

norme européenne

NF EN 60044-5

Septembre 2004

norme française

Indice de classement : C 42-544-5

ICS 17.220.20

Transformateurs de mesure

Partie 5 : Transformateurs condensateurs de tension

E : Instrument transformers - Part 5: Capacitor voltage transformers

D : Messwandler - Teil 5: Kapazitive Spannungswandler

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'afnor le 20 août 2004 pour prendre effet à compter du 20 septembre 2004.

Correspondance

La norme européenne EN 60044-5:2004 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la publication CEI 60044-5:2004.

Avec la partie 2 de la norme homologuée NF EN 60044, remplace la norme homologuée NF C 42-501, de mars 1973.

Analyse

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 mesure, commande et protection.

dow : 2007-06-01

Descripteurs

Transformateur, transformateur de mesure, transformateur de tension, définition, spécification, conception, classification, essai, essai de type, essai individuel, marquage.

Modifications

Par rapport au document remplacé, adoption de la norme européenne.

Corrections

AVANT-PROPOS NATIONAL

Ce document constitue la version française de la norme européenne EN 60044-5:2004 en reprenant le texte de la publication CEI 60044-5:2004.

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

Après consultation de son Conseil d'Administration et enquête probatoire, l'Union technique de l'Électricité et de la Communication a voté favorablement au CENELEC sur le projet de EN le 17 mars 2004.

Correspondance entre les documents internationaux cités en référence et les documents CENELEC et/ou français à appliquer

Document international cité en référence	Document correspondant	
	CENELEC (EN ou HD)	français (NF ou UTE)
CEI 60044-2	EN 60044-2 (1999)	NF EN 60044-2 (2000) (C 42-544-2)
CEI 60050-321	-	NF C 01-321 (1987)
CEI 60050-436	-	NF C 01-436 (1990)
CEI 60050-601	-	NF C 01-601 (1987)
CEI 60050-604	-	NF C 01-604 (1987)
CEI 60060-1	-	NF C 41-101 (1995)
CEI 60071-1	EN 60071-1 (1995)	NF EN 60071-1 (1995) (C 10-100)
CEI 60085	-	NF C 26-206 (1985)
CEI 60270	EN 60270 (2001)	NF EN 60270 (2001) (C 41-301)
CEI 60358	-	NF C 54-110 (1992)
CEI 62155, mod	EN 62155 (2003)	NF EN 62155 (2003) (C 64-405)
<p><i>Note : Les documents de la classe C sont en vente à l'Union technique de l'Électricité et de la Communication - BP 23 - 92262 Fontenay-aux-Roses cedex - Tél. : 01 40 93 62 00 ainsi qu'au service diffusion de l'Association française de normalisation - 11, avenue Francis de Pressensé - 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex - Tél. : 01 41 62 80 00.</i></p> <p><i>Les documents CEI sont en vente à l'UTE.</i></p>		

NORME EUROPÉENNE

EN 60044-5

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

Juin 2004

ICS 17.220.20

Remplace HD 554 S1:1992

Version française

Transformateurs de mesure
Partie 5: Transformateurs condensateurs de tension
(CEI 60044-5:2004)

Messwandler
Teil 5: Kapazitive Spannungswandler
(IEC 60044-5:2004)

Instrument transformers
Part 5: Capacitor voltage transformers
(IEC 60044-5:2004)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2004-06-01. 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 Secrétariat Central 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 Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

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

CENELEC

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

Secrétariat Central: rue de Stassart 35, B - 1050 Bruxelles

EN 60044-5:2004

– 2 –

Avant-propos

Le texte du document 38/320/FDIS, future édition 1 de la CEI 60044-5, 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 comme EN 60044-5 le 2004-06-01.

Cette Norme Européenne, conjointement avec la EN 60044-2:1999, remplace le HD 554 S1:1992.

Les dates suivantes ont été 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) 2005-03-01
- date limite à laquelle les normes nationales
conflictuelles doivent être annulées (dow) 2007-06-01

L'Annexe ZA a été ajoutée par le CENELEC.

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 le diviseur de tension capacitif	13
3.3 Définitions concernant l'élément électromagnétique.....	16
3.4 Définitions des accessoires pour courant porteur.....	17
4 Exigences générales	17
5 Conditions de service	17
5.1 Conditions de service normales	17
5.2 Conditions de service spéciales	19
5.3 Installations de mise à la terre	20
6 Valeurs normales	20
6.1 Valeurs normales de fréquence assignée	20
6.2 Valeurs normales des tensions assignées	20
6.3 Valeurs normales de la puissance de précision	21
6.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné	21
6.5 Limites d'échauffement	22
7 Exigences relatives à la conception	23
7.1 Exigences relatives à l'isolement.....	23
7.2 Autres exigences pour l'isolement	25
7.3 Tenue au court-circuit.....	28
7.4 Ferro-résonance	28
7.5 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques	29
7.6 Exigences mécaniques	30
7.7 Étanchéité du diviseur de tension capacitif et de l'élément électromagnétique.....	31
8 Classification des essais.....	31
8.1 Essais de type	31
8.2 Essais individuels	34
8.3 Essais spéciaux.....	34
8.4 Séquence d'essais pour une ou deux unités	34
9 Essai de type	34
9.1 Essai d'échauffement.....	34
9.2 Mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle	36
9.3 Essai de tenue au court-circuit.....	37
9.4 Essais au choc	38
9.5 Essai sous pluie pour le transformateur condensateur de tension de type extérieur.....	39
9.6 Essais de ferro-résonance	40
9.7 Essai d'étanchéité d'un élément électromagnétique immergé.....	41
9.8 Essais de précision.....	41
9.9 Essai de réponse transitoire.....	43
9.10 Essai de tension de perturbation radioélectrique	45

10	Essais individuels	45
10.1	Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide	45
10.2	Essai de tenue à fréquence industrielle et mesures de la capacité, de $\tan\delta$ et des décharges partielles	45
10.3	Vérification du marquage des bornes	50
10.4	Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique	50
10.5	Contrôle de ferro-résonance	51
10.6	Contrôle de la précision	51
11	Essais spéciaux.....	53
11.1	Mesure du facteur de transmission des surtensions à haute fréquence	53
11.2	Essai de résistance mécanique	53
11.3	Détermination du coefficient de température (T_C)	54
11.4	Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateurs.....	54
12	Marquage des unités de condensateurs	54
12.1	Généralités.....	54
12.2	Marquage	54
13	Marquage des bornes	54
13.1	Généralités.....	54
13.2	Marquages	55
14	Exigences supplémentaires pour transformateur condensateur de tension pour mesure.....	55
14.1	Désignation de classe de précision	55
14.2	Domaine de référence normal de fréquences.....	55
14.3	Classes de précision normales.....	56
14.4	Limites de l'erreur de tension et de déphasage.....	56
14.5	Essais de précision.....	57
15	Exigences supplémentaires pour transformateurs condensateurs de tension pour protection.....	57
15.1	Désignation des classes de précision.....	57
15.2	Domaine normal de référence de fréquences.....	57
15.3	Classes de précision normales.....	57
15.4	Limites de l'erreur de tension et de déphasage.....	57
15.5	Réponse en régime transitoire	58
15.6	Exigences pour les enroulements secondaires destinés à produire une tension résiduelle	59
16	Plaque de signalétique	61
16.1	Marquage sur la plaque signalétique	61
16.2	Exemple type de plaque signalétique	64
17	Exigences pour accessoires pour courant porteur.....	65
17.1	Généralités.....	65
17.2	Bobine de drainage et dispositif de limitation de tension	65
17.3	Essais de type pour accessoires de fréquence porteuse	66
17.4	Essais individuels pour accessoires de fréquence porteuse	66
17.5	Marquage sur la plaque signalétique	67

Annexe A (normative) Schéma type d'un transformateur condensateur de tension.....	68
Annexe B (informative) Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension suite à un défaut	69
Annexe C (normative) Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension	70
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes.....	76
Bibliographie	71
Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolement.....	19
Figure 2 – Facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température	22
Figure 3 – Organigrammes: Séquence d'essais à appliquer pour essais de type (Figure 3a) et individuels (Figure 3b).....	33
Figure 4 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent.....	44
Figure 5 – Charge série	44
Figure 6 – Résistance pure	44
Figure 7 – Circuit d'essai	48
Figure 8 – Circuit alternatif.....	48
Figure 9 – Exemple de circuit d'essai en pont.....	49
Figure 10 – Exemple de circuit d'étalonnage.....	49
Figure 11 – Exemple de diagramme d'erreur de TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec circuit équivalent.....	52
Figure 12 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et un unique secondaire.....	55
Figure 13 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires	55
Figure 14 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires à prise.....	55
Figure 15 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre, un enroulement de tension résiduelle et un unique secondaire	55
Figure 16 – Diagramme d'erreur des transformateurs condensateurs de tension de classe 0,2, 0,5 et 1,0	56
Figure 17 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension	58
Figure A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension	68
Figure A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur	68
Tableau 1 – Catégories de températures assignées.....	18
Tableau 2 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et d'échauffement	21
Tableau 3 – Limites d'échauffement des enroulements	23
Tableau 4 – Niveaux standard d'isolement.....	24
Tableau 5 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles	26
Tableau 6 – Longueurs de la ligne de fuite	28

Tableau 7a – Conditions de ferro-résonance – Système à neutre effectivement mis à la terre.....	29
Tableau 7b – Conditions de ferro-résonance – Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé.....	29
Tableau 8 – Limites des surtensions transmises	30
Tableau 9 – Charges d'essai de tenue statique.....	30
Tableau 10 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement	36
Tableau 11 – Gammes de charges d'essai	42
Tableau 12 – Tensions d'essai pour les unités, les empilages et le diviseur de tension capacitif complet.....	46
Tableau 13 – Contrôle de ferro-résonance.....	51
Tableau 14 – Points de contrôle de la précision (exemple).....	52
Tableau 15 – Modalités d'application des charges d'essai aux bornes primaires de ligne.....	53
Tableau 16 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure	56
Tableau 17 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension de protection	58
Tableau 18 – Valeurs normales	59
Tableau 19 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension produisant une tension résiduelle	60
Tableau 20 – Marquage sur la plaque signalétique	61

TRANSFORMATEURS DE MESURE

Partie 5: Transformateurs condensateurs de tension

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60044 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 mesure, commande et protection.

Le transformateur condensateur de tension peut être équipé avec ou sans accessoires de couplage pour courant porteur sur ligne (CPL) aux fréquences porteuses de 30 kHz à 500 kHz.

La présente norme remplace la CEI 60186 en ce qui concerne les transformateurs condensateurs de tension.

Trois normes servent de base à la présente norme CEI 60044-5:

- la CEI 60044-2, concernant les transformateurs inductifs de tension;
- la CEI 60358, concernant les condensateurs de couplage et les diviseurs capacitifs;
- la CEI 60481, concernant les groupes de couplage pour les systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL).

L'application «fonction mesure» inclut à la fois la mesure pour indication et la mesure pour comptage.

NOTE Des schémas du transformateur condensateur de tension auquel cette norme s'applique sont donnés aux Figures A.1 et A.2.

2 Références normatives

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).

CEI 60028, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

CEI 60038, *Tensions normales de la CEI*

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

CEI 60050-321:1986, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 321: Transformateurs de mesure*

CEI 60050-436:1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050-601:1985, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050-604:1987, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60085, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60270, *Technique des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60358:1990, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

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

CEI 60815, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CISPR 18-2, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques. Deuxième partie: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

NOTE Certaines de ces définitions sont conformes ou identiques à celles de la CEI 60050-321, la CEI 60050-436, la CEI 60050-601 ou la CEI 60050-604. Elles sont indiquées par le numéro de référence approprié du VEI, placé entre parenthèses.

3.1 Définitions générales

3.1.1

transformateur condensateur de tension

TCT

transformateur de tension comprenant un diviseur capacitif de tension et un élément électromagnétique conçus et connectés de telle manière que la tension secondaire de l'élément électromagnétique soit pratiquement proportionnelle à la tension primaire, et déphasée par rapport à celle-ci d'un angle voisin de zéro pour un sens approprié des connexions

[VEI 321-03-14]

3.1.2

fréquence assignée d'un transformateur condensateur de tension

f_R

fréquence pour laquelle le transformateur condensateur de tension a été conçu

3.1.3

gamme de fréquences normale de référence

gamme de fréquences pour laquelle la précision assignée est applicable

3.1.4

tension primaire assignée

U_{PR}

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

[VEI 321-01-12]

3.1.5

tension secondaire assignée

U_{SR}

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

[VEI 321-01-16]

3.1.6

enroulement secondaire

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

[VEI 321-01-07]

3.1.7

circuit secondaire

circuit extérieur alimenté par l'enroulement secondaire d'un transformateur

3.1.8

rapport de transformation d'un transformateur de tension

rapport de la tension primaire réelle à la tension secondaire réelle d'un transformateur de tension

[VEI 321-01-18]

3.1.9

rapport de transformation assigné d'un transformateur de tension

K_R

rapport de la tension primaire assignée à la tension secondaire assignée d'un transformateur de tension

[VEI 321-01-20]

3.1.10

erreur de tension

ε_U

erreur que le transformateur de tension introduit dans la mesure d'une tension et qui provient de ce que le rapport de transformation réel n'est pas égal au rapport de transformation assigné

[VEI 321-01-22]

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

$$\text{Erreur de tension } \varepsilon_U = \frac{K_R U_S - U_P}{U_P} 100 \text{ (\%)}$$

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.

3.1.11

déphasage

φ_U

différence de phase entre les vecteurs des tensions primaire et secondaire:

$$\varphi_U = (\varphi_S - \varphi_P)$$

le sens des vecteurs étant choisi de telle manière que l'angle (φ_U) soit nul pour un transformateur parfait.

NOTE 1 Le déphasage est considéré comme positif quand le vecteur de la tension secondaire (φ_S) est en avance sur le vecteur de la tension primaire (φ_P). Il est habituellement exprimé en minutes ou centiradians.

[VEI 321-01-23, modifié]

NOTE 2 Cette définition n'est rigoureuse que pour des tensions sinusoïdales.

3.1.12

classe de précision

désignation appliquée à un transformateur condensateur de tension dont les erreurs restent dans des limites spécifiées pour des conditions d'emploi prescrites

3.1.13

charge

admittance du circuit secondaire, exprimée en siemens, avec indication du facteur de puissance (en retard ou en avance)

NOTE La charge est généralement exprimée par la puissance apparente en voltampères, absorbée à un facteur de puissance spécifié et sous la tension secondaire assignée.

3.1.14

charge de précision

valeur de la charge sur laquelle sont basées les conditions de précision de cette norme

3.1.15

puissance

a) puissance de précision

valeur de la puissance apparente (en voltampères à un facteur de puissance spécifié), que le transformateur condensateur de tension peut fournir au circuit secondaire à la tension secondaire assignée lorsqu'il est raccordé à sa charge de précision

[VEI 321-01-27, modifié]

b) puissance thermique limite

valeur de la puissance apparente en voltampères, référée à la tension assignée, que le transformateur peut fournir au circuit secondaire quand la tension assignée est appliquée au primaire, sans excéder les limites d'échauffement spécifiées en 6.5

NOTE 1 Dans cette condition, il est possible que les limites de l'erreur soient dépassées.

NOTE 2 Dans le cas de plusieurs enroulements secondaires, la valeur de la puissance thermique limite doit être spécifiée pour chaque enroulement.

NOTE 3 L'utilisation simultanée de plusieurs enroulements secondaires n'est pas admise sans un accord entre constructeur et acheteur.

3.1.16

tension la plus élevée pour le matériel

U_m

valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases pour laquelle l'équipement est conçu et peut être employé avec son l'isolation

3.1.17

niveau d'isolement assigné

combinaison des valeurs de tension qui caractérise l'isolation d'un transformateur en ce qui concerne son aptitude à supporter des contraintes diélectriques

3.1.18

réseau à neutre isolé

réseau dont aucun point neutre n'a de connexion intentionnelle avec la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure

[VEI 601-02-24]

3.1.19

réseau à neutre directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre

[VEI 601-02-25]

3.1.20

réseau à neutre non directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'impédances destinées à limiter les courants de défaut à la terre

[VEI 601-02-26]

3.1.21

réseau compensé par bobine d'extinction

réseau dont un ou plusieurs points neutres sont reliés à la terre par des réactances compensant approximativement la composante capacitive du courant de défaut monophasé à la terre

[VEI 601-02-27]

NOTE Pour un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité à tel point qu'un arc de défaut dans l'air est généralement auto-extinguible.

3.1.22

facteur de défaut à la terre

en un emplacement donné d'un réseau triphasé, et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre d'une part la tension efficace la plus élevée, à la fréquence du réseau, entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre affectant une phase quelconque ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau, et d'autre part la valeur efficace de la tension entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut

[VEI 604-03-06]

3.1.23

réseau à neutre à la terre

réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer le courant suffisant pour la protection sélective contre les défauts à la terre

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 1,4.

NOTE Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la résistance directe est inférieur à 1 pour toutes les configurations du réseau.

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 1,4.

3.1.24

installation en situation exposée

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

NOTE Ces installations sont habituellement connectées à des lignes de transmission aériennes directement ou par l'intermédiaire de câbles de faible longueur.

3.1.25

installation en situation non exposée

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

NOTE Ces installations sont habituellement connectées à des réseaux de câbles souterrains.

3.1.26

transformateur condensateur de tension pour mesure

transformateur condensateur de tension destiné à alimenter des appareils de mesure, des compteurs d'énergie et autres appareils analogues

3.1.27

transformateur condensateur de tension de protection

transformateur condensateur de tension destiné à alimenter des relais électriques de protection

3.1.28

enroulement de tension résiduelle

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

3.1.29

facteur de tension assignée

F_V

facteur par lequel il faut multiplier la tension primaire assignée U_{PR} pour déterminer la tension maximale pour laquelle il faut que le transformateur réponde aux exigences d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié, ainsi qu'aux exigences de précision correspondantes

3.1.30

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

3.1.31

borne de ligne

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

3.1.32

ferro-résonance

résonance entretenue d'un circuit se composant d'une capacité avec une inductance magnétique saturable non linéaire

NOTE La ferro-résonance peut être déclenchée par des opérations de commutation sur le côté primaire ou le côté secondaire.

3.1.33

réponse transitoire

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

3.1.34

contraintes mécaniques

contraintes exercées sur différentes parties du transformateur condensateur de tension en fonction de quatre forces principales:

- forces exercées sur les bornes dues aux raccordements de ligne;
- forces dues au vent sur la section transversale du transformateur condensateur de tension avec et sans circuit-bouchon de ligne monté sur le dessus du condensateur de couplage;
- forces sismiques,
- forces électrodynamiques dues au courant de court-circuit

3.1.35

TCT connecté en tension

TCT qui a seulement une connexion à la ligne haute tension

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

3.1.36

TCT connecté en courant

TCT qui a deux connexions à la ligne haute tension

NOTE Les bornes et le raccordement supérieur sont conçus pour transporter le courant de ligne dans des conditions normales.

3.1.37

TCT connecté à un circuit-bouchon

TCT qui supporte un circuit-bouchon sur sa partie supérieure

NOTE 1 Dans ce cas, les deux connexions au circuit-bouchon transportent le courant de la ligne HT et une connexion du circuit-bouchon au TCT transporte le courant du TCT.

NOTE 2 Les circuits-bouchons de ligne montés sur piédestal dans deux phases produisent des forces supplémentaires lors d'un court-circuit affectant plus d'une phase.

3.2 Définitions concernant le diviseur de tension capacitif

3.2.1

diviseur de tension capacitif

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

[VEI 436-02-10]

3.2.2

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

[VEI 436-01-03]

3.2.3

unité (de condensateur) condensateur unitaire

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

[VEI 436-01-04]

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

3.2.4

empilage (de condensateurs)

ensemble de condensateurs unitaires connectés en série

[VEI 436-01-05]

NOTE Les condensateurs unitaires sont généralement disposés verticalement.

3.2.5

condensateur

terme général utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'un condensateur unitaire ou d'un empilage de condensateurs

3.2.6

capacité assignée d'un condensateur

C_R

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

NOTE Cette définition s'applique:

- pour un condensateur unitaire, à la capacité entre les bornes de l'unité;
- pour un empilage de condensateurs, à la capacité entre les bornes de ligne et basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre de l'empilage;
- pour un diviseur capacitif, à la capacité résultante: $C_R = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$.

3.2.7

condensateur de couplage

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

[VEI 436-02-11]

3.2.8

condensateur à haute tension (d'un diviseur capacitif)

C_1

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

[VEI 436-02-12, modifié]

3.2.9

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

[VEI 436-02-13]

3.2.10

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

[VEI 436-03-03]

3.2.11

borne à basse tension d'un diviseur capacitif

borne à relier à la terre, directement ou par l'intermédiaire d'une bobine de drainage ou par une impédance de valeur négligeable, à la fréquence assignée, pour application pour courant porteur sur ligne (CPL)

[VEI 436-03-04, modifié]

3.2.12

tolérance de capacité

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

[VEI 436-04-01]

3.2.13

résistance série équivalente d'un condensateur

résistance virtuelle qui, connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes égales à la puissance active absorbée par le condensateur dans les conditions de haute fréquence spécifiée

3.2.14

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

[VEI 436-04-03]

3.2.15

tension intermédiaire d'un diviseur capacitif

U_c

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

3.2.16

rapport de tension (d'un diviseur capacitif)

K_{CR}

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

[VEI 436-04-05]

NOTE 1 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: $(C_1 + C_2)/C_1 = K_{CR}$.

NOTE 2 C_1 et C_2 incluent les capacités parasites, qui sont généralement négligeables.

3.2.17

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur

[VEI 436-04-10]

3.2.18

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

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

3.2.19

coefficient de température de la capacité

T_c

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

$$T_C = \frac{\frac{\Delta C}{\Delta T}}{C_{20\text{ °C}}} \left[\frac{1}{\text{K}} \right]$$

où

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

$C_{20\text{ °C}}$ représente la capacité mesurée à 20 °C.

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

3.2.20

capacité parasite de la borne à basse tension

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

3.2.21

conductance parasite de la borne à basse tension

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

3.2.22

diélectrique d'un condensateur

le matériau isolant entre les électrodes

3.3 Définitions concernant l'élément électromagnétique

3.3.1

élément électromagnétique

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

NOTE Un élément électromagnétique comprend essentiellement un transformateur destiné à réduire la tension intermédiaire à la valeur exigée de tension secondaire, et une inductance compensatrice approximativement égale, à la fréquence assignée, à la réactance capacitive des deux parties du diviseur connectées en parallèle ($C_1 + C_2$). L'inductance compensatrice peut être incorporée intégralement ou partiellement dans le transformateur.

3.3.2

transformateur intermédiaire

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

3.3.3

inductance compensatrice

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

3.3.4

dispositif d'amortissement

dispositif intégré à l'élément électromagnétique pour

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

3.4 Définitions des accessoires pour courant porteur

3.4.1

accessoire pour courant porteur

élément de circuit destiné à permettre l'injection du signal de fréquence porteuse et qui est connecté entre la borne à basse tension d'une unité de diviseur capacitif et la terre, ayant une impédance qui est insignifiante à la fréquence du secteur, mais notable à la fréquence porteuse (voir Figure A.2)

3.4.2

bobine de drainage

inductance qui est connectée entre la borne à 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

3.4.3

élément de limitation de tension

élément à connecter aux bornes de la bobine de drainage ou entre la borne à basse tension du diviseur de tension capacitif et la terre afin de limiter les surtensions qui apparaissent aux bornes de la bobine de drainage:

- a) en cas de court-circuit entre la borne à haute tension et la terre;
- b) lorsqu'une tension de choc est appliquée entre la borne à haute tension et la terre

3.4.4

sectionneur pour la mise à la terre des courants porteurs

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

4 Exigences générales

Tous les transformateurs condensateurs de tension doivent convenir pour une utilisation en mesure, mais certains, en plus, peuvent convenir pour une utilisation en protection. Les transformateurs condensateurs de tension utilisés à la fois pour la mesure et la protection doivent être conformes à tous les articles de la présente norme.

5 Conditions de service

Des informations détaillées concernant la classification des conditions d'environnement sont données dans la série CEI 60721.

5.1 Conditions de service normales

5.1.1 Température de l'air ambiant

Les transformateurs condensateurs de tension sont classés en trois catégories, comme indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Catégories de températures assignées

Catégorie	Température minimale °C	Température maximale °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
NOTE Lors du choix de la catégorie de températures, il convient de tenir compte également des conditions de stockage et de transport.		

5.1.2 Altitude

L'altitude n'excède pas 1 000 m.

5.1.3 Vibrations ou tremblements de terre

Les vibrations dues à des causes externes au transformateur condensateur de tension ou aux tremblements de terre sont négligeables.

5.1.4 Autres conditions de service pour les transformateurs condensateurs de tension du type intérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- a) l'influence du rayonnement solaire peut être négligée;
- b) l'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel;
- c) les conditions d'humidité sont les suivantes:
 - 1) la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée sur une période de 24 h, n'excède pas 95 %;
 - 2) la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période de 24 h, n'excède pas 2,2 kPa;
 - 3) la valeur moyenne de l'humidité relative, sur une période d'un mois, n'excède pas 90 %;
 - 4) la valeur moyenne de la pression de vapeur d'eau, sur une période d'un mois, n'excède pas 1,8 kPa.

Dans ces conditions, une condensation peut apparaître occasionnellement.

NOTE 1 On peut s'attendre à de la condensation en cas de changements brusques de la température lors de périodes de forte humidité.

NOTE 2 Pour supporter les effets d'une forte humidité et de la condensation, tels que la détérioration de l'isolement ou la corrosion des parties métalliques, il convient d'utiliser des transformateurs condensateurs de tension conçus pour de telles conditions.

NOTE 3 La condensation peut être évitée par une conception spéciale de l'habillage, une ventilation et un chauffage appropriés ou l'utilisation de déshumidificateurs.

5.1.5 Autres conditions de service pour les transformateurs condensateurs de tension du type extérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- a) la valeur moyenne de la température d'air ambiant, mesurée sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C;
- b) il convient que le rayonnement solaire jusqu'à un niveau de 1 000 W/m² (un temps clair à midi) soit pris en compte;

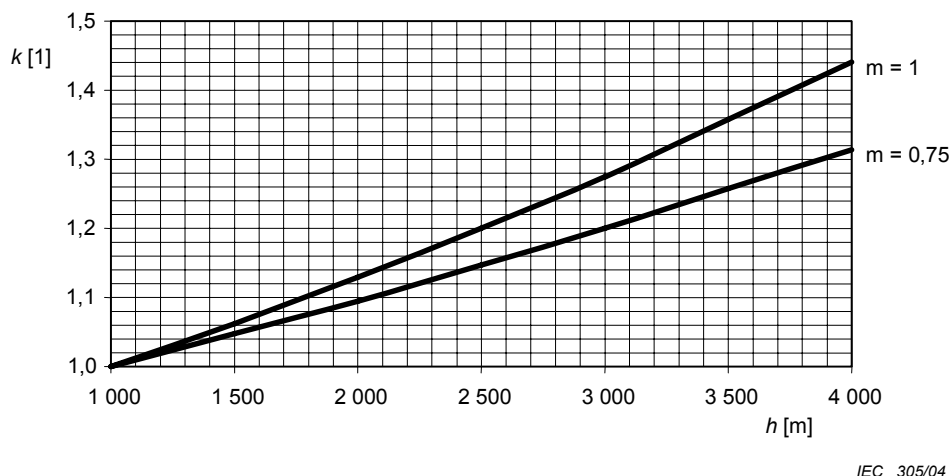
- c) l'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel. La pollution n'excède pas les niveaux de pollution donnés au Tableau 6;
- d) la pression due au vent ne dépasse pas 700 Pa (ce qui correspond à une vitesse de l'air de 34 m/s);
- e) il convient de tenir compte de la présence de condensation ou de précipitations.

5.2 Conditions de service spéciales

Lorsque des transformateurs condensateurs de tension peuvent être utilisés dans des conditions différentes des conditions normales de service indiquées en 5.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se réfèrent à des seuils normalisés comme suit.

5.2.1 Altitude

Pour des installations à une altitude supérieure à 1 000 m, la distance de formation d'arcs dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée en multipliant les tensions de tenue requises en conditions de service par un facteur k selon la Figure 1.



Ces facteurs peuvent être calculés avec l'équation suivante:

$$k = e^{m(h - 1\,000)/8\,150}$$

où

h est l'altitude en mètres;

$m = 1$ pour la fréquence industrielle et la tension assignée au choc de foudre;

$m = 0,75$ pour les tensions assignées au choc de manœuvre.

NOTE Pour l'isolation interne, la rigidité diélectrique n'est pas affectée par l'altitude. Il est recommandé que la méthode de vérification de l'isolation externe fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolement

5.2.2 Température ambiante

Pour les installations situées là où la température ambiante peut s'écarter de manière significative de la gamme normale de conditions de service indiquée en 5.1.1, il convient que les gammes préférentielles de températures minimale et maximale à spécifier soient:

- a) -50 °C et 40 °C pour des climats très froids;
- b) -5 °C et 50 °C pour des climats très chauds.

Dans certaines régions où l'apparition de vents chauds et humides est fréquente, de brusques variations de température peuvent entraîner l'apparition de condensation même en intérieur.

NOTE Dans certaines conditions de rayonnement solaire, il peut être nécessaire de prendre des mesures appropriées, comme par exemple la couverture, la ventilation forcée, etc., afin de ne pas dépasser les échauffements spécifiés.

5.2.3 Tremblements de terre

Des exigences et des essais sont à l'étude.

5.3 Installations de mise à la terre

Les installations de mise à la terre considérées sont les suivantes:

- a) réseau à neutre isolé (voir 3.1.18);
- b) réseau compensé par bobine d'extinction (voir 3.1.21);
- c) réseau à neutre à la terre (voir 3.1.23):
 - 1) réseau à neutre directement à la terre (voir 3.1.19)
 - 2) réseau à neutre non directement à la terre (voir 3.1.20).

6 Valeurs normales

6.1 Valeurs normales de fréquence assignée

Les valeurs normales sont de 50 Hz et 60 Hz.

6.2 Valeurs normales des tensions assignées

6.2.1 Tensions primaires assignées U_{PR}

Les valeurs normales de la tension primaire assignée d'un transformateur condensateur de tension monophasé 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 de réseau.

Les valeurs préférentielles sont données dans la CEI 60038.

NOTE 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'isolement assigné est basé sur l'une des tensions les plus élevées pour le matériel U_m de la CEI 60071-1.

6.2.2 Tensions secondaires assignées

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,
 - a) $\frac{120}{\sqrt{3}}$ V pour les réseaux de distribution;

b) $\frac{115}{\sqrt{3}} V$ pour les réseaux de transmission.

NOTE 1 La tension secondaire assignée des enroulements destinés à produire une tension résiduelle est donnée en 15.6.1.

NOTE 2 Si possible, il est recommandé que le rapport de transformation assigné soit d'une valeur simple.

6.3 Valeurs normales de la puissance de précision

Les valeurs normales de la puissance de précision, exprimées en voltampères, pour un facteur de puissance de 1 sont: 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 5,0; 7,5 VA. (gamme de charge I, en 9.8).

Les valeurs normales de la puissance de précision, exprimées en voltampères, pour un facteur de puissance de 0,8 (circuit inductif) sont: 10; 15; 25; 30; 40; 50; 100 VA. (gamme de charge II, en 9.8).

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

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

6.4 Valeurs normales du facteur de tension assigné

Le facteur de tension est déterminé par la tension maximale de service, laquelle dépend à son tour, des conditions de mise à la terre du réseau.

Les valeurs normales de facteur de tension assigné approprié aux différentes conditions de mise à la terre sont données dans le Tableau 2 ci-après, ainsi que la durée admissible de l'application de la tension maximale de service (c'est-à-dire durée assignée).

Tableau 2 – Valeurs normales du facteur de tension assigné pour les exigences de précision et d'échauffement

Facteur de tension assigné F_v	Durée assignée	Mode de connexion de la borne primaire et conditions de mise à la terre du réseau
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre effectivement mis à la terre (3.1.23 a))
1,5	30 s	
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre non effectivement mis à la terre (3.1.23 b)) avec élimination automatique du défaut à la terre
1,9	30 s	
1,2	Continue	Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre isolé (3.1.18) sans élimination automatique du défaut à la terre ou dans un réseau compensé par bobine d'extinction (3.1.21) sans élimination automatique du 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 de précision et d'échauffement d'un transformateur condensateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée tandis que le niveau d'isolement assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

NOTE 3 Il faut que la tension maximale de service d'un transformateur condensateur de tension soit inférieure ou égale à la tension la plus élevée pour le matériel $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$, 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.

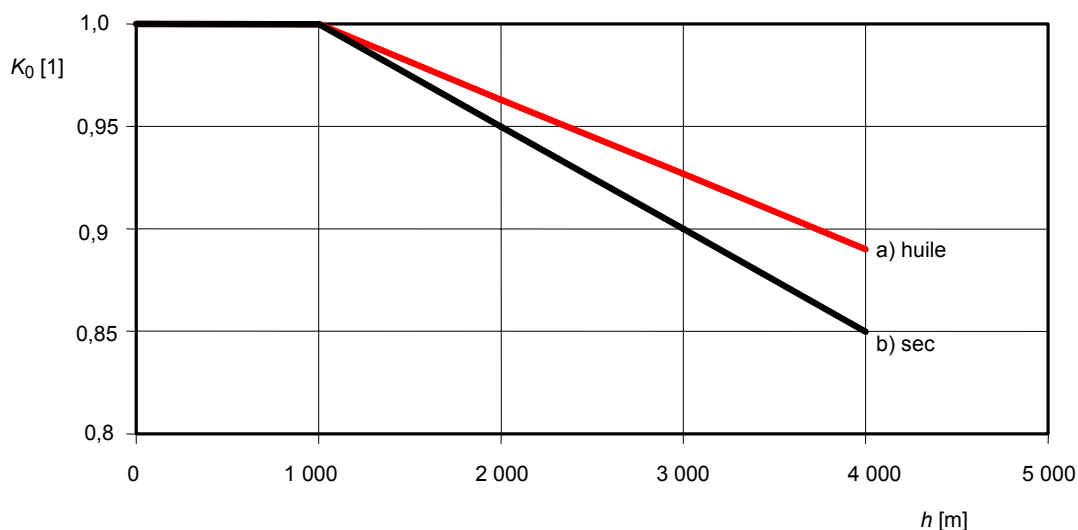
6.5 Limites d'échauffement

Sauf spécification contraire ci-après, l'échauffement ΔT d'un transformateur condensateur de tension à la tension spécifiée, à la fréquence assignée, pour la charge de précision, ou la plus grande des charges de précision lorsque le transformateur en comporte plusieurs, pour un facteur de puissance compris entre 0,8 (circuit inductif) et 1, ne doit pas dépasser la valeur appropriée donnée au Tableau 3.

Si des températures de l'air ambiant, supérieures à celles indiquées en 5.1, ont été spécifiées, les limites d'échauffement ΔT indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites d'une quantité égale à l'excédent de la température ambiante.

Si un transformateur condensateur de tension est prévu pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m et est essayé à une altitude inférieure à 1 000 m, les limites d'échauffement ΔT indiquées dans le Tableau 3 doivent être réduites des quantités suivantes par tranche de 100 m de différence entre l'altitude du lieu d'installation et 1 000 m:

- a) éléments magnétiques immergés dans l'huile : 0,4 % ;
- b) éléments magnétiques du type sec : 0,5 % (voir Figure 2).



IEC 306/04

Le facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température $K_o = \frac{\Delta T_h}{\Delta T_{ho}}$ avec

ΔT_h l'échauffement aux altitudes $h > 1\,000$ m et

ΔT_{ho} limites d'échauffement de température ΔT indiquées dans le Tableau 3, à des altitudes $h_o \leq 1\,000$ m.

Figure 2 – Facteur de correction d'altitude pour l'élévation de température

L'échauffement ΔT des enroulements est déterminé par la classe d'isolation la plus basse de l'enroulement lui-même ou de la matière environnante dans lequel il est immergé. Les limites d'échauffement des différentes classes d'isolation sont indiquées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Limites d'échauffement des enroulements

Classe d'isolation (conformément à la CEI 60085)	Limite d'échauffement maximale ΔT K
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile Si l'élément magnétique n'est pas muni d'un conservateur d'huile, l'échauffement ΔT de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 50 K.	60
Toutes les classes, enroulements immergés dans l'huile et hermétiquement scellés Si, dans l'élément magnétique, l'huile est surmontée d'un gaz inerte, ou est hermétiquement scellée, l'échauffement ΔT de l'huile mesuré à la partie supérieure de l'enveloppe ne doit pas dépasser 55 K.	65
Toutes les classes, enroulements noyés dans une masse isolante bitumeuse	50
Enroulements non immergés dans l'huile ni noyés dans une masse isolante bitumeuse, des classes suivantes: Y A E B F H	 45 60 75 85 110 135
L'échauffement ΔT , mesuré sur la surface externe du noyau et d'autres pièces métalliques en contact ou adjacentes à l'isolation, ne doit pas dépasser les valeurs appropriées.	
NOTE Pour certains matières (par exemple les résines), il convient que le constructeur spécifie la classe d'isolation à laquelle elles appartiennent.	

7 Exigences relatives à la conception

7.1 Exigences relatives à l'isolement

Le choix du niveau d'isolement pour le transformateur condensateur de tension doit être fonction des niveaux standard d'isolement indiqués au Tableau 4. Les niveaux d'isolement assignés doivent être basés sur sa tension la plus élevée pour le matériel U_m .

Règles générales appliquées:

- La tension de tenue assignée au choc de manœuvre de polarité positive sous pluie sert de base pour déterminer la distance d'arc minimale (isolation externe) du transformateur condensateur de tension.
- La résistance de l'isolation externe est habituellement essayée sous pluie avec la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (gamme de tensions I) ou avec la tension de tenue au choc de manœuvre sous pluie de polarité positive (gamme de tensions II) (voir 9.5).
- La valeur de la tension de tenue assignée au choc de foudre est un facteur qui permet de déterminer la résistance du diélectrique des condensateurs et la résistance de l'isolation de l'élément électromagnétique.
- Dans la CEI 60071-1, pour chaque U_m , seules deux tensions de tenue standard suffisent pour définir le niveau normal d'isolement pour le matériel:
 - gamme de tensions I: $72,5 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$: tension de tenue assignée au choc de foudre et tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle;
 - gamme de tensions II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 765 \text{ kV}$: tensions de tenue assignées au choc de manœuvre et au choc de foudre.

- En raison de l'isolation interne non autorégénératrice des transformateurs condensateurs de tension, pour la gamme de tensions II, trois tensions standards de tenue sont indiquées dans le Tableau 4. Pour la gamme de tensions II, l'essai de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle a été spécifié comme essai individuel avec une mesure des décharges partielles. La contrainte avec une tension alternative détermine le comportement à long terme de l'isolation interne non autorégénératrice du transformateur condensateur de tension.
- L'essai de tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (Tableau 4, colonne 4), avec mesure des décharges partielles (DP) dans la gamme de tensions II, est une indication de la contrainte sur l'isolation du transformateur condensateur de tension.
- Le niveau d'isolement assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m , tandis que les exigences de précision et d'échauffement d'un transformateur de tension sont basées sur la tension primaire assignée U_{PR} .
- Le choix du niveau d'isolement doit être fait selon 6.2.1 et selon la CEI 60071-1.

Tableau 4 – Niveaux standard d'isolement

Gamme de Tensions	1	2	3	4
	Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension de tenue assignée au choc de manœuvre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée au choc de foudre (valeur de crête)	Tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (essai individuel) (valeur efficace)
	kV	kV	kV	kV
I	72,5		325	140
	100		450	185
	123		450	185
			550	230
	145		550	230
			650	275
	170		650	275
			750	325
II	245		950	395
			1 050	460
	300	750	950	395
		850	1 050	460
	362	850	1 050	460
		950	1 175	510
	420	950	1 300	570
		1 050	1 425	630
	525	1 050	1 425	630
		1 175	1 550	680
	765	1 425	1 950	880
		1 550	2 100	975

NOTE 1 Dans le cas d'installations exposées, il est recommandé de choisir le niveau d'isolement le plus élevé.

NOTE 2 Du fait que les niveaux de tension d'essai pour $U_m = 765$ kV n'ont pas encore été décidés de manière définitive, des changements dans les niveaux d'essai au choc de manœuvre et au choc de foudre peuvent s'avérer nécessaires.

7.2 Autres exigences pour l'isolement

7.2.1 Borne à 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 entre les bornes à basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

7.2.2 Borne à basse tension exposée aux intempéries

Si la borne à 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 à basse tension et de terre.

- Pendant cet essai, l'élément magnétique 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 à basse tension et la terre, il convient de s'assurer qu'il ne peut fonctionner pendant les essais. Il convient que les accessoires pour courant porteur soient déconnectés pendant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination de l'isolement des accessoires pour courant porteur avec la borne à basse tension, une valeur plus élevée peut être convenue à la demande de l'acheteur.

7.2.3 Décharges partielles

Le niveau de décharges partielles ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 5 pour la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans ce même tableau, après l'application d'une précontrainte conformément aux procédures de 10.2.3.2.

Les exigences relatives aux décharges partielles sont applicables au diviseur de tension capacitif dans son ensemble, ou à un condensateur unitaire qui fait partie d'un empilage, ou encore à un empilage de condensateurs qui fait partie du diviseur de tension capacitif.

La mesure de décharges partielles est effectuée lorsque l'élément électromagnétique est déconnecté. La faible contrainte électrique dans l'isolation de l'élément électromagnétique n'exige pas une mesure de décharges partielles.

Tableau 5 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles

Type de mise à la terre du réseau	Tension d'essai de DP (valeur efficace)	Niveau admissible de DP (pC) Isolation immergée dans un liquide
Réseau à neutre mis à la terre	U_m	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Réseau à neutre isolé ou non effectivement mis à la terre (facteur de défaut à la terre > 1,4)	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
<p>NOTE 1 Si le système de neutre n'est pas défini, les valeurs indiquées pour les réseaux à neutre isolés ou non effectivement mis à la terre sont valables.</p> <p>NOTE 2 Le niveau admissible de DP est également valable pour des fréquences différentes de la fréquence assignée.</p> <p>NOTE 3 Si seules des parties du diviseur de tension capacitif sont essayées, la valeur de la tension d'essai sera égale à:</p> $1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du TCT}}$ <p>ou</p> $1,05 \times \text{tension d'essai du TCT} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du TCT}}$		

7.2.4 Essai de choc de foudre coupé

L'essai est destiné à vérifier les connexions internes du condensateur.

Si cela est spécifié en complément, le transformateur condensateur de tension complet doit aussi être capable de supporter une tension de choc de foudre coupée ayant une valeur crête de 115 % de la tension de choc de foudre assignée.

7.2.5 Capacité à la fréquence industrielle

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif 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.

NOTE 1 $C = \frac{C_0}{n}$

où

n est le nombre d'éléments en série;

C_0 est la capacité d'un élément.

NOTE 2 Il convient que la capacité réelle soit mesurée, ou rapportée, à la température à laquelle la capacité assignée est définie.

7.2.6 Pertes du condensateur à la fréquence industrielle

Les exigences relatives aux pertes du condensateur, exprimées par $\tan\delta$, mesurées à 10 kV et 0,9 fois à 1,1 fois U_{PR} , peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 1 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 2 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 3 La valeur de $\tan\delta$ de certains types de diélectriques est une fonction du temps d'excitation avant la mesure.

NOTE 4 Les pertes du condensateur sont une indication de la régularité du processus de séchage et d'imprégnation.

NOTE 5 Les valeurs typiques de $\tan\delta$ se rapportant aux diélectriques imprégnés d'huile minérale ou synthétique, sont à 20 °C (293 K):

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

7.2.7 Élément électromagnétique

7.2.7.1 Niveaux d'isolement

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

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

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

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

NOTE 1 Les essais a) peuvent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet.

NOTE 2 Pour l'essai b) l'élément électromagnétique peut être déconnecté du diviseur capacitif.

NOTE 3 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 .)

7.2.7.2 Exigences d'isolement entre sections

Dans le cas d'enroulements divisés en deux sections ou plus, l'isolement entre sections doit pouvoir supporter une tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV (valeur efficace) pendant 1 min.

7.2.7.3 Exigences d'isolement pour les enroulements secondaires

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

7.2.8 Exigences pour l'isolement externe

Pour un isolement de type extérieur susceptible d'être pollué, la valeur assignée minimale de la ligne de fuite spécifique mesurée sur la surface d'isolation est indiquée en millimètres dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Longueurs de la ligne de fuite

Niveau de pollution	Valeur nominale minimale de la ligne de fuite spécifique ^a mm/kV ^b	<u>Ligne de fuite</u> Distance d'arc
I Léger	16	≤ 3,5
II Moyen	20	≤ 3,5
III Fort	25	≤ 4,0
IV Très fort	31	≤ 4,0
<p>a Pour la ligne de fuite réelle, les tolérances de fabrication indiquées sont applicables (voir CEI 62155).</p> <p>b Rapport de la ligne de fuite, mesurée en millimètres, entre phase et terre à la valeur efficace entre phases de la tension la plus élevée pour le matériel U_m en kV (voir CEI 60071-1). Pour d'autres informations et pour les tolérances de fabrication sur la ligne de fuite, voir CEI 60815.</p>		
<p>NOTE 1 Il est reconnu que les performances de l'isolation de surface sont fortement affectées par la forme de l'isolateur.</p> <p>NOTE 2 Dans les régions très légèrement polluées, des lignes de fuite spécifiques nominales inférieures à 16 mm/kV peuvent être utilisées en fonction de l'expérience acquise en service. La valeur de 12 mm/kV semble être une limite inférieure.</p> <p>NOTE 3 Dans le cas de sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite spécifique nominale de 31 mm/kV peut s'avérer insuffisante. En fonction de l'expérience acquise en service et/ou sur des résultats d'essai en laboratoire, une valeur plus élevée de la ligne de fuite spécifique peut être utilisée, mais, dans certains cas, l'utilisation du lavage peut être envisagée.</p> <p>NOTE 4 Les valeurs sont pour les isolateurs en porcelaine. Les isolateurs composites existent et ont de meilleures performances contre la pollution, conformément à la CEI 61462.</p>		

7.3 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 1 s.

7.4 Ferro-résonance

7.4.1 Généralités

Pour toute tension primaire inférieure à $F_V \times U_{PR}$ et pour toute charge comprise entre 0 et la charge assignée, la ferro-résonance du transformateur condensateur de tension due à des opérations de manœuvre ou à des transitoires sur les bornes primaires ou secondaires ne doit pas se maintenir.

7.4.2 Transitoires des oscillations de ferro-résonance

$\hat{\varepsilon}_F$:	Erreur instantanée maximale
\hat{U}_S	:	Tension secondaire (crête)
U_P	:	Tension primaire (valeur efficace)
U_{PR}	:	Tension primaire assignée (valeur efficace)
K_R	:	Rapport de transformation
T_F	:	Durée de la ferro-résonance

$$\hat{\varepsilon}_F = \frac{\hat{U}_S(T_F) - \frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}}{\frac{\sqrt{2} \cdot U_P}{K_R}} = \frac{K_R \cdot \hat{U}_S(T_F) - \sqrt{2} \cdot U_P}{\sqrt{2} \cdot U_P}$$

Erreur instantanée maximale ε_F après la durée T_F :

a) Système à neutre effectivement mis à la terre (voir Tableau 7a)

**Tableau 7a – Conditions de ferro-résonance –
Système à neutre effectivement mis à la terre**

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée des oscillations de ferro-résonance T_F s	Erreur ε_F après une 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 Tableau 7b)

**Tableau 7b – Conditions de ferro-résonance –
Réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé**

Tension primaire U_p (valeur efficace)	Durée des oscillations de ferro-résonance T_F s	Erreur ε_F après une 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

7.5 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques

7.5.1 Tension de perturbation radioélectrique (RIV)

Cette exigence s'applique aux transformateurs condensateurs de tension avec $U_m \geq 123$ kV à installer en sous-station isolée dans l'air. La tension de perturbation radioélectrique ne doit pas dépasser $2\,500 \mu V$ à $1,1 U_m / \sqrt{3}$.

NOTE Cette exigence est introduite afin de répondre à certains règlements de compatibilité électromagnétique.

7.5.2 Surtension transmise (TO)

Les surtensions transmises des bornes primaires aux bornes secondaires ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 8, dans les conditions d'essai et de mesure décrites dans la CEI 60044-2.

L'impulsion de type A s'applique aux transformateurs condensateurs de tension pour une sous-station isolée dans l'air, alors que l'impulsion de type B s'applique au transformateur condensateur de tension installé dans un poste sous enveloppe métallique isolée par gaz (PSEM).

NOTE 1 Cette exigence est incluse afin de répondre à certains règlements de compatibilité électromagnétique.

NOTE 2 L'impulsion de type A est représentative des oscillations de tension dues au contournement de l'éclateur et au fonctionnement de l'appareillage de commutation. Le type B est représentatif des impulsions à front raide produites pendant le fonctionnement de l'appareillage de commutation.

Tableau 8 – Limites des surtensions transmises

Type d'impulsion	A	B
Valeur crête de la tension appliquée (U_p)	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$	$1,6 \frac{\sqrt{2} U_m}{\sqrt{3}}$
Caractéristiques de la forme d'onde:		
- durée de front conventionnelle (T_1)	$0,5 \mu s \pm 20 \%$	-
- durée jusqu'à la demi-valeur (T_2)	$\geq 50 \mu s$	-
- durée du front (T_1)	-	$10 ns \pm 20 \%$
- durée de la queue (T_2)	-	$> 100 ns$
Valeurs crêtes limites de la surtension transmise (U_s)	1,6 kV	1,6 kV

7.6 Exigences mécaniques

Les transformateurs condensateurs de tension pour une sous-station isolée dans l'air doivent pouvoir supporter les charges statiques d'essai données au Tableau 9.

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

Tableau 9 – Charges d'essai de tenue statique

Tension la plus élevée pour le matériel U_m KV	Charge d'essai de tenue statique F_R N		
	Transformateurs condensateurs de tension avec :		
	Bornes de tension	Bornes de type courant traversant	
		Classe de charge I	Classe de charge II
72,5 à 100	500	1 250	2 500
123 à 170	1 000	2 000	3 000
245 à 362	1 250	2 500	4 000
≥ 420	1 500	4 000	5 000

NOTE 1 Cette exigence ne s'applique pas aux transformateurs condensateurs de tension suspendus.

NOTE 2 Il convient que la somme des charges effectives dans des conditions de fonctionnement normales ne dépasse pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée.

NOTE 3 Dans certaines applications, il convient que les transformateurs condensateurs de tension avec bornes de type courant traversant supportent des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple lors de courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge d'essai de tenue statique.

NOTE 4 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 du transformateur condensateur de tension ou du diviseur capacitif, avec un facteur de sûreté de 2,5, multiplié par 9,81 pour obtenir la force correspondante en newtons.

NOTE 5 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.

NOTE 6 Pour certaines applications, il peut être nécessaire d'établir la résistance des bornes primaires à la torsion. Il faut que le moment à appliquer pendant l'essai fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

7.7 Étanchéité du diviseur de tension capacitif et de l'élément électromagnétique

7.7.1 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.

7.7.2 Élément électromagnétique

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

8 Classification des essais

Les essais spécifiés dans la présente norme sont classés en essais de type, essais individuels et essais spéciaux. Les essais de type et individuels doivent être exécutés dans la même séquence conformément à l'organigramme de la Figure 3. Au début et à la fin de la séquence, la capacité C , $\tan\delta$ et la précision doivent être mesurées.

La classification est la suivante :

a) Essai de type

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

NOTE 1 Un essai de type peut également être considéré valable s'il est exécuté sur un transformateur qui présente des différences mineures. Il convient que ces différences fassent l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

NOTE 2 Il faut que l'essai de type suive la séquence indiquée par l'organigramme de la Figure 3.

b) Essai individuel

Essai auquel chaque transformateur est soumis individuellement.

c) Essai spécial

Essai autre qu'un essai de type ou un essai individuel effectué après accord entre le constructeur et l'acheteur.

8.1 Essais de type

Les essais suivants sont des essais de type. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) contrôle de précision (10.6);
- b) essai d'échauffement (9.1);
- c) mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle (9.2);
- d) essai au choc de foudre coupé (9.4.3);
- e) essais de tension de perturbation radioélectrique, si nécessaire (9.10);
- f) essai de tenue au court-circuit (9.3);
- g) essai au choc de foudre (9.4.2);
- h) essai au choc de manœuvre sous pluie pour la gamme de tensions ≥ 300 kV (9.5.2);
- i) essai sous pluie à fréquence industrielle pour transformateurs de type extérieur avec tension alternative de la gamme de tensions $U_m < 300$ kV (9.5.1);
- j) essai de réponse transitoire (9.9) (valable uniquement pour des transformateurs condensateurs de tension de protection);

- k) essai de ferro-résonance (9.6);
- l) étanchéité de l'élément électromagnétique (9.7);
- m) essais de précision (9.8).

Après que les transformateurs condensateurs de tension ont été soumis aux essais diélectriques de type indiqués en 8.1, ils doivent être soumis à tous les essais individuels de 8.2.

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 indiquée dans l'organigramme de la Figure 3.

La valeur de la capacité C d'une unité, d'un empilage ou d'un diviseur de tension capacitif ne doit pas changer de plus de $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ durant toutes les procédures d'essai (voir 7.2.5).

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.

NOTE 1 ΔC est le changement mesuré de la capacité C .

NOTE 2 Après accord entre constructeur et acheteur, l'ordre de la séquence d'essai (Figure 3) peut être modifié.

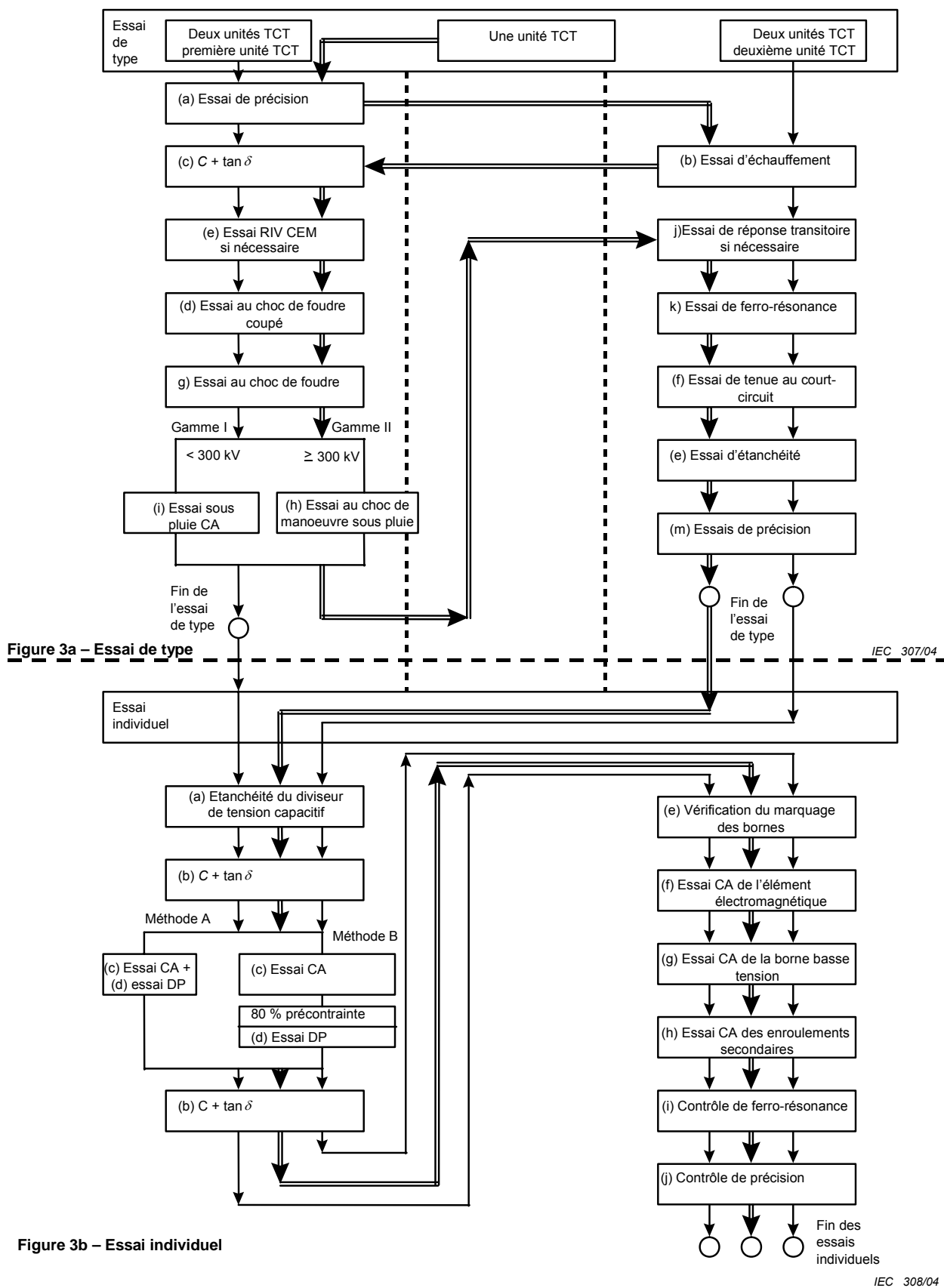


Figure 3 – Organigrammes: Séquence d'essais à appliquer pour essais de type (Figure 3a) et individuels (Figure 3b)

8.2 Essais individuels

Les essais suivants sont les essais individuels. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) étanchéité du diviseur de tension capacitif (10.1);
- b) mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle (9.2);
- c) essai de tenue à fréquence industrielle (10.2);
- d) mesure des décharges partielles (10.2.3);
- e) vérification des marquages des bornes (10.3);
- f) essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique (10.4);
- g) essai de tenue à fréquence industrielle sur la borne à basse tension (10.2.4);
- h) essais de tenue à fréquence industrielle sur les enroulements secondaires (10.4.2);
- i) contrôle de ferro-résonance (10.5);
- j) contrôle de précision (détermination des erreurs) (10.6).

Hormis la détermination des erreurs j), qui doit être exécutée après les essais des points b), c), d), e), f), g) et h), l'ordre ou la combinaison possible des autres essais ne sont pas normalisés.

Des essais répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 80 % de la tension d'essai spécifiée.

Des essais non répétés à fréquence industrielle doivent être exécutés à 100 % de la tension d'essai.

8.3 Essais spéciaux

Les essais suivants sont des essais spéciaux. Pour les détails, il convient de se reporter aux paragraphes appropriés:

- a) mesure du facteur de transmission des surtensions transitoires à haute fréquence (11.1);
- b) essai de résistance mécanique (11.2);
- c) détermination du coefficient de température (11.3);
- d) essai de conception d'étanchéité des condensateurs unitaires (11.4).

8.4 Séquence d'essais pour une ou deux unités

La séquence d'essais indiquée dans l'organigramme doit être considérée comme obligatoire (voir Figure 3).

NOTE De légères modifications de la séquence d'essais peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

9 Essai de type

9.1 Essai d'échauffement

L'essai doit être fait pour vérifier la conformité aux exigences de 6.5.

L'essai peut être réalisé sur le transformateur condensateur complet ou sur l'élément électromagnétique seul. Lorsque l'essai est réalisé sur le transformateur condensateur complet, la tension primaire U_p doit être ajustée conformément au Tableau 10.

Lorsque l'essai est réalisé sur l'élément électromagnétique seul, le transformateur intermédiaire doit être ajusté de telle manière à avoir une tension secondaire U_s en conformité avec le Tableau 10.

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 6.5). La température doit être enregistrée.

Lorsqu'il y a plus d'un enroulement secondaire, l'essai doit être fait avec la charge assignée appropriée connectée à chaque enroulement secondaire simultanément, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

L'enroulement de tension résiduelle doit être chargé conformément à 15.6.5.1.

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

Les transformateurs condensateurs de tension ou l'élément électromagnétique seul, indépendamment du facteur de tension et de la durée assignée, doivent être testés à 1,2 fois la tension primaire assignée. La tension secondaire doit être à la valeur correspondante. L'essai doit continuer jusqu'à ce que la température (de l'élément électromagnétique) ait atteint un état stable.

L'élément électromagnétique a atteint sa température de régime lorsque l'échauffement mesuré n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K par heure. L'échauffement des enroulements doit être déterminé par la méthode de variation de résistance.

L'échauffement des parties autres que les enroulements peut être mesuré au moyen de thermomètres ou de couples thermoélectriques.

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

Tableau 10 – Tension d'essai pour l'essai d'échauffement

Charge	Charge de précision						Puissance thermique limite ^a	
Facteur de tension et Durée de défaut assignée	$F_V = 1,2$ continu		$F_V = 1,5$ or $1,9$ 30 s		$F_V = 1,9$ 8 h		-	-
Configuration d'essai	Élément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Élément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Élément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet	Élément électro-magnétique	Transformateur condensateur de tension complet
Tension d'essai jusqu'à ce que l'échauffement n'augmente plus d'une quantité supérieure à 1 K/h.	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_S = \frac{1,2 U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,2 U_{PR}$	$U_C = \frac{U_{PR}}{K_{CR}}$	$U_P = U_{PR}$
Tension d'essai pour durée assignée de défaut	---	---	$U_S = \frac{F_V \times U_{PR}}{K_R}$	$U_P = F_V \times U_{PR}$	$U_S = \frac{1,9 \times U_{PR}}{K_R}$	$U_P = 1,9 U_{PR}$	-	-

^a Essai supplémentaire si une puissance thermique limite est spécifiée

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

9.2.1 Mesure de la capacité

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

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. 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, à une tension suffisamment faible (moins de 15 % de la tension assignée) pour qu'il ne se produise pas de claquage d'élément.

NOTE 1 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:

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

NOTE 2 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 diélectrique à une tension égale à celle précédemment utilisée, puis à la tension de mesure, qui ne sera pas inférieure à la tension assignée.

NOTE 3 Si l'unité essayée 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:

- reproductibilité de la mesure;
- variation de la capacité due aux forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;
- 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 prouve, 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, qu'aucun claquage ne s'est produit. Du fait de l'incertitude dans le cas où les mesures sont effectuées sur un empilage, il peut être préférable d'effectuer ces mesures sur chaque unité séparément.

9.2.2 Mesure de $\tan \delta$

Les pertes de condensateur ($\tan \delta$) doivent être mesurées à $U_{PR} \pm 10 \%$ lors des mesures de la capacité, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues à l'harmonique 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.

9.3 Essai de tenue au court-circuit

Cet essai doit être effectué pour apporter la preuve de la conformité à 7.3. 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 provoqué entre les bornes secondaires. Le court-circuit doit être effectué une fois pendant une durée de 1 s. Le courant doit être mesuré et enregistré.

NOTE 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.

Le transformateur condensateur de tension doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai si, après refroidissement à la température ambiante, il répond 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 spécifié à l'Article 10;
- d) à l'examen, l'isolation à proximité de la surface des enroulements primaire et secondaire de l'élément électromagnétique ne présente pas de détérioration significative (par exemple carbonisation).

L'examen indiqué en d) n'est pas exigé si la densité de courant de l'enroulement n'excède 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 se calcule sur la base de la valeur efficace mesurée du courant de court-circuit symétrique de l'enroulement secondaire.

NOTE Pour l'examen de la variation de la capacité, voir les notes 1, 2 et 3 de 9.2.1.

9.4 Essais au choc

9.4.1 Généralités

Des essais au choc doivent être réalisés sur un transformateur condensateur de tension complet conformément à la CEI 60060-1.

La tension d'essai doit être appliquée entre les bornes à haute tension et de terre. La borne de terre de l'enroulement primaire du transformateur intermédiaire, la borne à basse tension du diviseur de tension capacitif, l'une des bornes de chaque enroulement secondaire et le châssis doivent être reliés à la terre pendant l'essai.

L'essai au choc consiste généralement à appliquer la tension successivement au niveau de tension de référence et au niveau assigné. La tension de choc de référence doit être comprise entre 50 % et 75 % de la tension de tenue assignée au choc.

La valeur de crête et la forme d'onde du choc doivent être enregistrées.

Une défaillance de l'isolation par suite de l'essai peut être mise en évidence par la variation de la forme d'onde entre la tension de référence et la tension de tenue assignée. Pour la détection des défaillances, l'enregistrement du ou des courants de terre ou des tensions apparaissant dans le ou les enroulements secondaires doit être effectué en complément de l'enregistrement de la tension.

NOTE 1 Une défaillance du transformateur condensateur de tension sera détectée pendant l'essai individuel final.

NOTE 2 Les connexions à la terre peuvent être faites par l'intermédiaire de dispositifs d'enregistrement adaptés.

NOTE 3 Pour cet essai, il faut que les éléments de limitation de surtension soient déconnectés.

9.4.2 Essai au choc de foudre

La forme d'onde du choc appliqué doit être conforme à la CEI 60060-1, mais le temps de front peut être augmenté jusqu'à 8 μ s, en raison des limitations de l'équipement d'essai.

La tension d'essai doit avoir la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié.

Les essais doivent être effectués de la façon suivante :

a) Gamme de tensions I: $U_m < 300$ kV

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

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

- aucune décharge disruptive ne se produit dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- aucun contournement ne se produit le long de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- deux contournements au maximum se produisent à travers l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple, variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées pour un même niveau de tension. Les éléments de limitation de surtension peuvent avoir une influence différente sur la forme d'onde à différents niveaux de tension).

NOTE L'application de 15 chocs positifs et 15 chocs négatifs est spécifiée pour essayer l'isolation interne et l'isolation externe. Si d'autres essais font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur pour contrôler l'isolation externe (voir 9.5.1), le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois de chaque polarité, sans correction pour conditions atmosphériques.

b) Gamme de tensions II: $U_m \geq 300$ kV

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

Le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si

- aucune décharge disruptive ni aucun contournement externe ne se produit,
- aucune autre manifestation d'une défaillance de l'isolation n'est détectée (par exemple, variations dans la forme d'onde des grandeurs enregistrées, en tenant compte des notes pour la gamme I).

9.4.3 Essai au choc de foudre coupé

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet en polarité négative uniquement et en combinaison avec l'essai au choc de foudre de polarité négative de la manière décrite ci-dessous.

La tension doit être un choc de foudre normalisé comme défini dans la CEI 60060-1, coupé après avoir atteint la valeur de crête qui est comprise entre 2 μ s et 8 μ s. Le circuit de coupure doit être tel que l'amplitude de l'oscillation de polarité opposée du choc enregistré soit limitée à 30 % de la valeur de crête. Le choc de foudre doit être coupé avec un éclateur approprié.

La tension d'essai des chocs pleins doit avoir la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement spécifié. La tension d'essai au choc coupé doit correspondre à cette valeur multipliée par 1,15.

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

a) pour les transformateurs condensateurs de tension assignés pour $U_m < 300$ kV

- un choc plein;
- deux chocs coupés;
- quatorze chocs pleins;

b) pour les transformateurs condensateurs de tension assignés pour $U_m \geq 300$ kV

- un choc plein;
- deux chocs coupés;
- deux chocs pleins.

Les différences dans la forme d'onde des applications d'onde complète avant et après les chocs coupés indiquent un défaut interne. Des contournements pendant des chocs coupés à travers l'isolation externe auto-régénératrice ne doivent pas être considérés lors de l'évaluation du comportement de l'isolation.

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

9.5 Essai sous pluie pour le transformateur condensateur de tension de type extérieur

Les modalités de l'essai sous pluie doivent être conformes à la CEI 60060-1.

9.5.1 Transformateur condensateur de tension avec $U_m < 300$ kV (gamme I)

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet avec une tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle de la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel, en appliquant des corrections pour conditions atmosphériques.

Pendant l'essai à fréquence industrielle sous pluie, les dispositifs d'atténuation et de protection doivent être déconnectés. Si la connexion intermédiaire entre l'élément électromagnétique et le diviseur capacitif est de type intérieur, l'élément électromagnétique peut être déconnecté. Si la connexion intermédiaire entre l'élément électromagnétique et le diviseur capacitif est de type extérieur, l'élément électromagnétique peut être déconnecté mais il doit alors être essayé sous pluie séparément avec la tension alternative et la durée spécifiées en 10.4.1.

9.5.2 Transformateur condensateur de tension avec $U_m \geq 300$ kV (gamme II)

L'essai doit être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet conformément à 9.4.1 uniquement avec la tension au choc de manœuvre positive de la valeur appropriée indiquée dans le Tableau 4, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et du niveau d'isolement assigné.

Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués, avec corrections pour conditions atmosphériques. Les transformateurs de type extérieur doivent être soumis à l'essai sous pluie. L'essai à sec n'est pas exigé.

Le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si:

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

NOTE Il faut que le montage d'essai et les connexions d'essai soient conformes à 9.4.1.

9.6 Essais de ferro-résonance

Les essais suivants doivent être effectués sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent pour prouver la conformité aux exigences de 7.4.2.

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. Le court-circuit sera ouvert par un dispositif de protection (par exemple un fusible, un disjoncteur etc.) choisi à cette fin 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 imposée au transformateur condensateur de tension après disparition du court-circuit doit uniquement être celle de l'appareillage d'enregistrement et ne doit pas dépasser 1 VA. Au cours de l'essai, la tension d'alimentation sur la borne à haute tension, la tension secondaire et le courant de court-circuit doivent être enregistrés. Les enregistrements doivent être incorporés au 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 qui existait entre ces bornes avant le court-circuit.

- a) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre effectivement mis à la terre (7.4.2; Tableau 7a): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 7 a).
- b) Essai de ferro-résonance pour réseau à neutre non effectivement mis à la terre ou réseau à neutre isolé (7.4.2; Tableau 7b): l'essai doit être effectué au moins 10 fois à chaque tension primaire spécifiée dans le Tableau 7b).

NOTE 1 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 2 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.

9.7 Essai d'étanchéité d'un élément électromagnétique immergé

L'essai d'étanchéité doit être un essai de type exécuté sur l'élément électromagnétique assemblé pour une utilisation normale, rempli du liquide spécifié. Une pression minimale de $(0,5 \pm 0,1) \times 10^5$ Pa au-dessus de la pression de service maximale doit être maintenue pendant 8 h à l'intérieur de l'élément électromagnétique. On admet que l'élément électromagnétique a satisfait à l'essai s'il n'y a aucun signe de fuite.

9.8 Essais de précision

9.8.1 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 les matériels de 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 Les essais effectués aux températures extrêmes sur transformateur condensateur de tension complet sont plus sévères que les essais sur circuit équivalent ou qu'un calcul de l'influence de la température, mais ils sont difficiles à exécuter et coûteux. Les essais effectués sur un transformateur condensateur de tension complet donnent également les meilleures informations qu'il est possible d'obtenir sur 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 – aux valeurs normales spécifiées –: 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 dans les conditions de service normal, les erreurs aux températures extrêmes 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 sur le circuit équivalent peut être effectuée seulement si la capacité équivalente – par exemple, un condensateur fait spécialement pour cet usage – est adaptée aux valeurs de capacité qui correspondent aux valeurs de températures extrêmes, en tenant compte du coefficient de température du diviseur capacitif réel.

Pour une valeur constante de la température, les essais doivent être effectués aux fréquences extrêmes.

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

NOTE 1 Les essais mettent en évidence l'effet de la charge, de la tension et de la fréquence mais aussi la température sur la capacité équivalente $C_1 + C_2$, donc sur la valeur de l'erreur. Il convient de veiller au fait qu'on ne peut déterminer l'effet de la température sur le bobinage inductif et sur les résistances de l'enroulement de l'élément électromagnétique qu'à condition de soumettre ce dernier aux températures extrêmes. Pour obtenir une indication supplémentaire sur 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 immédiatement après – ou pendant – l'essai d'échauffement de 9.1 effectué directement sur le transformateur condensateur de tension. Dans ce cas, la mesure, comme l'essai d'échauffement, ne peut pas être effectuée sur le circuit équivalent ou sur l'élément électromagnétique seul.

NOTE 2 L'expérience acquise actuellement en service a montré que l'on pouvait utiliser de manière satisfaisante des transformateurs condensateurs de tension de la classe de précision 0,5. Les variations soudaines de température, les conditions atmosphériques et de pollution particulières, les capacités parasites et courants de fuite peuvent influencer 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 condensateur de tension d'une plus haute classe de précision.

9.8.2 Transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Afin de prouver la conformité avec 14.4, des essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, dans la gamme des valeurs normales de fréquence assignées, et avec des valeurs de puissance de précision conformes au Tableau 11 sous un facteur de puissance de 1 (gamme I) ou de 0,8 inductif (gamme II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

Tableau 11 – Gammes de charges d'essai

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

9.8.3 Transformateurs condensateurs de tension pour protection

Afin de prouver la conformité avec 15.4, des 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 assignées et avec des valeurs de puissance de précision conformes au Tableau 11, sous un facteur de puissance de 1 (gamme de charge I) ou de 0,8 inductif (gamme de charge II) sur un transformateur condensateur de tension complet.

9.8.4 Transformateurs condensateur de tension pour mesure et protection

Afin de prouver la conformité aux 14.5 et 15.4, des essais de type doivent être effectués simultanément sur tous les enroulements de mesure et de protection comme indiqué en 9.8.2 et 9.8.3.

Lors de la commande de transformateurs ayant deux enroulements secondaires séparés et en raison de leur interdépendance, il convient que l'utilisateur spécifie deux 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. Il convient que chaque enroulement satisfasse à ses propres exigences de précision dans toute sa gamme de puissance alors que, simultanément, l'autre enroulement a une puissance d'une valeur quelconque comprise entre 0 % et 100 % de la gamme de puissance spécifiée. Pour vérifier la conformité à cette exigence, il suffit de faire les essais aux valeurs extrêmes uniquement. Si aucune spécification des gammes de puissance n'est fournie, ces gammes sont considérées comme conformes au Tableau 11.

9.9 Essai de réponse transitoire

9.9.1 Généralités

L'essai ne concerne que les transformateurs condensateurs de tension pour protection. L'essai peut être effectué sur un transformateur condensateur de tension complet ou sur un circuit équivalent composé de condensateurs réels.

L'essai doit être réalisé en court-circuitant la source à haute tension, à la tension primaire réelle U_P ou à $U_P \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ 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 composée d'une résistance pure (gamme I) et d'une inductance 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 affecte 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 $\pm 20^\circ$ entre crête et passage par zéro.

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

NOTE 2 Après accord entre le constructeur et l'acheteur, l'essai peut être réalisé avec une charge connectée comme dans la pratique.

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

U_P dépend du facteur de tension F_V spécifié, comme suit.

- a) Service continu: 1,0 et 1,2 U_{PR}
- b) Surtensions de courte durée: 1,5 ou 1,9 U_{PR}

Pour a) et b), voir Tableau 2.

Le circuit d'essai est illustré à la Figure 4.

Les formes d'onde des tensions primaire et secondaire doivent être enregistrées avec un oscilloscope. Les enregistrements doivent être incorporés au rapport d'essai.

NOTE 1 Les exigences concernant la réponse transitoire sont données en 15.5.3.

NOTE 2 Pour la mesure de la tension d'entrée U , un diviseur RC peut aussi être utilisé.

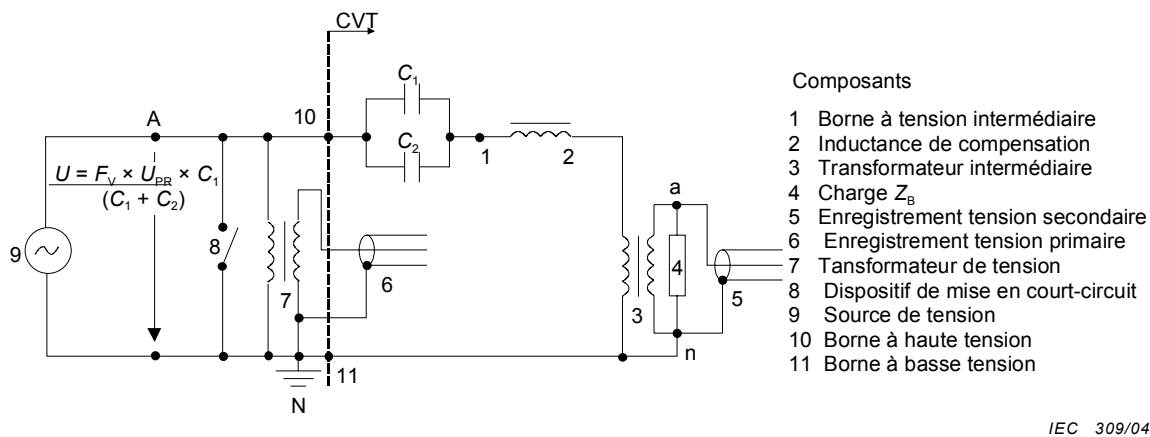


Figure 4 – Schéma d'un transformateur condensateur de tension pour l'essai de réponse transitoire utilisant la méthode du circuit équivalent

Les charges pour l'essai de réponse transitoire sont données aux figures 5 et 6.

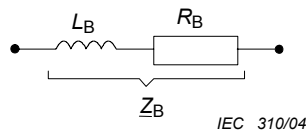


Figure 5 – Charge série

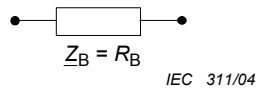


Figure 6 – Résistance pure

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	$\omega \times L_B$
$0,8 Z_B $	$0,6 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 1 L'impédance totale donnée par ces valeurs de R_B et de $\omega \cdot L_B$ a un facteur de puissance de 0,8.

NOTE 2 Il convient que l'inductance soit de type linéaire, par exemple une réactance à air. La résistance série se compose de la résistance équivalente en série de l'inductance (résistance de l'enroulement) et d'une résistance séparée.

NOTE 3 Il convient que la tolérance de la charge soit inférieure à $\pm 5 \%$ pour $|Z_B|$ et inférieure à $\pm 0,03$ pour le facteur de puissance.

9.10 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le transformateur condensateur de tension, équipé de ses accessoires, doit être sec et propre et approximativement à la même température que celle de la salle du laboratoire dans laquelle l'essai est effectué.

L'essai doit être réalisé en accord avec la CEI 60044-2.

Conformément à cette norme, il convient que l'essai soit réalisé dans les conditions atmosphériques suivantes (voir CISPR 18-2):

- température entre 10 °C et 30 °C;
- pression entre $0,870 \times 10^5$ Pa et $1,070 \times 10^5$ Pa;
- humidité relative entre 45 % et 75 %.

NOTE 1 Par accord entre l'utilisateur et le constructeur, les essais peuvent être effectués dans d'autres conditions atmosphériques.

NOTE 2 Aucun facteur de correction pour conditions atmosphériques selon la CEI 60060-1 n'est applicable à l'essai de perturbation radioélectrique.

Une tension de précontrainte de $1,5 U_m/\sqrt{3}$ doit être appliquée et maintenue pendant 30 s.

Après cela, la tension doit être réduite à $1,1 U_m/\sqrt{3}$ en environ 10 s et maintenue à cette valeur pendant 30 s avant de mesurer le niveau des perturbations radioélectriques.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si le niveau des perturbations radioélectriques à $1,1 U_m/\sqrt{3}$ ne dépasse pas la limite prescrite en 7.5.1.

NOTE 3 Après accord entre le constructeur et l'utilisateur, l'essai de tension de perturbations radioélectriques décrit ci-dessus peut être remplacé par une mesure de décharges partielles en appliquant les tensions de précontrainte et d'essai spécifiées ci-dessus. Toute précaution prise pendant la mesure de décharges partielles effectuée conformément à 10.2.3 pour éviter des décharges externes (c'est-à-dire l'écrantage) doit être supprimée. Dans ce cas, le circuit d'essai équilibré ne convient pas. Bien qu'il n'y ait aucune conversion directe entre les microvolts de perturbations radioélectriques et les picocoulombs de décharges partielles, on estime que les transformateurs condensateurs de tension ont satisfait à l'essai si à $1,1 U_m/\sqrt{3}$, le niveau de décharges partielles n'excède pas 300 pC.

10 Essais individuels

10.1 Étanchéité du diviseur de tension capacitif rempli de liquide

L'essai d'étanchéité doit être un essai individuel 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 service, selon le type de dispositif d'expansion des unités de condensateurs.

NOTE Après accord entre constructeur et acheteur, un essai spécial peut être spécifié pour tester la conception d'étanchéité des unités de condensateurs (voir 11.4).

10.2 Essai de tenue à fréquence industrielle et mesures de la capacité, de $\tan\delta$ et des décharges partielles

10.2.1 Généralités

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué conformément à CEI 60060-1.

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 la mise hors circuit. Pour cet essai, l'élément électromagnétique peut être déconnecté du diviseur de tension capacitif.

Les mesures de la capacité C , de $\tan\delta$ (voir 9.2) et des décharges partielles (voir 10.2.3) peuvent être effectuées pendant l'essai à fréquence industrielle du diviseur capacitif ou sur les sous-systèmes.

10.2.2 Essai 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, ou empilage de condensateurs ou unité doit être soumis à un essai à fréquence industrielle et à des mesures de C et de $\tan\delta$. La tension d'essai est appliquée entre la borne à haute tension et la borne 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 directement ou par l'intermédiaire d'une basse impédance, à la terre. Pendant l'essai, il ne doit se produire ni claquage (voir 9.2.1) 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'une unité simple faisant partie d'un empilage.

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

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

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

Les tensions d'essai pour les TCT avec $U_m < 300$ kV (gamme de tensions I) ou $U_m \geq 300$ kV (gamme de tensions II) doivent avoir les valeurs appropriées indiquées dans le Tableau 4 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel.

NOTE Un exemple de valeurs d'essai pour unité et empilages pour un diviseur de tension capacitif pour 525 kV est donné dans le Tableau 12:

- tension la plus élevée pour le matériel: $U_m = 525$ kV.
- tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle: 680 kV.

Tableau 12 – 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
		$340 \times 1,05$	-	680
4	2	$170 \times 1,05$	$340 \times 1,05$	680
6	3	$113 \times 1,05$	$227 \times 1,05$	680

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

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

ou

$$U_{\text{essai}} = U_{\text{PR}} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du transformateur condensateur de tension complet}}$$

10.2.3 Mesure de décharges partielles

10.2.3.1 Circuit d'essai et appareils de mesure

Le circuit d'essai et les appareils de mesure utilisés doivent être conformes à la CEI 60270. Des exemples de circuits d'essai sont indiqués aux Figures 7 à 10.

L'appareil de mesure utilisé doit mesurer la charge apparente q exprimée en pico-coulombs (pC). Son étalonnage doit être effectué dans le circuit d'essai (voir exemple Figure 10).

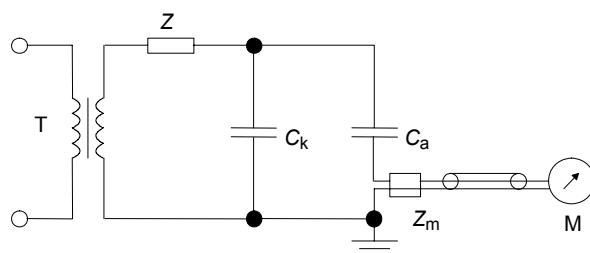
Un appareil de mesure à bande large doit avoir une bande passante d'au moins 100 kHz avec une fréquence de coupure supérieure ne dépassant pas 1,2 MHz. Des appareils de mesure à bande étroite doivent avoir leur fréquence de résonance dans la gamme de 0,15 MHz à 2 MHz. Il convient que les valeurs préférentielles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

La sensibilité et le niveau de bruit doivent permettre de détecter un niveau de décharges partielles de 5 pC afin de prouver la conformité au Tableau 5.

NOTE 1 Les impulsions connues pour être causées par des perturbations extérieures peuvent être négligées.

NOTE 2 Pour la suppression du bruit extérieur, le circuit d'essai en pont est approprié (Figure 9).

NOTE 3 Lorsqu'un traitement et une extraction électroniques de signal sont utilisés pour réduire le bruit de fond, cela doit être démontré en faisant varier ses paramètres de telle sorte qu'il permette la détection d'impulsions se produisant de façon répétée.



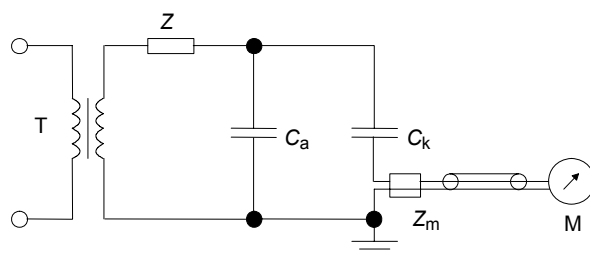
IEC 312/04

Composants

T	Transformateur d'essai
C_a	Diviseur de tension capacitif à essayer
C_k	Condensateur de couplage ≈ 1 nF
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre

NOTE Le filtre n'est pas présent si C_k est la capacité du transformateur d'essai.

Figure 7 – Circuit d'essai

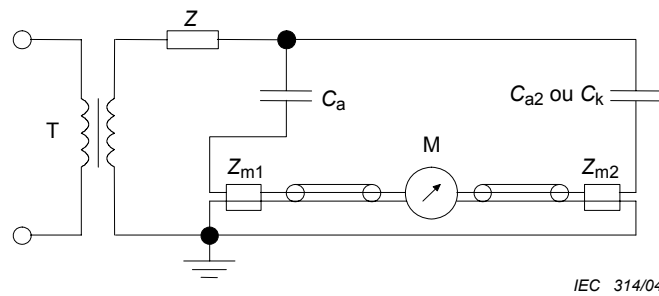


IEC 313/04

Composants

T	Transformateur d'essai
C_a	Diviseur de tension capacitif à essayer
C_k	Condensateur de couplage ≈ 1 nF
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre

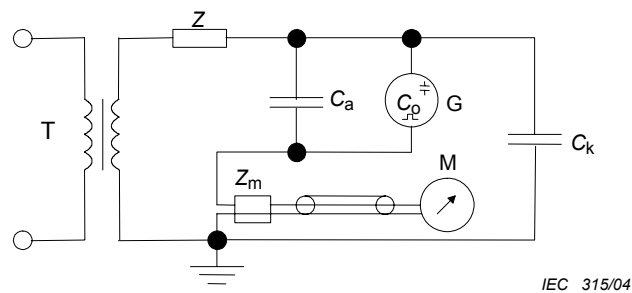
Figure 8 – Circuit alternatif



T	Transformateur d'essai
C_{a1}	Diviseur capacitif essayé
C_{a2}	Objet auxiliaire ou C_k (condensateur de couplage)
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre

NOTE Les objets C_{a2} ou C_k dans la deuxième branche de pont ont une impédance semblable à celle du diviseur de tension capacitif C_{a1} . C_{a2} peut être un autre diviseur de tension capacitif de même capacité.

Figure 9 – Exemple de circuit d'essai en pont



T	Transformateur d'essai
C_{a1}	Diviseur capacitif essayé
C_{a2}	Objet auxiliaire ou C_k (condensateur de couplage)
M	Instrument de mesure de décharges partielles
Z_m	Impédance de mesure
Z	Filtre
G	Générateur d'impulsion avec capacité C_o

Figure 10 – Exemple de circuit d'étalonnage

10.2.3.2 Méthode d'essai pour diviseur de tension capacitif ou sur des sous-systèmes (voir 10.2.2)

Après une précontrainte appliquée selon la procédure A ou B, la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans le Tableau 5 est appliquée et le niveau de décharges partielles correspondant est mesuré pendant une durée de 30 s.

Le niveau de décharges partielles mesuré ne doit pas dépasser les limites indiquées dans le Tableau 5.

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

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

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

10.2.4 Essai de tenue de tension à fréquence industrielle sur borne à basse tension du diviseur de tension capacitif (7.2.1 et 7.2.2)

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 à fréquence industrielle 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'élément magnétique n'est pas déconnecté.

NOTE La tension d'essai est applicable aux transformateurs condensateurs de tension avec ou 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 le neutraliser durant l'essai. Il convient aussi de déconnecter les accessoires pour courant porteur durant les essais.
- Si la tension d'essai est trop basse pour la coordination d'isolement des accessoires pour courant porteur avec la borne basse tension, une plus haute valeur peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

10.3 Vérification du marquage des bornes

On doit vérifier que le marquage des bornes est correct (voir 13.1 et 13.2).

10.4 Essais de tenue à fréquence industrielle sur l'élément électromagnétique

10.4.1 Essai de l'isolation de l'élément électromagnétique

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

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

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 comme suit:

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

avec un minimum de 15 s.

NOTE Si un dispositif de protection est inséré aux bornes de l'élément électromagnétique, il convient que son fonctionnement soit empêché pendant les essais. Il est recommandé que tout éclateur de protection placé aux bornes des accessoires pour courant porteur soit court-circuité pendant les essais.

10.4.2 Essais entre sections et sur les enroulements secondaires

La tension d'essai doit avoir les valeurs appropriées indiquées respectivement en 7.2.7.2 et 7.2.7.3. Elle doit être appliquée pendant 1 min successivement entre les bornes de chaque section d'enroulement ou de chaque enroulement secondaire et la terre. Le châssis, la cuve (s'il y a lieu), le noyau (s'il est destiné à être mis à la terre) et les bornes de tous les autres enroulements ou sections doivent être reliés ensemble et à la terre.

10.5 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 13.

Tableau 13 – 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 durée T_F
0,8 U_{PR}	3	$\leq 0,5$	≤ 10
$F_V \times U_{PR}$	3	≤ 2	≤ 10

La procédure d'essai doit être conforme à 9.6 excepté en ce qui concerne la tension primaire et le nombre de courts-circuits. On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait au contrôle de ferro-résonance si la durée et les valeurs de crête ne dépassent pas les limites spécifiées dans le Tableau 13.

10.6 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 14.

NOTE 1 Remarques pour le circuit équivalent:

- Le circuit équivalent peut être utilisé si, lors des essais de type, on a montré que la différence entre les résultats de l'essai de précision effectué sur un transformateur complet et l'essai de précision effectué sur le circuit équivalent 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 peuvent être ajustés sur les valeurs mesurées réelles.

NOTE 2 TCT complet et circuit équivalent:

- a) 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 et de la conception. Dans le diagramme d'erreur de la Figure 11, la marge + 20 % est indiquée. La marge sera définie par le constructeur.
- b) Si le contrôle de précision est effectué sur un transformateur condensateur de tension complet, une certaine marge sera ajoutée pour l'effet combiné de la fréquence et de la température.

Tableau 14 – Points de contrôle de la précision (exemple)

Enroulement(s) secondaire(s)	Vérification de la tension	Gammes d'essai de puissance de précision %			
		Gamme I Facteur de puissance 1 Valeurs normales de puissance de précision		Gamme II Facteur de puissance 0,8 (circuit inductif) Valeurs normales de puissance de précision	
		1,0 ... ≤ 7,5 VA		≥ 10 ... 100 VA	
		Mesure	Protection	Mesure	Protection
Un enroulement mesure	$1 \times U_{PR}$	0	-	25	-
		100	-	100	-
Un enroulement protection	$0,05 \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
	$F_V \times U_{PR}$	-	0	-	25
		-	100	-	100
Un enroulement mesure et un enroulement 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

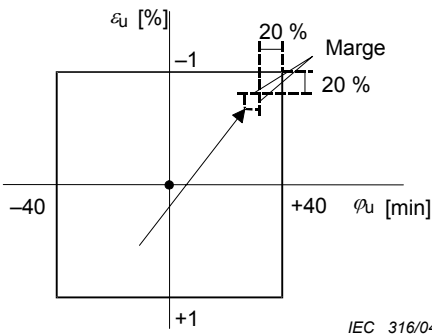


Figure 11 – Exemple de diagramme d'erreur de TCT de classe 1 pour le contrôle de la précision avec circuit équivalent

11 Essais spéciaux

11.1 Mesure du facteur de transmission des surtensions à haute fréquence

Les conditions d'essai et de mesure sont décrites dans la CEI 60044-2.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si la valeur de la surtension transmise ne dépasse pas les limites indiquées dans le Tableau 8.

11.2 Essai de résistance mécanique

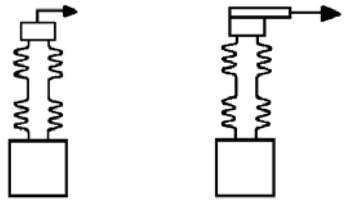
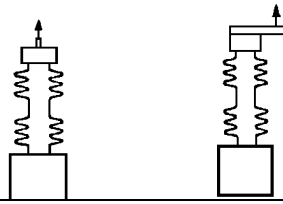
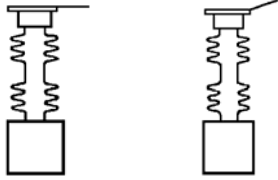
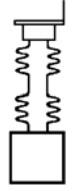
Les essais sont effectués pour démontrer qu'un transformateur condensateur de tension est conforme aux exigences spécifiées en 7.6.

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

Les charges d'essai doivent être appliquées pendant 1 min pour chacune des conditions indiquées au Tableau 15.

On estime que le transformateur condensateur de tension a satisfait à l'essai si aucun dommage n'est apparent (déformation, rupture ou fuite).

Tableau 15 – Modalités d'application des charges d'essai aux bornes primaires de ligne

Type de transformateur condensateur de tension	Modalité d'application	
Avec borne «tension»	Horizontale	
	Verticale	
Avec des bornes «courant»	Horizontale à chaque borne	
	Verticale à chaque borne	
NOTE La charge d'essai est appliquée au centre de la borne.		

11.3 Détermination du coefficient de température (T_C)

La CEI 60358 doit être appliquée pour déterminer le coefficient de température des capacités C_1 et C_2 et leurs $\tan\delta$.

11.4 Essai de conception d'étanchéité des unités de condensateurs

Cet essai est effectué pour prouver la qualité de la conception concernant l'étanchéité des unités de condensateur et la conformité avec les exigences données en 7.7 et 10.1.

NOTE 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 des pièces 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 service maximale qui pourrait être atteinte dans des conditions normales de service 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 étalonné pour l'essai à une température de 80 °C. Un arrangement approprié peut être réalisé pour supporter les déformations mécaniques dues à la surpression de 10^5 Pa.

On estime que le diviseur de tension capacitif rempli de liquide a satisfait à l'essai s'il n'y a aucune fuite apparente pendant et après l'essai.

12 Marquage des unités de condensateurs

12.1 Généralités

Si l'unité de condensateur contient une matière (par exemple huile minérale ou synthétique) susceptible de polluer l'environnement ou dangereuse d'une manière quelconque, l'unité doit être équipée d'une étiquette, conformément aux lois appropriées du pays de l'utilisateur, qui doit informer le constructeur de l'existence de telles lois.

12.2 Marquage

Les informations suivantes doivent apparaître sur la plaque signalétique de chaque unité de condensateurs:

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

13 Marquage des bornes

13.1 Généralités

Ces marquages s'appliquent à un transformateur condensateur de tension monophasé.

13.2 Marquages

Les marquages des bornes doivent être conformes aux indications des Figures 12, 13, 14 et 15.

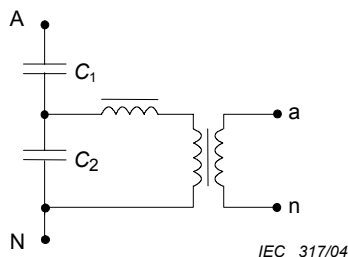


Figure 12 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et un unique secondaire

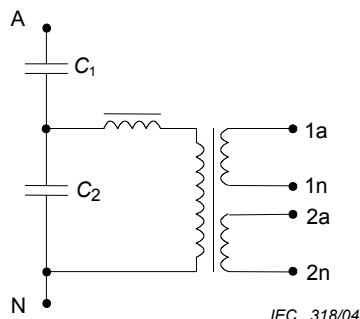


Figure 13 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires

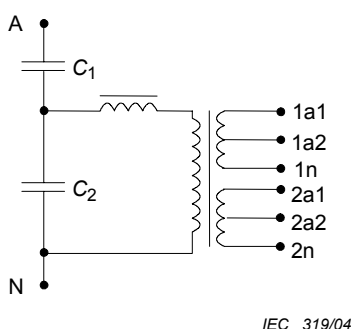


Figure 14 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre et avec deux secondaires à prise

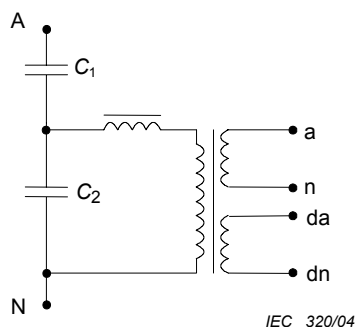


Figure 15 – Transformateur monophasé avec une borne primaire neutre, un enroulement de tension résiduelle et un unique secondaire

14 Exigences supplémentaires pour transformateur condensateur de tension pour mesure

14.1 Désignation de classe de précision

Pour les transformateurs condensateurs de tension pour mesure, la classe de précision est caractérisée par la limite admissible de l'erreur de tension, exprimée en pourcentage, à la tension assignée et la charge de précision, prescrite par la classe de précision concernée.

14.2 Domaine de référence normal de fréquences

Le domaine de référence normal de fréquences doit être compris entre 99 % et 101 % de la fréquence assignée pour les classes de précision pour la mesure.

14.3 Classes de précision normales

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

$0,2 - 0,5 - 1,0 - 3,0$

14.4 Limites de l'erreur de tension et de déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 16 (voir aussi Figure 16) pour la classe de précision appropriée à toute valeur de température et de fréquence dans les domaines de référence et pour toute charge comprise entre 0 % et 100 % de la charge de précision de la gamme I ou pour toute charge comprise entre 25 % à 100 % de la charge de précision de la gamme II.

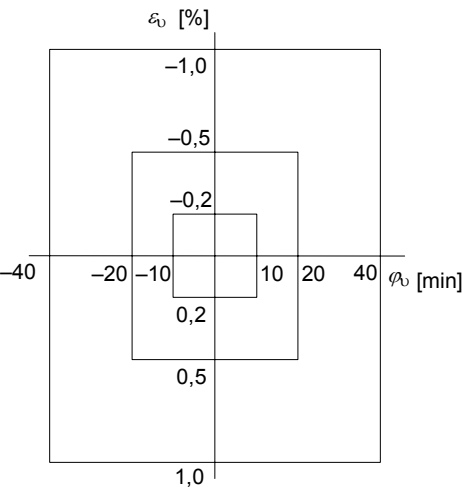
Tableau 16 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension pour mesure

Classe de précision	Erreur de tension (rapport en pourcentage ε_u) \pm	Déphasage φ_u \pm	
		Minutes	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 1 La charge d'entrée (impédance d'entrée) d'une branche compensée est très basse (≈ 0) (très haute).

NOTE 2 Il faut que le facteur de puissance de la charge moyenne soit en accord avec 9.8.2.

NOTE 3 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements secondaires ou plus (voir 9.8) : 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 321/04

Figure 16 – Diagramme d'erreur des transformateurs condensateurs de tension de classe 0,2, 0,5 et 1,0

14.5 Essais de précision

14.5.1 Essais de type

Pour vérifier la conformité aux exigences de 14.4, des essais de type doivent être effectués à 80 %, 100 % et 120 % de la tension assignée, aux valeurs extrêmes du domaine normal de référence de fréquences (14.2) et aux limites supérieure et inférieure des puissances de précision (voir 9.8.1 et 9.8.2).

14.5.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués à température ambiante, à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée, (voir Tableau 14) 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 aux exigences de 14.4.

15 Exigences supplémentaires pour transformateurs condensateurs de tension pour protection

15.1 Désignation des classes de précision

La classe de précision pour un transformateur condensateur de tension de protection est caractérisée par la limite supérieure admissible de l'erreur de tension, exprimée en pourcentage, prescrite par la classe de précision concernée, allant de 5 % de la tension assignée à une tension correspondant au facteur de tension assigné (voir 6.4).

Cette dénomination est suivie de la lettre «P». En 15.5, trois classes supplémentaires sont introduites pour les performances en régime transitoires: T1, T2 et T3. La classe 3PT1, par exemple, comprend les performances de la classe 3P et de la classe T1 pour les performances en régime transitoire.

15.2 Domaine normal de référence de fréquences

Le domaine normal de référence de fréquences doit être compris entre 96 % et 102 % pour les classes de précision pour la protection.

15.3 Classes de précision normales

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

15.4 Limites de l'erreur de tension et de déphasage

L'erreur de tension et le déphasage ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 17 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 pour toute charge comprise entre 0 % et 100 % de la charge de précision de la gamme I ou pour toute charge comprise entre 25 % à 100 % de la charge de précision de la gamme II.

NOTE 1 Le facteur de puissance de la charge de précision est conforme à 9.8.2.

NOTE 2 Pour les transformateurs condensateurs de tension ayant deux enroulements ou plus (voir 9.8.4). 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.

NOTE 3 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 17 – Limites de l'erreur de tension et de déphasage pour transformateurs condensateurs de tension de protection

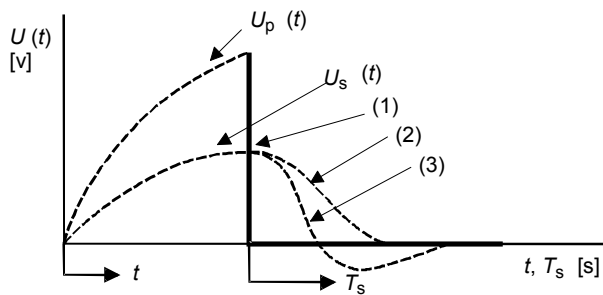
	Erreur de tension (rapport) en pourcentage de la tension assignée ε_u				Déphasage en pourcentage de la tension assignée ϕ_u							
	\pm				\pm							
					Minutes				Centiradians			
<div>Pourcentage de la tension assignée</div> <div>Classe de protection</div>	2	5	100	X	2	5	100	X	2	5	100	X
3P	6,0	3,0	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 $X = F_V \times 100$ (facteur de tension assigné multiplié par 100).

15.5 Réponse en régime transitoire

15.5.1 Généralités

La réponse en régime transitoire se caractérise par le rapport entre la tension secondaire $U_S(t)$ et la valeur de crête de la tension secondaire $\sqrt{2}U_S$, à un temps spécifié T_S après le court-circuit primaire. La tension secondaire $U_S = U_S(t)$ après un court-circuit de la tension primaire $U_P = U_P(t)$ peut être représenté comme suit:



IEC 322/04

Légende

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

Figure 17 – Réponse en régime transitoire d'un transformateur condensateur de tension

15.5.2 Exigences pour la réponse en régime transitoire

Après un court-circuit de l'alimentation entre la borne à haute tension A et la borne à basse tension N reliée à la terre, la tension de sortie secondaire d'un transformateur condensateur de tension doit décroître pendant un temps défini T_S jusqu'à une valeur spécifiée de tension de crête avant l'application du court-circuit (voir Figure 17).

15.5.3 Classes normales de réponse en régime transitoire

La réponse en régime transitoire se caractérise par le rapport entre la tension secondaire $U_s(t)$ à un temps spécifié T_s après le court-circuit primaire et la valeur de crête de la tension secondaire $\sqrt{2}U_s$ avant le court-circuit primaire (Voir Tableau 18).

Tableau 18 – Valeurs normales

Temps T_s s	Rapport $\frac{ U_s(t) }{\sqrt{2} \cdot U_s} \cdot 100 \%$		
	Classes		
	3PT1 6PT1	3PT2 6PT2	3PT3 6PT3
$10 \cdot 10^{-3}$	–	≤ 25	≤ 4
$20 \cdot 10^{-3}$	≤ 10	≤ 10	≤ 2
$40 \cdot 10^{-3}$	< 10	≤ 2	≤ 2
$60 \cdot 10^{-3}$	< 10	$\leq 0,6$	≤ 2
$90 \cdot 10^{-3}$	< 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 atténuée de manière apériodique ou périodique et un dispositif d'atténuation fiable peut être utilisé.			
NOTE 2 Pour un transformateur condensateur de tension, la réponse en régime transitoire des classes 3PT3 et 6PT3 exige l'utilisation d'un dispositif d'atténuation.			
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'atténuation est utilisé, il convient que la fiabilité de ce dispositif soit prouvée et que la procédure fasse l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

15.5.4 Essais de type de réponse en régime transitoire

L'essai doit être effectué conformément à 9.9.

15.6 Exigences pour les enroulements secondaires destinés à produire une tension résiduelle

15.6.1 Tensions secondaires assignées

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 19.

Tableau 19 – Tensions secondaires assignées pour transformateurs condensateurs de tension produisant une tension résiduelle

Valeurs préférentielles V		Valeurs alternatives (non préférentielles) V	
100	110	115	200
$\frac{100}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{115}{\sqrt{3}}$	$\frac{200}{\sqrt{3}}$
$\frac{100}{3}$	$\frac{110}{3}$	$\frac{115}{3}$	$\frac{200}{3}$
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.			

15.6.2 Puissance de précision

La puissance de précision des enroulements destinés à être connectés en triangle ouvert avec des enroulements semblables, afin de produire une tension résiduelle, doit être spécifiée en voltampères et la valeur doit être choisie parmi les valeurs spécifiées en 6.3.

15.6.3 Puissance thermique limite assignée

La puissance thermique limite assignée de l'enroulement de tension résiduelle doit être spécifiée en voltampères; la valeur doit être de 15, 25, 50, 75, 100 VA et leurs multiples décimaux, en fonction de la tension secondaire assignée avec un facteur de puissance de 1. Les valeurs préférentielles sont soulignées.

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

Contrairement à la définition 3.1.15.b), il convient que la puissance thermique assignée de l'enroulement de tension résiduelle soit rapportée à une durée de 8 h.

15.6.4 Classe de précision

La classe de précision pour un enroulement de tension résiduelle doit être 3P ou 6P, comme défini en 15.3 et 15.4.

15.6.5 Essais de type

15.6.5.1 Essai d'échauffement

Si l'un des enroulements secondaires est utilisé comme enroulement de tension résiduelle, un essai doit être effectué conformément à 9.1, en commençant par l'essai décrit en 6.5.

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 15.6.3), alors que les autres enroulements sont chargés à leur charge de précision.

Si pour d'autres enroulements secondaires une puissance thermique limite est spécifiée, un essai supplémentaire doit être effectué conformément à 9.1 à 1,2 fois la tension primaire U_{PR} sans charger l'enroulement de tension résiduelle.

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

15.6.5.2 Essai de précision

Pour vérifier la conformité avec 15.4, des essais de type doivent être effectués à 2 %, 5 % et 100 % de la tension assignée et au produit de la tension assignée par le facteur de tension assigné à des charges de 0 % et 100 % des valeurs assignées pour une puissance entre 1 VA et 7,5 VA à un facteur de puissance de 1 ou de 25 % et 100 % des valeurs assignées pour une puissance entre 10 VA et 100 VA à un facteur de puissance de 0,8 inductif.

Si le transformateur a plusieurs enroulements secondaires, ceux-ci doivent être chargés selon les indications de la Note 2 de 15.4.

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

15.6.6 Essais individuels

15.6.6.1 Essai de précision

Les essais individuels de précision ou le contrôle de précision sont en principe les mêmes que les essais de type prescrits en 15.6.5. Les essais individuels peuvent être effectués à un nombre réduit de tensions et/ou de charges et à la fréquence assignée (10.6 et Tableau 14), à condition qu'il ait été montré par des essais sur un transformateur identique que de tels essais en nombre réduit suffisent pour prouver la conformité à 15.4.

16 Plaque de signalétique

16.1 Marquage sur la plaque signalétique

Tableau 20 – Marquage sur la plaque signalétique

N°	Valeurs assignées	Abréviation	TCT M	TCT (M + P)	Article/Paragraphe
1	Nom du constructeur ou abréviation		X	X	
2	Indication: Transformateur condensateur de tension		X	X	
3	Type, désignation		X	X	
4	Année de fabrication		X	X	12.2
5	Numéro de série		X	X	12.2
6	Tension la plus élevée pour le matériel	U_m [kV]	X	X	7/7.1
7	Isolement assigné Niveau basé sur U_m SIL/BIL/C.A., par exemple. Gamme I: AC/BIL Gamme II: AC/SIL/BIL		X	X	7/7.1

Tableau 20 (suite)

N°	Valeurs assignées	Abréviation	TCT M	TCT (M + P)	Paragraphe
8	Fréquence assignée	f_R [Hz]	X	X	3.1.2
9	Facteur de tension assigné Fonctionnement continu Fonctionnement de courte durée	F_V	X X	X X	6.4
10	Capacité assignée du diviseur capacitif	C_R [pF]	X	X	3.2.1
11	Capacité assignée du condensateur à haute tension	C_1 [pF]	X	X	3.2.8
12	Capacité assignée du condensateur à tension intermédiaire	C_2 [pF]	X	X	3.2.9
13	Nombre d'unités de condensateurs		X	X	3.2.3
14	Numéro de série des unités de condensateurs		X	X	12.2
15	Catégories de température		X	X	5.1.1 5.2.2
16	Diviseur capacitif: isolation dans l'huile (huile minérale ou synthétique)	Type Poids [Kg]	X	X	12.1
17	Élément électromagnétique: isolation dans l'huile (huile minérale ou synthétique)	Type Poids [Kg]	X	X	9.7
18	Poids du TCT complet	[Kg]	X	X	
19	Édition de la norme (année)	CEI 60044-5 (2003)	X	X	-
20	Courant I: Connexion A ₁ - A ₂	I [A] A ₁ - A ₂	X	X	3.1.36
21	Tension primaire assignée et identification des bornes	A - N U_{PR} (V)	X	X	3.1.4
22	Marquage des bornes d'enroulement secondaire	1a - 1n 2a - 2n 3a - 3n	X	X	13.2
23	Tension secondaire assignée	U_{SR} (V)	X	X	3.1.5 6.2.2
24	Valeurs de puissance de précision	VA	X	X	6.3
25	Classe de précision	M	X		14.4
26	Classe de précision	M P		X	14.4 15.4
27	Puissance simultanée maximale pour les enroulements d'un TCT complet en fonction de la classe de précision	VA M	X		14.4
		VA P		x	15.4
		VA M		x	14.4
		VA P		X	15.4

Tableau 20 (suite)

N°	Valeurs assignées	Abréviation	TCT M	TCT (M + P)	Paragraphe
28	Puissance thermique limite	VA	X	X	15.6.3
29	Classes de réponse en régime transitoire			X	15.5.3
30	Accessoires pour courant porteur				
	Bobine de drainage	mH	X	X	17.2.1
	Dispositif de limitation de tension	kV	X	X	17.2.2
	BIL 1,2/50 µs				
<p>NOTE 1 Signification des abréviations:</p> <p>M pour mesure</p> <p>P pour protection</p> <p>(M + P) pour mesure et protection</p> <p>BIL: Isolation (niveau standard) au choc de foudre (voir Tableau 4, colonne 3)</p> <p>SIL: Isolation (niveau standard) au choc de manœuvre (voir Tableau 4, colonne 2)</p> <p>NOTE 2 Les éléments concernant les accessoires pour courant porteur peuvent apparaître sur une plaque supplémentaire.</p>					

16.2 Exemple type de plaque signalétique

(1)

(2) TRANSFORMATEUR CONDENSATEUR DE TENSION

(3)

N° série (5)

Année (4)

Masse (18)

kg

U_m (6)

kV

f_r (8)

Hz

Niv. Isol. (7)

AC/SIL/B

kV

Facteur de surtension de courte durée F_V (9)

Catégorie de temp. (15)

°C

Condensateur: type isol. dans l'huile (16)

kg

Elément électromagnétique: type isol. dans l'huile (17)

kg

C_R (10)

pF

C₁ (11)

pF

C₂ (12)

pF

N° séries des unités de condensateur (14)

Nombre d'unités de condensateur (13)

Accessoires courant porteur: bobine de drainage (30)

mH

Elément limiteur de tension: BIL 1,2/50 μs (30)

kV

Courant de ligne A1-A2 (20)

A

U_{PR} (V) (21)

A-N

(19)

CEI 60044-5/2003

(22)

1a-1n

2a-2n

3a-3n

da-dn

U_{SR} (V) (23)

(23)

(23)

(23)

(23)

Puissance de précision (VA) (24)

(24)

(24)

(24)

(24)

Classe (25)/(26)

(25)/(26)

(25)/(26)

(25)/(26)

(25)/(26)

Puissance simul. Max. (VA) (27)

Puissance thermique limite (VA) (28)

(28)

(28)

(28)

(28)

Classe de réponse transitoire (29)

(29)

(29)

(29)

(29)

IEC 323/04

17 Exigences pour accessoires pour courant porteur

17.1 Généralités

Les accessoires pour courant porteur, comprenant une bobine de drainage et un dispositif de protection, doivent être connectés entre la borne à basse tension du diviseur de tension capacitif et la borne de terre. Les connexions types sont représentées sur la Figure A.2.

Lorsque les accessoires pour courant porteur sont insérés par le constructeur dans la connexion de terre du condensateur à tension intermédiaire, la précision du transformateur condensateur de tension doit rester dans la classe spécifiée (voir Figure A.2).

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

17.2 Bobine de drainage et dispositif de limitation de tension

17.2.1 Bobine de drainage

La bobine de drainage doit être conçue de telle façon que:

- a) l'impédance à la fréquence industrielle entre la borne primaire et la borne de terre du dispositif de couplage soit aussi basse que possible et qu'elle ne dépasse en aucun cas 20Ω ;
- b) la tenue au courant à fréquence industrielle soit:
 - courant permanent: 1 A valeur efficace;
 - courant de courte durée: 50 A valeur efficace pendant 0,2 s;
- c) la bobine de drainage puisse supporter une tension de choc de 1,2 / 50 μ s dont la valeur de crête est égale à deux fois la valeur de la tension d'amorçage en choc du dispositif de limitation de tension.

17.2.2 Dispositif de limitation de tension

Un exemple de dispositif de limitation de tension approprié est un éclateur ou tout autre type de parafoudre 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:

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

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

NOTE 1 Exemple de niveau d'isolement:

- a) Tension d'amorçage à fréquence industrielle
 - éclateur: 2 kV valeur efficace;
 - parafoudre non linéaire à éclateurs: tension assignée: environ 1 kV valeur efficace.
- b) Tension de tenue au choc:
 - éclateur et parafoudre non linéaire à éclateurs: à la tension de choc d'environ 4 kV, le courant ayant une forme d'onde 8/20 μ s, il convient que le parafoudre supporte un courant de crête d'au moins de 5 kA.

NOTE 2 Seuls le parafoudre à air et le parafoudre non linéaire avec éclateur conviennent pour cette application.

17.3 Essais de type pour accessoires pour courant porteur

17.3.1 Essais de type pour bobine de drainage

17.3.1.1 Essai au choc de foudre

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

17.3.1.2 Essai de tenue à fréquence industrielle

L'essai de tenue à fréquence industrielle doit être effectué, en appliquant une tension à la fréquence du réseau entre les bornes de la bobine de drainage. La tension d'essai doit être ajustée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace). Durant cet essai, l'échauffement en température 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 en température ne doit dépasser la valeur appropriée donnée dans le Tableau 3.

17.3.2 Essai de type pour dispositif de limitation de tension

Un essai de tension de choc est exigé.

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

Pour les parafoudres à air et non linéaires avec éclateurs, il doit être appliqué cinq impulsions négatives puis cinq impulsions positives d'onde de courant 8/20 μ s.

NOTE Des essais complémentaires tels que les essais d'affaiblissement composite et d'affaiblissement d'adaptation, concernant les 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 CPL.

17.4 Essais individuels pour accessoires de fréquence porteuse

17.4.1 Essais individuels pour bobine de drainage

Des essais individuels pour bobine de drainage sont donnés 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 ajustée pour obtenir un courant de 1 A (valeur efficace).

17.4.2 Essai individuel pour dispositif de limitation de tension

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

- a) Éclateur
Mesure de la tension d'amorçage à la fréquence industrielle.
- b) Parafoudre non linéaire à éclateurs
Essai en courant alternatif avec tension de tenue permanente spécifiée.

Accessoires pour courant porteur	
Bobine de drainage L_D	mH
Dispositif de limitation de tension	Type:
	Tension d'amorçage (1,2/50 μ s ou 8/20 μ s)

Annexe A (normative)

Schéma type d'un transformateur condensateur de tension

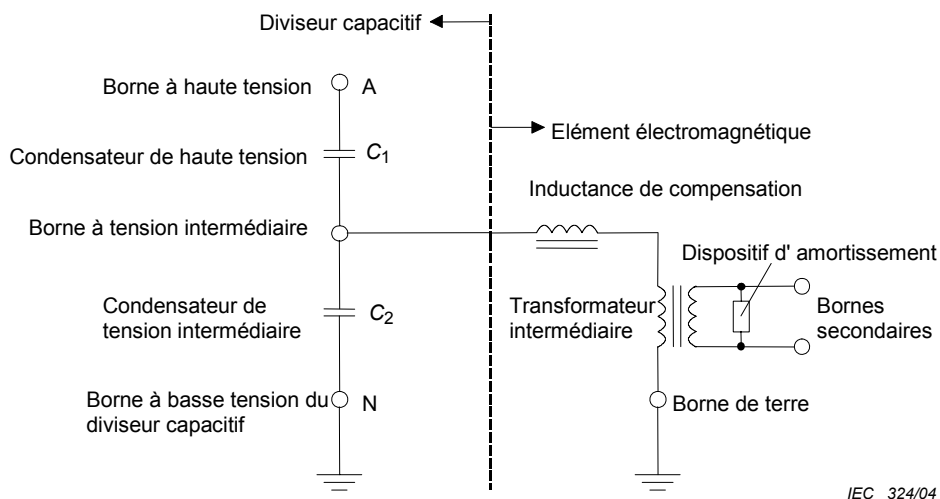


Figure A.1 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension

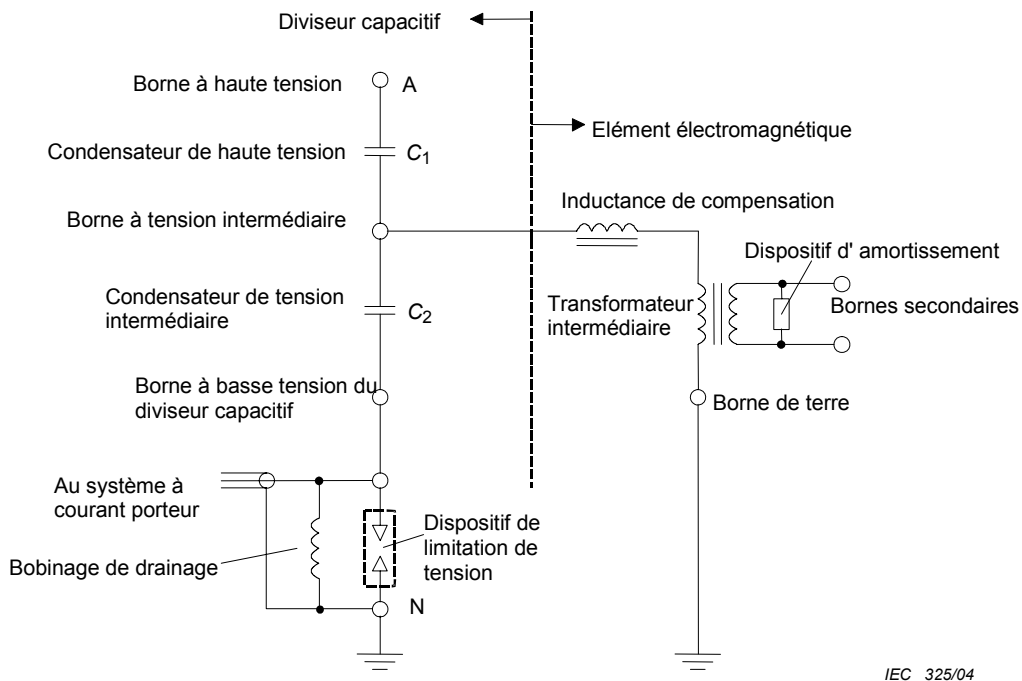


Figure A.2 – Exemple de schéma d'un transformateur condensateur de tension avec accessoires pour courant porteur

Annexe B (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 à haute tension est le phénomène de «charges piégées».

Pendant une mise hors circuit d'une ligne, des charges peuvent être piégées. Si la ligne n'est pas intentionnellement mise à la terre ou n'est pas déchargée par un dispositif de basse impédance qui lui est connecté, les charges peuvent rester piégées pendant plusieurs jours. Le niveau de charge 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 $\sqrt{2} \cdot U_p$, de sorte que le condensateur primaire du diviseur C_1 reste chargé à la charge $q_1 = C_1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_p$, alors que le condensateur secondaire C_2 est déchargé par l'élément électromagnétique connecté en parallèle. Lorsque la ligne est de nouveau mise en circuit, le condensateur secondaire C_2 est chargé à nouveau.

$$U_{C2}(t) = -q_1 / (C_1 + C_2) = -\sqrt{2} \cdot U_p C_1 / (C_1 + C_2) \approx -\sqrt{2} \cdot U_p (C_1 / C_2)$$

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

Annexe C (normative)

Caractéristiques à haute fréquence des transformateurs condensateurs de tension

A l'Article 12 et à l'Annexe B de la CEI 60358, les principales caractéristiques 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 l'Annexe B de la CEI 60358:

- B1 Capacité et résistance-série équivalente à haute fréquence
- B2 Capacité et conductance parasites de la borne basse tension
- B3 Courant à haute fréquence dans un condensateur de couplage
- B4 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 haute fréquence.

Bibliographie

CEI 60422, *Guide de maintenance et de surveillance des huiles minérales isolantes en service dans les matériels électriques*

CEI 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

NOTE Harmonisée dans la série EN 60721 (non modifiée).

CEI 61462, *Isolateurs composites – Isolateurs creux pour appareillage électrique utilisé à l'intérieur ou à l'extérieur – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

CISPR 16-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

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.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
CEI 60028	- ¹⁾	Spécification internationale d'un cuivre-type recuit	-	-
CEI 60038 (mod)	- ¹⁾	Tensions normales de la CEI ²⁾	HD 472 S1 + Corr. février	1989 ³⁾ 2002
CEI 60044-2 (mod)	- ¹⁾	Transformateurs de mesure Partie 2: Transformateurs inductifs de tension	EN 60044-2	1999 ³⁾
CEI 60050-321	- ¹⁾	Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 321: Transformateurs de mesure	-	-
CEI 60050-436	- ¹⁾	Chapitre 436: Condensateurs de puissance	-	-
CEI 60050-601	- ¹⁾	Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Généralités	-	-
CEI 60050-604	- ¹⁾	Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Exploitation	-	-
CEI 60060-1	- ¹⁾	Techniques des essais à haute tension Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais	HD 588.1 S1	1991 ³⁾
CEI 60071-1	- ¹⁾	Coordination de l'isolement Partie 1: Définitions, principes et règles	EN 60071-1	1995 ³⁾
CEI 60085	- ¹⁾	Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique	HD 566 S1	1990 ³⁾
CEI 60270	- ¹⁾	Techniques des essais à haute tension - Mesure des décharges partielles	EN 60270	2001 ³⁾

1) Référence non datée.

2) Le HD 472 S1 a comme titre: Tensions nominales des réseaux électriques de distribution publique basse tension.

3) Édition valide à ce jour.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
CEI 60358	- ¹⁾	Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs	HD 597 S1 + Corr. mars	1992 ³⁾ 1992
CEI 60481	- ¹⁾	Groupes de couplage pour systèmes à courants porteurs sur lignes d'énergie	-	-
CEI 60815	- ¹⁾	Guide pour le choix des isolateurs sous pollution	-	-
CEI 62155 (mod)	- ¹⁾	Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V	EN 62155	2003 ³⁾
CISPR 18-2	- ¹⁾	Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques - Partie 2: Méthodes de mesure et procédure d'établissement des limites	-	-