sensiblement inférieure à la tension secondaire assignée multipliée par le facteur de tension.

7.2.3 Essai de tenue à la tension de choc sur les bornes primaires

7.2.3.1 Généralités

L'Article 7.2.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec les exigences supplémentaires suivantes:

La borne de mise à la terre, l'enroulement primaire ou la borne de ligne ne faisant pas l'objet d'un essai au moins de chaque enroulement secondaire, la carcasse, le boîtier (s'il y a lieu) et le noyau (s'il est destiné à être mis à la terre) doivent être mis à la terre durant l'essai.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être conforme à la CEI 60060-1, mais le temps de montée peut être augmenté jusqu'à 8 μ s maximum, en raison des limitations du matériel d'essai.

Une défaillance du transformateur condensateur de tension sera détectée durant l'essai individuel de série final.

Les connexions à la terre peuvent être réalisées par l'intermédiaire de dispositifs d'enregistrement de courant adaptés.

Pour cet essai, les dispositifs limiteur de surtension doivent être déconnectés.

7.2.3.3 Essai de tension au choc de manoeuvre

7.2.3.3.1 Généralités

L'Article 7.2.3.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

L'essai doit être effectué sur un TCT complet. Les tensions d'essai sont données dans le Tableau 2.

7.2.4 Essai sous pluie pour les transformateurs de type extérieur

L'Article 7.2.4 de la CEI 61869-1 est applicable avec le texte supplémentaire suivant:

Pendant l'essai sous pluie en courant alternatif, les dispositifs d'amortissement et de protection doivent être déconnectés. Si la connexion intermédiaire entre l'ensemble électromagnétique et le diviseur capacitif est de type intérieur, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté. Si la connexion intermédiaire entre l'ensemble électromagnétique et le diviseur capacitif est de type extérieur, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté mais il doit alors faire l'objet d'un essai sous pluie séparément avec la tension alternative et la durée spécifiées en 7.3.1.504.

7.2.6 Essai concernant la précision

7.2.6.501 Généralités

Les essais doivent être effectués à la fréquence assignée, à la température ambiante et aux deux températures extrêmes sur un transformateur condensateur de tension complet.

Le circuit équivalent peut être utilisé pour une classe ≥ 1 .

Pour les classes 0,5 et 0,2, l'utilisation du circuit équivalent, ou un calcul de l'influence de la température, doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur.

NOTE 501 Les essais effectués aux températures extrêmes sur un transformateur condensateur de tension complet sont plus sévères que les essais sur le circuit équivalent ou qu'un calcul de l'influence de la température, mais ils sont très difficiles à réaliser et sont coûteux. Les essais effectués sur un transformateur condensateur de tension complet donnent également les meilleures indications possibles concernant les erreurs de mesure qui peuvent apparaître en service par suite des variations de la température ambiante.

Si le circuit équivalent est utilisé, on doit effectuer deux mesures dans des conditions identiques de tension, de charge, de fréquence et de température, dans la plage de référence normale: une mesure sur l'appareil complet et une mesure sur le circuit équivalent.

La différence entre les résultats de ces deux mesures ne doit pas dépasser 20 % de la classe de précision (par exemple 0,1 % et 4 min pour la classe de précision 0,5). Cette différence doit être prise en compte par l'ajout d'une marge de 20 % lors de la détermination des erreurs du transformateur condensateur de tension complet aux limites de température et de fréquence.

Si l'on connaît les caractéristiques de température du diviseur capacitif sur la plage de référence de température, les erreurs aux valeurs extrêmes de température peuvent être déterminées par des calculs basés sur les résultats des mesures à une température donnée et sur le coefficient de température du diviseur capacitif. En variante, une mesure à la température ambiante ne peut être effectuée en circuit équivalent que si la capacité équivalente, par exemple un condensateur réalisé spécialement dans ce but, est adaptée aux valeurs de capacité qui correspondent aux valeurs de température extrêmes, en tenant compte du coefficient de température du diviseur capacitif réel.

Les essais à une valeur de température constante doivent être effectués aux valeurs de fréquence extrêmes.

Les valeurs réelles de la fréquence d'essai et de la température d'essai doivent figurer dans le rapport d'essai.

NOTE 502 Les essais montrent l'effet de la charge, de la tension et de la fréquence ainsi que de la température sur la capacité équivalente $C_1 + C_2$, sur la valeur de l'erreur. Il convient de veiller au fait qu'on ne peut déterminer l'effet de la température sur la réactance inductive et sur les résistances de l'enroulement de l'ensemble électromagnétique qu'à condition de soumettre l'ensemble électromagnétique réel aux températures extrêmes. Pour obtenir une indication supplémentaire concernant les variations du rapport du diviseur capacitif provoquées par la température, il est recommandé de mesurer les erreurs de tension et les déphasages avant et juste après ou pendant l'essai d'échauffement de 7.2.2 effectué en essai direct sur le transformateur condensateur de tension. Dans ce cas, la mesure ainsi que l'essai d'échauffement ne peuvent pas être effectués sur le circuit équivalent ou sur l'ensemble électromagnétique seul.

NOTE 503 Le retour d'expérience désormais acquise a montré que l'on pouvait utiliser de manière satisfaisante des transformateurs condensateurs de tension de la classe de précision 0,5. Les variations brutales de température, les conditions atmosphériques et de pollution particulières, les capacités parasites et les courants de fuite peuvent influencer sur les erreurs de tension et les déphasages. On ne peut évaluer ces influences qu'à partir de considérations théoriques. Elles sont principalement importantes pour les transformateurs condensateurs de tension des classes de précision supérieures.

7.2.6.502 Essais de type de précision du TCT de mesure

Afin de prouver la conformité avec 7.3.5.501 et 5.6.501, les essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, dans la gamme des valeurs normales de fréquence de référence pour la mesure et avec des valeurs conformes au Tableau 509 avec un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 de circuit inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet et aux puissances de précision assignées limites supérieure et inférieure.

Tableau 509 – Gammes de charges pour les essais de précision

Gamme de charges	Valeurs préférentielles de puissance de précision assignée VA	Valeurs d'essai de puissance de précision assignée %
I	1,0 2,5 5 10	0 et 100
II	10 25 50 100	25 et 100

7.2.6.503 Essais de type de précision du TCT pour protection

Afin de prouver la conformité avec 5.6.502.3, les essais de type doivent être effectués à 2 % 5 % et 100 % de la tension assignée et à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné (1,2, 1,5 ou 1,9), aux deux valeurs extrêmes de la gamme des fréquences normales de référence pour protection et avec des valeurs de puissance de précision assignée conformes au Tableau 509 avec un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 de circuit inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

Un enroulement de tension résiduelle n'est pas chargé pendant les essais effectués à des tensions allant jusqu'à 100 % de la tension assignée et il est chargé à la charge assignée durant l'essai effectué à une tension égale à la tension assignée multipliée par le facteur de tension assigné.

7.2.6.504 Essais de type de précision des TCT pour mesure et protection

Afin de prouver la conformité avec 7.3.5.501, les essais de type doivent être effectués simultanément sur tous les enroulements de mesure et de protection comme spécifié en 7.2.6.502 et 7.2.6.503.

Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires ou plus, en raison de leur interdépendance, il convient que l'utilisateur spécifie des gammes de puissance, une pour chaque enroulement, la limite supérieure de chacune de ces gammes de puissance correspondant à une valeur normale de la puissance de précision assignée. Il convient que chaque enroulement soit conforme à ses exigences de précision dans sa gamme de puissance alors que, simultanément, le ou les autres enroulements ont une puissance de précision d'une valeur quelconque comprise entre 0 % et 100 % de la gamme de puissance de précision. Pour vérifier la conformité à cette exigence, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes uniquement. Si aucune spécification des gammes de puissance de précision n'est fournie, on estime que ces gammes sont conformes au Tableau 509.

7.2.8 Essai d'étanchéité de l'enceinte à la température ambiante

7.2.8.501 Essai d'étanchéité d'un ensemble électromagnétique rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai de type effectué sur l'ensemble électromagnétique assemblé pour une utilisation normale, rempli du liquide spécifié. Une pression minimale de $(0,5 \pm 0,1) \cdot 10^5$ Pa au-dessus de la pression maximale de fonctionnement doit être maintenue pendant 8 h à l'intérieur de l'ensemble électromagnétique. On doit considérer que l'ensemble électromagnétique a réussi l'essai s'il n'y a aucune preuve de fuite.

7.2.501 Mesure de la capacité et de $\tan \delta$ à fréquence industrielle

7.2.501.1 Mesure de la capacité

L'essai peut être effectué sur le diviseur de tension capacitif, sur un empilage de condensateurs ou sur des unités séparés. Pendant cet essai, l'ensemble électromagnétique doit être déconnecté.

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. L'incertitude de la méthode de mesure doit être indiquée dans le rapport d'essai.

La mesure finale de la capacité doit être effectuée à $U_{Pr} \pm 10$ % après les essais diélectriques de type et/ou individuels de série. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

Afin de révéler tout changement de la capacité dû au claquage d'un ou plusieurs éléments, une mesure préliminaire de la capacité doit être effectuée avant les essais diélectriques de type et/ou individuels de série, à une tension suffisamment faible (moins de 15 % de la tension assignée) pour qu'il ne se produise pas de claquage d'élément.

NOTE 501 Lorsqu'une borne de tension intermédiaire est encore accessible lorsque le transformateur condensateur de tension est complètement assemblé, il convient de mesurer les capacités suivantes:

- a) la capacité entre les bornes de ligne et à basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre,
- b) la capacité entre les bornes intermédiaire et à basse tension ou entre les bornes intermédiaires et de terre.

NOTE 502 Si le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie en fonction de la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de la capacité après l'essai de tension à une tension égale à celle précédemment utilisée, puis à la tension de mesure, qui ne doit pas être inférieure à la tension assignée.

NOTE 503 Si l'unité faisant l'objet d'un essai contient un grand nombre d'éléments en série, il peut être difficile de s'assurer qu'aucun claquage ne s'est produit en raison des incertitudes suivantes:

- la reproductibilité de la mesure;
- la variation de la capacité due aux forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;
- la variation de la capacité due à la différence de la température du condensateur avant et après les essais.

Dans ce cas, il convient que le fabricant démontre qu'aucun claquage ne s'est produit, par exemple en comparant les variations de la capacité de condensateurs de même type et/ou en calculant la variation de la capacité due à l'augmentation de la température pendant l'essai. Pour diminuer l'incertitude de mesure, il peut être commode d'effectuer ces mesures sur chaque unité.

La capacité C d'un élément, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas varier

de plus de $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ durant toutes les procédures d'essai.

NOTE 504 $C = \frac{C_0}{n}$

où

n est le nombre d'éléments en série;

C_0 est la capacité d'un élément.

Le choix d'un ou de deux transformateurs est laissé au constructeur.

Le rapport de l'essai de type doit inclure les résultats des essais individuels de série.

NOTE 505 ΔC est la variation mesurée de la capacité C .

7.2.501.2 Mesure de $\tan \delta$

Les pertes d'un condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à $U_{Pr} \pm 10 \%$ lors des mesures de capacité, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure doit être indiquée. La mesure doit être effectuée à la fréquence assignée ou après accord, entre 0,8 fois et 1,2 fois la fréquence assignée.

NOTE 501 Le but est de contrôler l'uniformité de la fabrication. Les limites des variations admissibles peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 502 La valeur de $\tan \delta$ dépend de la conception de l'isolation et de la tension, de la température et de la fréquence de mesure.

NOTE 503 La valeur de $\tan \delta$ de certains types de diélectriques est une fonction du temps d'excitation avant la mesure.

NOTE 504 Les pertes du condensateur sont une indication du processus de séchage et d'imprégnation.

7.2.502 Essai de tenue au court-circuit

Cet essai doit être effectué pour démontrer la conformité à 6.501. Pour cet essai, la température initiale du transformateur doit être comprise entre 10 °C et 30 °C. Le transformateur condensateur de tension doit être alimenté entre la borne à haute tension et la terre et le court-circuit doit être appliqué entre les bornes secondaires. Un court-circuit doit être appliqué pendant une durée d'une seconde. Le courant doit être mesuré et enregistré.

NOTE 501 Cette exigence s'applique également lorsque des fusibles font partie intégrante du transformateur.

Pendant le court-circuit, la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes du transformateur ne doit pas être inférieure à la tension primaire assignée U_{Pr} entre phase et terre.

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

On doit considérer que le transformateur condensateur de tension a réussi cet essai si, après refroidissement jusqu'à la température ambiante, il satisfait aux exigences suivantes:

- a) il n'est pas endommagé de façon visible;
- b) ses erreurs ne diffèrent pas des valeurs consignées avant les essais de plus de la moitié des valeurs limites d'erreur correspondant à sa classe de précision et la valeur de la capacité ne varie pas de manière significative;
- c) il supporte l'essai diélectrique de série spécifié à l'Article 7.1.2.
- d) à l'examen, l'isolation à proximité de la surface des enroulements primaire et secondaire de l'ensemble électromagnétique ne présente pas de détérioration significative (par exemple une carbonisation).

L'examen indiqué en d) n'est pas exigé si la densité de courant de l'enroulement ne dépasse pas 160 A/mm² pour un enroulement réalisé en cuivre de conductivité supérieure ou égale à 97 % de la valeur donnée dans la CEI 60028. La densité de courant doit être basée sur la valeur efficace mesurée du courant de court-circuit symétrique de l'enroulement secondaire.

NOTE 501 Pour l'examen de la variation de la capacité, voir 7.2.501.1.

7.2.503 Essais de ferro-résonance

Les essais suivants doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent pour démontrer la conformité aux exigences de 6.502.

Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur ou les condensateurs réels doivent être utilisés. Les essais doivent être effectués en court-circuitant les bornes secondaires pendant 0,1 s au moins. Le court-circuit sera ouvert par un dispositif de protection (par exemple un fusible, un disjoncteur etc.) choisi dans ce but par accord entre l'utilisateur et le constructeur. En l'absence d'accord, le choix est laissé au constructeur.

Si un fusible est utilisé comme dispositif de protection, la durée du court-circuit peut être plus courte que 0,1 s.

La charge du transformateur condensateur de tension après le court-circuit doit uniquement être celle qui est imposée par le matériel d'enregistrement et elle ne doit pas dépasser 1 VA. Au cours de l'essai, la tension de la source d'alimentation sur la borne à haute tension, la tension secondaire et le courant de court-circuit doivent être enregistrés. Les enregistrements doivent être inclus dans le rapport d'essai.

Pendant l'essai, la tension de la source ne doit pas différer de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit et doit rester sensiblement sinusoïdale. La chute de tension dans la boucle de court-circuit (résistance du contact fermé incluse), mesurée directement sur les bornes secondaires du transformateur condensateur de tension, doit être inférieure à 10 % de la tension entre ces mêmes bornes avant le court-circuit.

- a) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre effectivement mis à la terre (6.502.2; Tableau 506a): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 506a).
- b) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (6.502.2; Tableau 506b): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 506b).

NOTE 501 S'il est prévu d'utiliser en service une charge saturable, il convient qu'un accord soit établi entre l'utilisateur et le constructeur pour les essais devant être effectués à une charge égale à celle-ci ou voisine de celle-ci.

NOTE 502 Afin de s'assurer que, pendant l'essai, la tension de la source ne diffère pas de plus de 10 % de la tension avant le court-circuit, il convient que l'impédance de court-circuit du circuit d'alimentation soit basse.

7.2.504 Essai de réponse transitoire

7.2.504.1 Généralités

L'essai ne doit être effectué que sur le transformateur condensateur de tension pour protection. L'essai peut être effectué sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent constitué des condensateurs réels.

L'essai doit être effectué en court-circuitant la source à haute tension, à la tension primaire réelle U_P ou à $U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ dans le cas d'un circuit équivalent, à une charge égale à 100 % et 25 % ou 0 % de la charge assignée.

La charge doit être l'une des suivantes:

- a) une charge série constituée d'une résistance pure (gamme I) et d'une réactance inductive connectées en série avec un facteur de puissance de 0,8 (gamme II);
- b) une charge de résistance pure.

La nature de la charge du transformateur condensateur de tension influe sur les résultats d'essai de réponse transitoire.

Il convient que les enroulements de mesure ou autres soient chargés comme lors du fonctionnement, mais pas à plus de 100 % de la charge spécifiée.

L'essai doit être effectué deux fois à la valeur de crête de la tension primaire et deux fois au passage par zéro de celle-ci. Le déphasage de la tension primaire ne doit pas différer de plus de $\pm 20^\circ$ du passage par la crête ou du passage par zéro.

NOTE 501 Les systèmes de protection modernes à microprocesseur ont un facteur de puissance de 1.

NOTE 502 Après accord entre le constructeur et l'acheteur, l'essai peut être effectué avec une charge connectée comme dans la pratique.

7.2.504.2 Valeurs d'essai de la tension primaire réelle (U_P)

U_P dépend du facteur de tension F_V spécifié.

- a) Fonctionnement continu: 1,0 et $1,2 \cdot U_{Pr}$
- b) Surtensions de courte durée: 1,5 ou $1,9 \cdot U_{Pr}$

Pour a) et b), voir Tableau 502.

Le circuit d'essai est illustré à la Figure 509.

Les tensions primaire et secondaire doivent être enregistrées avec un oscilloscope. Les enregistrements doivent être inclus dans le rapport d'essai.

NOTE 501 Les exigences concernant la réponse transitoire sont données en 6.503.2 et en 6.503.3.

NOTE 502 Pour mesurer la tension d'entrée U , un diviseur RC peut également être utilisé.

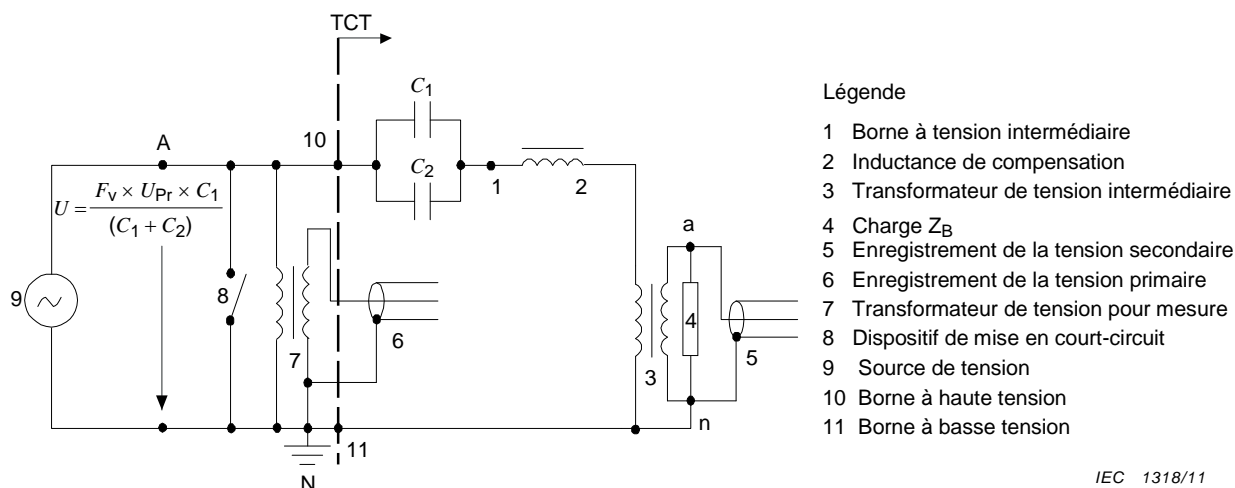


Figure 509 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent

Les charges pour l'essai de réponse transitoire sont indiquées sur les Figures 510 et 511.

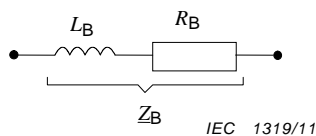


Figure 510 – Charge série

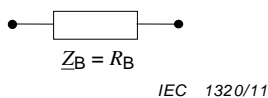


Figure 511 – Résistance pure

Les valeurs d'impédance pour la charge série pour l'essai de réponse transitoire sont les suivantes

$$|Z_B| = \frac{U_{Sr}^2}{S_r}$$

R_B	$\omega \cdot L_B$
$0,8 \cdot Z_B $	$0,6 \cdot Z_B $

où

S_r est la charge assignée en voltampères;

U_{Sr} est la tension secondaire assignée en volts;

$|Z_B|$ est l'impédance en ohms.

NOTE 501 L'impédance totale donnée par ces valeurs de R_B et de $\omega \cdot L_B$ a un facteur de puissance de 0,8 de circuit inductif.

NOTE 502 Il convient que la réactance inductive soit de type linéaire, par exemple une réactance à air. La résistance série est constituée de la résistance équivalente en série de la réactance inductive (résistance de l'enroulement) et d'une résistance séparée.

NOTE 503 Il convient que la tolérance de la charge soit inférieure à $\pm 5 \%$ for $|Z_B|$ et inférieure à $\pm 0,03$ pour le facteur de puissance.

7.2.505 Essai de type pour accessoires pour courant porteur

7.2.505.1 Essais de type pour bobine de drainage

7.2.505.1.1 Essai de tension de choc

L'essai de tension de choc sur la bobine de drainage doit être effectué conformément au schéma de la Figure 5A.2, après avoir déconnecté le dispositif limiteur de tension. Une séquence de dix chocs de tension de 1,2/50 μ s doit être appliquée, cinq chocs négatifs et cinq chocs positifs (voir CEI 60060-1).

7.2.505.1.2 Essai de tenue en tension

L'essai de tenue en tension alternative doit être effectué en appliquant une tension à fréquence industrielle entre les bornes de la bobine de drainage. La tension d'essai doit être réglée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace). Durant cet essai, l'échauffement ΔT doit être mesuré et l'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que la température ait atteint un état stable ($\Delta T < 1$ K/h). L'échauffement ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée dans le Tableau 5 de la CEI 61869-1.

7.2.505.2 Essai de type pour dispositif limiteur de tension

Un essai de tension de choc est prescrit.

L'essai doit être effectué avec une bobine de drainage connectée conformément au schéma de la Figure 5A.2.

Pour les limiteurs de surtension à air et les limiteurs de surtension non linéaires avec éclateur, on doit appliquer successivement cinq impulsions négatives et cinq impulsions positives de surtension d'amorçage de 8/20 μ s.

NOTE Des essais complémentaires tels que des essais d'affaiblissement composite et d'affaiblissement d'adaptation, concernant des dispositifs de couplage complets pour les systèmes CPL sont couverts par la CEI 60481. Ces essais s'appliquent seulement aux transformateurs condensateurs de tension équipés des accessoires pour CPL.

7.3 Essais individuels de série

7.3.1 Essais de tenue en tension à fréquence industrielle sur les bornes primaires

L'Article 7.3.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec les paragraphes supplémentaires suivants:

7.3.1.501 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesure de la capacité, de $\tan \delta$ et de la décharge partielle

L'essai doit être effectué à des tensions ayant une forme d'onde pratiquement sinusoïdale. La tension doit être augmentée rapidement d'une valeur relativement basse à la valeur de tension d'essai, maintenue pendant 1 min, sauf accord contraire, puis réduite rapidement à une valeur relativement basse avant d'être coupée. Pour cet essai, l'ensemble électromagnétique peut être déconnecté du diviseur de tension capacitif.

Les mesures de la capacité C , de $\tan \delta$ (voir 7.2.501) et des décharges partielles (voir 7.3.2) peuvent être effectuées pendant l'essai en courant alternatif du diviseur capacitif ou sur les sous-systèmes.

7.3.1.502 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesure de C et de $\tan \delta$ sur un diviseur de tension capacitif ou sur des sous-systèmes

Chaque diviseur de tension capacitif, empilage de condensateurs ou unité de condensateur doit faire l'objet d'un essai en courant alternatif et de mesures de C et de $\tan \delta$. La tension d'essai est appliquée entre la borne à haute tension et les bornes de terre lors d'un essai sur un empilage de condensateurs, et entre les bornes lors d'un essai sur une unité. Lorsqu'une borne à basse tension est présente, pendant cet essai, elle doit être connectée à la terre directement ou par l'intermédiaire d'une basse impédance. Pendant l'essai, il ne doit se produire ni claquage (voir 7.2.501.1) ni contournement.

La capacité C doit être mesurée à une tension inférieure à 15 % de la tension primaire assignée U_{Pr} et sert de référence avant et après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai de l'empilage} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

pour l'essai d'un simple unité faisant partie d'un empilage.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$1,05 \times \text{tension d'essai du TCT complet} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT complet}}$$

pour l'essai d'un empilage faisant partie d'un transformateur condensateur de tension complet.

Les tensions d'essai pour les TCT avec $U_m < 300$ kV (gamme I) ou $U_m \geq 300$ kV (gamme II) doivent avoir les valeurs appropriées indiquées dans le Tableau 2 de la CEI 61869-1, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

NOTE 501 Un exemple de valeurs d'essai des unités et empilages pour un transformateur condensateur de tension à 525 kV est donné dans le Tableau 510.

Tension la plus élevée pour le matériel: $U_m = 525$ kV;

Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle: 680 kV.

Tableau 510 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet

Nombre		Tension d'essai (valeur efficace)		
		kV		
Unités	Empilages	Unité	Empilage	Transformateur condensateur de tension complet
2	-	340 x 1,05	-	680
4	2	170 x 1,05	340 x 1,05	680
6	3	113 x 1,05	227 x 1,05	680

La capacité C et $\tan \delta$ doivent être mesurées à:

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

ou

$$U_{\text{test}} = U_{\text{Pr}} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT complet}}$$

7.3.1.503 Essai de tenue à fréquence industrielle sur la borne basse tension du diviseur de tension capacitif

Les diviseurs de tension capacitifs avec une borne à basse tension doivent être soumis pendant 1 min à une tension d'essai appliquée entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 10 kV (valeur efficace). Si la borne à basse tension n'est pas exposée aux intempéries ou si un dispositif de couplage pour courant porteur avec protection contre les surtensions fait partie du transformateur condensateur de tension, la tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

- Durant cet essai, l'ensemble électromagnétique n'est pas déconnecté.

NOTE La tension d'essai est applicable aux transformateurs condensateurs de tension avec et sans accessoires pour courant porteur équipés de systèmes de protection contre les surtensions.

- Si un système de protection par éclateur est incorporé entre la borne basse tension et la terre, il convient de l'empêcher de fonctionner durant l'essai. Il convient de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolation des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

7.3.1.504 Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'ensemble électromagnétique

7.3.1.504.1 Essai d'isolation de l'ensemble électromagnétique

La tension d'essai doit être appliquée entre la borne intermédiaire et la terre. La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle doit être de

$$U_{\text{Pr}} \times 3,3 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \text{ (r.m.s.)}$$

La fréquence de la tension d'essai peut être augmentée au-dessus de la valeur assignée afin d'éviter une saturation du noyau. La durée de l'essai doit être de 1 min. Toutefois, si la fréquence d'essai dépasse de deux fois la fréquence assignée, la durée de l'essai peut être réduite par rapport à 1 min comme suit:

$$\text{Durée de l'essai} = 60 \times \frac{\text{deux fois la fréquence assignée}}{\text{fréquence d'essai}} \quad [\text{s}]$$

avec un minimum de 15 s.

NOTE 501 Si un dispositif de protection est inséré aux bornes de l'ensemble électromagnétique, il convient de l'empêcher de fonctionner pendant les essais. Pendant les essais, il convient de court-circuiter tout éclateur de protection placé aux bornes des accessoires pour courant porteur.

7.3.2 Mesure de décharges partielles

7.3.2.2 Procédure d'essai de décharge partielle

L'Article 7.3.2.2 de la CEI 61869-1 est applicable avec les compléments suivants:

Si seules des parties du diviseur de tension capacitif font l'objet d'un essai, la valeur de la tension d'essai sera égale à:

$$1,05 \cdot \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

ou

$$1,05 \cdot \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT}}$$

7.3.5 Essai de précision

7.3.5.501 Contrôle de la précision

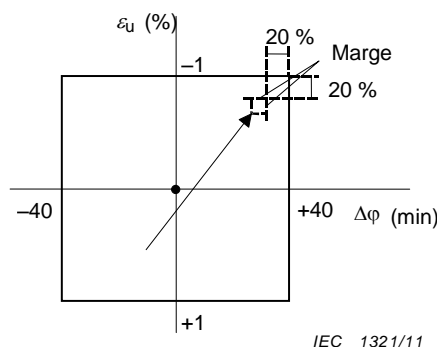
Le contrôle de la précision doit être effectué à la fréquence industrielle assignée, à la température ambiante et sur le transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent pour les classes de précision ≥ 1 selon le Tableau 511.

Tableau 511 – Points de contrôle de la précision (exemple)

Enroulement(s) secondaire(s)	Tension d'essai	Gammes d'essai de puissance de précision assignée %			
		Gamme I Facteur de puissance 1 Valeurs normales de tension assignée		Gamme II Facteur de puissance 0,8 (inductif) Valeurs normales de tension assignée	
		1 et 10 VA		10 et 100 VA	
		Mesure	Protection	Mesure	Protection
Un enroulement de mesure	$1 \times U_{Pr}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
Un enroulement de protection	$0,05 \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{Pr}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
Un enroulement de mesure et un enroulement de protection	Mesure $1 \times U_{Pr}$	0	0	25	0
		100	100	100	100
	Protection $0,05 \times U_{Pr}$	0	0	0	25
		100	100	100	100
	Protection $F_V \times U_{Pr}$	0	0	0	25
		100	100	100	100

NOTE 501 Notes pour le circuit équivalent:

- Le circuit équivalent peut être utilisé si une comparaison entre l'essai de précision sur un transformateur complet durant l'essai de type et l'essai de précision sur le circuit équivalent a montré que la différence entre les valeurs mesurées est inférieure à 20 % des limites de classe de précision.
- Pour réaliser le circuit équivalent, le condensateur réel ou différents condensateurs peuvent être utilisés. Lorsque différents condensateurs sont utilisés, ils doivent être réglés sur les valeurs réelles mesurées



IEC 1321/11

Figure 512 – Exemple de diagramme d'erreur d'un TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec le circuit équivalent

NOTE 502 TCT complet et circuit équivalent:

- La marge permet de prendre en compte les variations d'erreur résultant de la température et de la fréquence lorsque le transformateur est utilisé dans ses domaines de référence de températures et de fréquences. La tolérance est déterminée en considérant le cas le plus défavorable de l'influence simultanée de la température et de la fréquence. Cette marge dépend du type de diélectrique du condensateur et de la conception. Sur le diagramme d'erreur de la Figure 512, la marge de + 20 % est indiquée. La marge sera définie par le constructeur.
- Si le contrôle de précision est effectué sur un transformateur condensateur de tension complet, une certaine marge sera définie par le fabricant et sera ajoutée pour l'effet combiné de la fréquence et de la température.

7.3.5.502 Essais individuels de série pour la précision du TCT pour mesure

Les essais individuels de série pour le contrôle de précision doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir 5.6.501.3, Tableau 511) à condition qu'il ait été prouvé par des essais de type, effectués sur un transformateur condensateur de tension similaire, que ce nombre réduit d'essais suffit pour prouver la conformité avec 5.6.501.3.

7.3.5.503 Essais individuels de série pour la précision du TCT pour protection

Les essais individuels de série pour le contrôle de précision doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir 5.6.502.3 et Tableau 511) à condition qu'il ait été prouvé par des essais de type, effectués sur un transformateur condensateur de tension similaire, que ce nombre réduit d'essais suffit pour prouver la conformité avec 5.6.502.3.

7.3.7 Essai d'étanchéité des enveloppes à température ambiante

7.3.7.501 Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai individuel de série effectué sur le diviseur de tension capacitif ou sur des unités séparées. L'essai d'étanchéité doit être effectué pendant 8 h avec une pression du liquide supérieure à la pression de fonctionnement, selon le type de dispositif d'expansion des unités de condensateur.

NOTE 501 Après accord entre constructeur et acheteur, un essai spécial peut être spécifié pour démontrer la conception d'étanchéité des unités de condensateur.

7.3.8 Essai de pression de l'enveloppe

7.3.501 Contrôle de ferro-résonance

Ces essais doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur le circuit équivalent.

La tension d'essai primaire U_P , le nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires et les limites des transitoires d'oscillations de ferro-résonance sont spécifiés dans le Tableau 512.

Tableau 512 – Contrôle de ferro-résonance

Tension primaire U_P (valeur efficace)	Nombre de courts-circuits sur les bornes secondaires	Oscillation de ferro- résonance Durée T_F s	Erreur $\hat{\varepsilon}_F$ [%] après la durée T_F
$0,8 U_{Pr}$	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V U_{Pr}$	3	≤ 2	≤ 10

La procédure d'essai doit être conforme à 7.2.503 sauf en ce qui concerne le nombre de tensions et de courts-circuits. Le transformateur condensateur de tension a réussi le contrôle de ferro-résonance si la durée et l'erreur ne dépassent pas les limites spécifiées dans le Tableau 512.

7.3.502 Essais individuels de série pour accessoires pour courant porteur

7.3.502.1 Essais individuels de série pour bobines de drainage

Des essais individuels de série pour bobines de drainage sont indiqués ci-après:

- a) Mesure de l'impédance à la fréquence industrielle;
- b) Essai en courant alternatif.

L'essai doit être effectué, en appliquant pendant 1 min une tension à la fréquence industrielle entre les bornes de la bobine de drainage. La tension d'essai doit être réglée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace).

7.3.502.2 Essai individuel de série pour dispositifs limiteur de tension

L'essai individuel de série suivant est spécifié selon les cas ci-dessous:

- a) Limiteur de surtension à air:
Mesure de la surtension d'amorçage à la fréquence industrielle.
- b) Limiteur de surtension non linéaire à éclateur:
Essai en courant alternatif avec tension de tenue permanente assignée. La tension d'essai doit être supérieure ou égale à 1 kV efficace en CA.

7.4 Essais spéciaux

7.4.1 Essai de tenue à l'onde de tension de choc coupée sur les bornes primaires

L'Article 7.4.1 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Pour les transformateurs condensateurs de tension, ceci est un essai de type.

La tension doit être un choc de foudre normal comme défini dans la CEI 60060-1, coupé après avoir atteint la valeur de crête entre 1,2 μ s et 8 μ s.

NOTE 501 L'essai au choc coupé remplace l'essai de décharge de la CEI 60358.

7.4.2 Essai aux chocs coupés multiples sur les bornes primaires

N'est pas applicable au transformateur condensateur de tension

7.4.3 Mesure de la capacité et du facteur de dissipation diélectrique

L'Article 7.4.3 de la CEI 61869-1 est applicable avec la phrase complémentaire suivante:

Pour les transformateurs condensateurs de tension, cet essai est un essai individuel de série.

7.4.6 Essai de défaut d'arc interne

N'est pas applicable au transformateur condensateur de tension

7.4.501 Détermination du coefficient de température (TC)

La détermination des coefficients de température pour les valeurs de capacité de C_1 et C_2 ainsi que leurs valeurs de $\tan(\delta)$ doit être effectuée selon la CEI 60358.

7.4.502 Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateur

Cet essai est effectué pour démontrer la qualité de la conception de l'étanchéité des unités de condensateur et la conformité avec les exigences données en 6.1.4.

NOTE 501 Cet essai n'est pas un essai de vieillissement. Il n'est pas destiné à résoudre les problèmes d'étanchéité dus au vieillissement qui ont été observés avec des conceptions particulières d'unités de diviseurs de tension capacitifs.

L'essai doit être effectué à une pression du liquide supérieure d'au moins 10^5 Pa à la pression de fonctionnement maximale pouvant être atteinte dans des conditions normales de fonctionnement et à une température de 80 °C pendant 8 h.

Le diviseur de tension capacitif doit être monté comme pour le service normal. Le dispositif d'expansion de l'unité de condensateur peut être spécialement ajusté pour l'essai à une température de 80 °C. Un agencement approprié peut être réalisé pour supporter les déformations mécaniques dues à la surpression de 10^5 Pa.

On doit estimer que le diviseur de tension capacitif rempli de liquide a réussi l'essai s'il n'y a aucune preuve de fuite pendant et après l'essai.

Annexe 5A (normative)

Schéma type d'un transformateur condensateur de tension

Voir Figures 5A.1 et 5A.2 pour un schéma type d'un transformateur condensateur de tension.

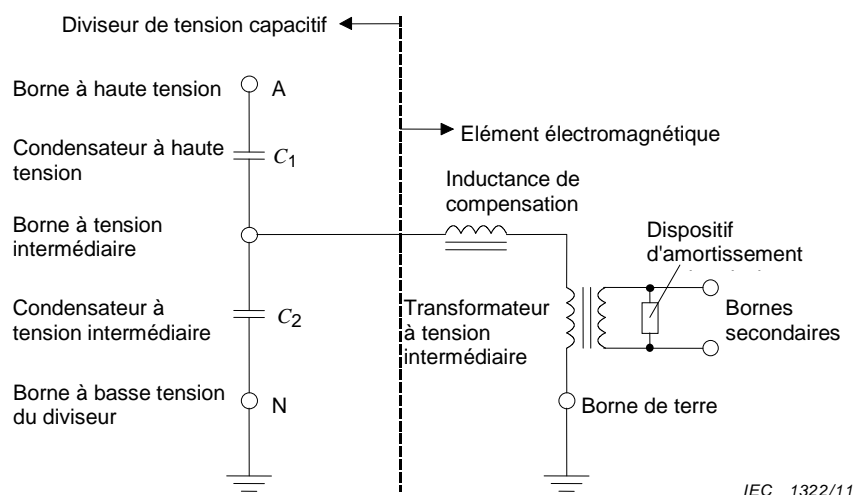


Figure 5A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension

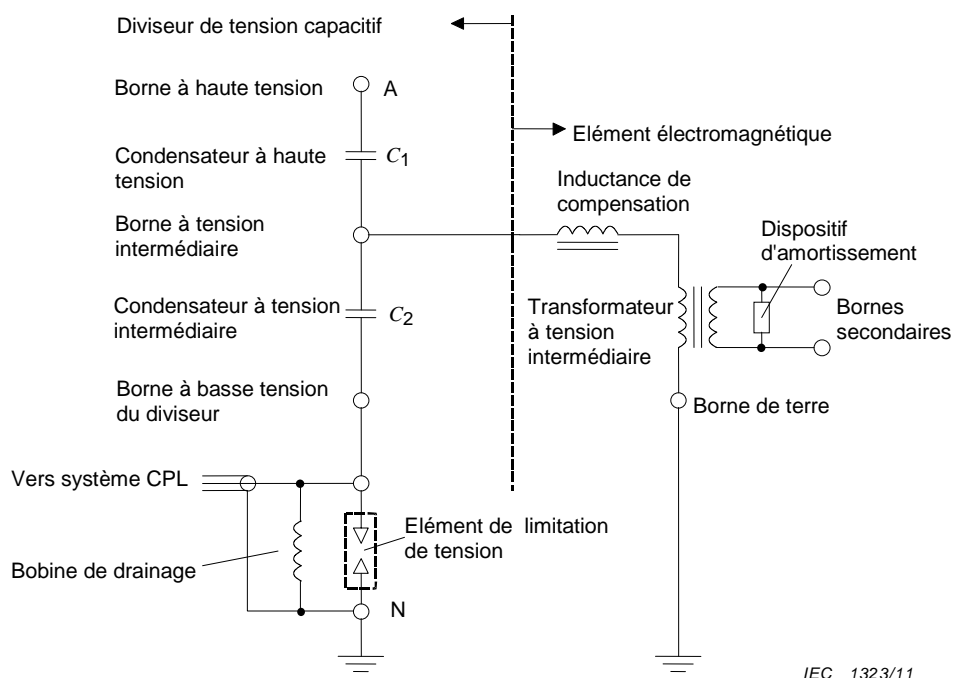


Figure 5A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur

Annexe 5B (informative)

Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut

Le problème le plus important lié à l'état transitoire pour un transformateur condensateur de tension utilisant un diviseur capacitif pur comme capteur haute tension est le phénomène de « charges piégées ».

Durant une mise hors circuit d'une ligne, des charges peuvent y être piégées. Si la ligne n'est pas volontairement mise à la terre ou n'est pas déchargée par un dispositif basse impédance qui lui est connecté, les charges peuvent demeurer pendant plusieurs jours. Le niveau des charges dépend de la position de phase de la tension au moment de la mise hors circuit. Le plus mauvais moment est lorsque la tension atteint sa valeur de crête $\sqrt{2} \times U_P$, de sorte que le condensateur primaire du diviseur C_1 reste chargé à la charge $q_1 = C_1 \times \sqrt{2} \times U_P$, alors que le condensateur secondaire C_2 est déchargé par l'ensemble électromagnétique connecté en parallèle. Lorsque la ligne est de nouveau mise en circuit, C_2 est de nouveau chargé.

$$U_{C2}(t) = \frac{-q_1}{C_1 + C_2} = -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \approx -\sqrt{2} \times U_P \times \frac{C_1}{C_2}$$

Cette tension, qui décroît de manière exponentielle avec la constante de temps basée sur l'ensemble électromagnétique, est superposée au signal sinusoïdal et donne une erreur très importante.

Annexe 5C (normative)

Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension

Dans la CEI 60358, les caractéristiques à haute fréquence, les exigences et les essais essentiels pour l'application des transformateurs condensateurs de tension dans des réseaux pour courant porteur sont décrits et spécifiés.

Contenu de la CEI 60358:

- Capacité et résistance-série équivalente à haute fréquence
- Capacité et conductance parasites de la borne basse tension
- Courant à haute fréquence dans un condensateur de couplage
- Mesure de la capacité et de la résistance série équivalente à haute fréquence

La CEI 60358 doit être appliquée pour les exigences et les essais pour les transformateurs condensateurs de tension concernant les caractéristiques hautes fréquences.

Annexe ZA (normative)

Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Dans le cas où une publication internationale est modifiée par des modifications communes, indiqué par (mod), l'EN / le HD correspondant(e) s'applique.

L'Annexe ZA de la EN 61869-1:2009 s'applique avec les additions suivantes:

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
CEI 60038 (mod)	2009	Tensions normales de la CEI	EN 60038	2011
CEI 60050-436	-	Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 436: Condensateurs de puissance	-	-
CEI 60050-601	-	Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Généralités	-	-
CEI 60050-604	-	Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Exploitation	-	-
CEI 60060-1	-	Techniques des essais à haute tension - Partie 1: Définitions et exigences générales	EN 60060-1	-
CEI 60358	-	Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs	HD 597 S1	-
CEI 60481	-	Groupes de couplage pour systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie	-	-
CEI 61869-1 (mod)	2007	Transformateurs de mesure - Partie 1: Exigences générales	EN 61869-1	2009

Bibliographie

CEI 60422, *Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques - Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance*

NOTE Harmonisée comme EN 60422.
