

# norme européenne

NF EN 60076-13

Janvier 2007

norme française

Indice de classement : C 52-176-13

ICS : 29.180

## Transformateurs de puissance

### Partie 13 : Transformateurs auto-protégés immergés dans un liquide diélectrique

E : Power transformers - Part 13: Self-protected liquid-filled transformers

D : Leistungstransformatoren - Teil 13: Selbstgeschützte flüssigkeitsgefüllte Transformatoren

### Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 décembre 2006 pour prendre effet à compter du 20 janvier 2007.

### Correspondance

La norme européenne EN 60076-13 :2006 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la publication CEI 60076-13:2006.

### Analyse

Le présent document s'applique aux transformateurs haute tension/basse tension auto-protégés, immergés dans un liquide diélectrique et à refroidissement naturel, d'une puissance assignée de 50 kVA à 1 000 kVA, destinés à une installation intérieure ou extérieure, ayant :

- un enroulement primaire (haute tension) dont la tension la plus élevée pour le matériel ne dépasse pas 24 kV ;
- un enroulement secondaire (basse tension) dont la tension la plus élevée pour le matériel ne dépasse pas 1,1 kV.

dow : 2009-09-01

### Descripteurs

Transformateur, transformateur de puissance, définition, conditions d'utilisation, propriété électrique, enroulement, limite d'échauffement, niveau d'isolement, tension de tenue, tenue au court-circuit, dispositif de protection, huile d'isolation électrique, essai électrique, classification, décharge partielle, essai d'échauffement, essai à la pression, essai de commutation, protection contre les surintensités, essai de court-circuit.

### Modifications

### Corrections

**AVANT-PROPOS NATIONAL**

*Ce document constitue la version française complète de la norme européenne EN 60076-13:2006 en reprenant le texte de la publication CEI 60076-13:2006.*

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

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

*L'Union Technique de l'Électricité a voté favorablement au CENELEC sur le projet de EN 60076-13, le 22 mars 2006.*

---

**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 60076-1 mod (1993) A1 (1999)	EN 60076-1 (1997) A11 (1997) A1 (2000) A12 (2002)	NF EN 60076-1+ A11 (2000) (C 52-176-1) A12 (2002)
CEI 60076-2 mod	EN 60076-2 (1997)	NF EN 60076-2 (2000) (C 52-176-2)
CEI 60076-3 (2000)	EN 60076-3 (2001)	NF EN 60076-3 (2002) (C 52-176-3)
CEI 60076-5 (2000)	EN 60076-5 (2000)	NF EN 60076-5 (2002) (C 52-176-5)
CEI 60137	EN 60137 (2003)	NF EN 60137 (2004) (C 66-550)
CEI 60270	EN 60270 (2001)	NF EN 60270 (2001) (C 41-301)
CEI 60282-1	EN 60282-1 (2006)	NF EN 60282-1 (2006) (C 64-200-1)
CEI 60296	EN 60296 (2004)	NF EN 60296 (2004) (C 27-101)
CEI 60836	EN 60836 (2005)	NF EN 60836 (2005) (C 27-131)
CEI 61099	EN 61099 (1992)	NF EN 61099 (1992) (C 27-450)
<p><i>Note : Les documents de la classe C sont en vente à l'Union Technique de l'Électricité – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux Cedex – Tél. : 01 49 07 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  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD

**EN 60076-13**

Octobre 2006

ICS 29.180

Version française

**Transformateurs de puissance**  
**Partie 13: Transformateurs auto-protégés immergés**  
**dans un liquide diélectrique**  
**(CEI 60076-13:2006)**

Leistungstransformatoren  
Teil 13: Selbstgeschützte  
flüssigkeitsgefüllte Transformatoren  
(IEC 60076-13:2006)

Power transformers  
Part 13: Self-protected liquid-filled  
transformers  
(IEC 60076-13:2006)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2006-09-01. 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, Roumanie, 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 60076-13:2006

- 2 -

### **Avant-propos**

Le texte du document 14/530/FDIS, future édition 1 de la CEI 60076-13, préparé par le CE 14 de la CEI, Transformateurs de puissance, a été soumis au vote parallèle CEI-CENELEC et a été approuvé par le CENELEC comme EN 60076-13 le 2006-09-01.

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) 2007-06-01
- date limite à laquelle les normes nationales  
conflictuelles doivent être annulées (dow) 2009-09-01

L'Annexe ZA a été ajoutée par le CENELEC.

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	2
1 Domaine d'application.....	4
2 Références normatives .....	4
3 Termes et définitions .....	5
4 Conditions d'emploi .....	5
5 Caractéristiques électriques.....	5
5.1 Puissance assignée .....	5
5.2 Tension la plus élevée pour le matériel .....	5
5.3 Enroulements .....	6
5.4 Prises.....	6
5.5 Groupe de couplage .....	6
5.6 Dimensionnement de la connexion du neutre de l'enroulement basse tension .....	6
5.7 Impédance de court-circuit.....	6
5.8 Niveaux d'isolement et essais diélectriques .....	6
5.9 Limites d'échauffement à la puissance assignée.....	7
5.10 Capacité de surcharge.....	7
6 Dispositif de protection et déconnexion (SPDD) .....	7
6.1 Exigences de fonctionnement .....	7
6.2 Principe de coordination .....	7
6.3 Exigences mécaniques .....	8
7 Exigences de construction .....	8
7.1 Système de conservation du liquide diélectrique.....	8
7.2 Traversées .....	8
7.3 Liquide diélectrique et matériaux des composants .....	8
7.4 Fonction de déconnexion .....	8
8 Informations à fournir par le client.....	8
9 Informations à fournir par le fabricant.....	9
10 Plaque signalétique .....	9
11 Essais .....	9
11.1 Liste et classification des essais (essais individuels de série, de type et spéciaux) ....	9
11.2 Essais individuels de série.....	9
11.3 Essais de type .....	9
11.4 Essai de court-circuit avec le dispositif de protection et de déconnexion déconnecté ou shunté.....	10
12 Procédure d'essai.....	11
12.1 Mesures des décharges partielles .....	11
12.2 Essai de pression du transformateur .....	11
12.3 Essais de mises sous tension .....	12
12.4 Essais de comportement du dispositif de protection et déconnexion.....	12
Figure 1 – Cycle de mesure des décharges partielles .....	11
Tableau 1 – Ordre des essais réalisés sur les prototypes A, B, C, D, E .....	10
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes.....	18

## TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

### Partie 13: Transformateurs auto-protégés immergés dans un liquide diélectrique

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 s'applique aux transformateurs haute tension/basse tension auto-protégés, immergés dans un liquide diélectrique et à refroidissement naturel, d'une puissance assignée de 50 kVA à 1 000 kVA, destinés à une installation intérieure ou extérieure, ayant:

- un enroulement primaire (haute tension) dont la tension la plus élevée pour le matériel ne dépasse pas 24 kV;
- un enroulement secondaire (basse tension) dont la tension la plus élevée pour le matériel ne dépasse pas 1,1 kV.

Ces transformateurs sont équipés d'un dispositif de protection et de déconnexion permettant de protéger l'environnement, les biens et les personnes et évitant toute perturbation du réseau haute tension consécutive à une défaillance interne du transformateur.

Les transformateurs couverts par la présente norme sont conformes aux exigences applicables données dans les normes CEI 60076.

Le transformateur auto-protégé peut être utilisé conjointement avec d'autres dispositifs pour assurer la coordination et la sélectivité du système de protection. Le système de protection n'est pas conçu pour être opérationnel lorsque l'alimentation est réalisée à partir du côté basse tension. Le transformateur auto-protégé n'est pas prévu pour fonctionner en parallèle avec un autre transformateur.

NOTE Cette norme peut être appliquée à un transformateur avec une tension supérieure à 24 kV ou toute autre puissance assignée, par accord entre le fabricant et l'acheteur. Il convient alors d'effectuer les essais de validation au niveau approprié.

#### 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 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*  
Amendement 1 (1992)<sup>1</sup>

CEI 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

CEI 60076-5:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

---

<sup>1</sup> Il existe une version consolidée 2.1 (2000) qui inclut l'édition 2 et son amendement.

CEI 60076-7, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

CEI 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

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

CEI 60282-1, *Fusibles à haute tension – Partie 1: Fusibles limiteurs de courant*

CEI 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

CEI 60836, *Spécification pour liquides isolants silicones neufs pour usages électrotechniques*

CEI 61099, *Spécifications pour esters organiques de synthèse neufs à usages électriques*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **fonction de protection**

fonction intégrée au transformateur destinée à éviter les conséquences externes provoquées par une défaillance dans le transformateur telles que: rupture de la cuve, explosion, projection de substances, arcs électriques et perturbations du réseau d'alimentation

#### 3.2

##### **fonction de déconnexion**

interruption automatique de la liaison entre les bornes haute tension et la partie active du transformateur, du fait du fonctionnement du dispositif de protection et de déconnexion

Le but de cette fonction est d'éliminer tout courant et toute tension du côté basse tension.

#### 3.3

##### **dispositif de protection et de déconnexion**

##### **SPDD**

dispositif qui possède la fonction de protection et la fonction de déconnexion

### 4 Conditions d'emploi

Les conditions normales d'emploi prescrites dans la CEI 60076-1 s'appliquent.

### 5 Caractéristiques électriques

#### 5.1 Puissance assignée

La puissance assignée doit être conforme à 4.3 de la CEI 60076-1.

#### 5.2 Tension la plus élevée pour le matériel

Les valeurs de la tension la plus élevée pour l'appareil doivent être

- jusqu'à 24 kV pour l'enroulement haute tension;
- 1,1 kV pour l'enroulement basse tension.

### **5.3 Enroulements**

#### **5.3.1 Enroulement haute tension**

Ces transformateurs sont conçus pour une tension primaire unique.

#### **5.3.2 Enroulement basse tension**

Ces transformateurs sont conçus pour une tension secondaire unique.

### **5.4 Prises**

La gamme de prises doit être limitée à  $\pm 5$  % pour assurer une coordination satisfaisante avec le système de protection. Les plages de prises préférentielles sont

- 0 %;
- $\pm 2,5$  %;
- $\pm 5$  %.

Le réglage doit se faire sur l'enroulement haute tension par un commutateur manœuvrable hors tension.

### **5.5 Groupe de couplage**

Les groupes de couplage doivent être

- li0 ou lin0 pour les transformateurs monophasés;
- Yzn ou Dyn pour les transformateurs jusqu'à 160 kVA;
- Dyn pour les transformateurs de 250 kVA à 1 000 kVA.

L'indice horaire doit être 1 ou 5 ou 11 pour un transformateur triphasé, voir 3.10.6 de la CEI 60076-1.

### **5.6 Dimensionnement de la connexion du neutre de l'enroulement basse tension**

Le conducteur du neutre et la borne du neutre de l'enroulement basse tension doivent être dimensionnés pour le courant assigné et le courant de défaut (défaut entre phase et conducteur du neutre).

### **5.7 Impédance de court-circuit**

La valeur de l'impédance de court-circuit, pour une température de référence de 75 °C, est conforme à 3.2.2.3 de la CEI 60076-5.

### **5.8 Niveaux d'isolement et essais diélectriques**

#### **5.8.1 Enroulement basse tension**

La tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle est de 10 kV.

Pour des transformateurs exposés à de plus fortes contraintes diélectriques, comme les transformateurs installés en zone suburbaines et rurales, la tension de tenue assignée aux chocs de foudre est de 30 kV.

NOTE La raison d'un niveau d'isolement plus élevé est de réduire le risque de défauts entre le côté basse tension du transformateur et la terre.



### 5.8.2 Enroulement haute tension

Les valeurs de la tension de tenue assignée aux chocs de foudre et la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle doivent être conformes à celles prescrites dans la CEI 60076-3, Tableau 2 ou Tableau 3. On doit prendre la valeur la plus élevée de tenue aux chocs de foudre afin de résister aux surtensions apparaissant suite au fonctionnement du système de protection interne.

### 5.9 Limites d'échauffement à la puissance assignée

Les limites d'échauffement doivent être telles que prescrites dans la CEI 60076-2.

### 5.10 Capacité de surcharge

Le dispositif de protection et de déconnexion ne doit pas fonctionner avec les conditions de surcharge définies dans la CEI 60076-7.

## 6 Dispositif de protection et déconnexion (SPDD)

### 6.1 Exigences de fonctionnement

Ces transformateurs sont équipés d'un dispositif de protection et de déconnexion interne, qui, dans le cas d'un défaut interne, est conçu pour

- empêcher toute manifestation externe;
- confiner les défauts à l'intérieur de la cuve du transformateur. Cependant, la déformation de la cuve résultant du défaut est autorisée;
- empêcher la projection de fluide diélectrique, de matériaux ou de gaz de l'intérieur vers l'extérieur de la cuve;
- empêcher la propagation d'un arc électrique de l'intérieur vers l'extérieur de la cuve;
- éliminer le courant de défaut circulant dans le transformateur (déconnexion);
- ne déconnecter que le transformateur défectueux sans déclencher le réseau d'alimentation haute tension.

### 6.2 Principe de coordination

Le fabricant doit fournir les informations concernant les caractéristiques du dispositif de protection et de déconnexion haute tension, pour permettre à l'utilisateur

- de vérifier que les caractéristiques de la protection du réseau haute tension sont bien coordonnées, afin d'éviter un déclenchement intempestif de l'alimentation;
- de vérifier que les caractéristiques de la protection du réseau basse tension sont bien coordonnées, afin d'éviter un déclenchement intempestif du transformateur.

L'utilisateur doit s'assurer également que le schéma de protection du réseau basse tension est coordonné, afin d'éviter le déclenchement intempestif du dispositif de protection et de déconnexion à l'intérieur de la cuve du transformateur.

Le dispositif de protection et de déconnexion à l'intérieur de la cuve du transformateur n'est ni accessible ni réglable sur site.

Les courbes ou les données nécessaires pour définir le système de protection doivent être données. Les numéros de référence doivent être reportés sur la plaque signalétique.

### **6.3 Exigences mécaniques**

Le dispositif de protection et de déconnexion ne doit pas être déclenché par des chocs ou des vibrations résultant des conditions normales de transport et d'installation.

## **7 Exigences de construction**

### **7.1 Système de conservation du liquide diélectrique**

Sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur, les transformateurs doivent être hermétiques à remplissage intégral.

### **7.2 Traversées**

Les traversées haute tension doivent être conformes à la CEI 60137.

Le transformateur et les traversées de raccordement doivent résister aux contraintes et aux déformations

- résultant des conditions de défaut internes et externes pendant le temps durant lequel le système de protection et de déconnexion fonctionne;
- après le fonctionnement de la fonction de protection et de déconnexion, les traversées restant reliées au réseau d'alimentation;
- lors de la manutention, du transport et du stockage du transformateur.

NOTE Des dispositions spéciales peuvent être utilisées après accord entre le fabricant et l'acheteur.

### **7.3 Liquide diélectrique et matériaux des composants**

Le liquide diélectrique préférentiel est l'huile minérale conforme à la CEI 60296. D'autres liquides diélectriques, tels que le fluide silicone conforme à la CEI 60836 et les esters synthétiques conformes à la CEI 61099 peuvent être utilisés après accord entre le fabricant et l'acheteur.

Les matériaux utilisés dans la construction du transformateur doivent être compatibles avec le liquide diélectrique.

NOTE L'utilisation de liquides autres que l'huile minérale peut nécessiter la réalisation d'essais spécifiques pour vérifier les caractéristiques opérationnelles du système de protection dans ce liquide.

### **7.4 Fonction de déconnexion**

Dans le cas des transformateurs triphasés, le fabricant doit préciser si la déconnexion de trois phases ou de deux phases est réalisée par le dispositif.

## **8 Informations à fournir par le client**

Au stade de l'appel d'offre, pour concevoir le dispositif de protection et de déconnexion et pour assurer un fonctionnement correct, les informations suivantes doivent être données:

- le type, la valeur et la durée des courants de défaut (courants de défaut triphasé et monophasé);
- les caractéristiques des dispositifs de protection du réseau.

## 9 Informations à fournir par le fabricant

Le fabricant doit fournir les références informatives du schéma de coordination pour le dispositif de protection-déconnexion haute tension.

Le schéma de coordination du dispositif de protection et de déconnexion avec les réseaux basse tension et haute tension doit être fourni par le constructeur.

## 10 Plaque signalétique

La plaque signalétique doit être conforme à l'Article 7 de la CEI 60076-1.

La plaque signalétique doit comporter les exigences énumérées en 7.1 de la CEI 60076-1, complétée avec les informations suivantes:

- le type de transformateur – transformateur auto-protégé;
- scellés hermétiquement ou type de conservation et de remplissage du liquide diélectrique;
- les références de la courbe caractéristique temps/courant (plage de courant concernée);
- courant de coupure maximal.

## 11 Essais

### 11.1 Liste et classification des essais (essais individuels de série, de type et spéciaux)

Les essais doivent être effectués selon la CEI 60076, excepté pour les essais modifiés et les essais supplémentaires indiqués ci-dessous.

### 11.2 Essais individuels de série

Les essais doivent être effectués conformément aux modalités décrites en 10.1.1 de la CEI 60076-1.

### 11.3 Essais de type

Les essais doivent être effectués conformément aux modalités décrites en 10.1.2 de la CEI 60076-1.

Les essais de type suivants doivent être effectués pour démontrer la conformité avec la présente norme:

- essai de décharges partielles (12.1);
- tension au choc de foudre basse tension (12.4.8);
- échauffement en surcharge (12.4.7);
- mise sous tension et courant d'appel (12.3);
- surcharge monophasée basse tension (12.4.4);
- court-circuit triphasé impédant basse tension (12.4.5);
- fuite de liquide diélectrique (12.4.3);
- court-circuit entre spires dans l'enroulement basse tension (12.4.2);
- court-circuit aux entrées de l'enroulement haute tension (12.4.6);
- continuité électrique entre couvercle et cuve (12.4.9);
- tenue à la surpression interne de la cuve (12.2).

Les essais se rapportant au dispositif de protection et de déconnexion étant destructifs, il peut être utile de tester jusqu'à cinq transformateurs. Le Tableau 1 donne l'ordre des essais réalisés sur les cinq prototypes (A, B, C, D, E).

**Tableau 1 – Ordre des essais réalisés sur les prototypes A, B, C, D, E**

Transformateur soumis à l'essai	A	B	C	D	E
Résistance d'enroulement	x	x			
Impédance de court-circuit et pertes dues à la charge	x	x	x		
Pertes et courant à vide	x	x	x		
Rapport de tension et indice de couplage	x	x	x		
Tenue aux courants de court-circuit (11.4)		x			
Échauffement à la puissance assignée	x	x			
Échauffement avec surcharge (12.4.7)	x	x			
Tension appliquée (HT)	x	x			
Tension appliquée (BT)	x	x			
Tension induite	x	x			
Tension aux chocs de foudre HT	x	x			
Tension aux chocs de foudre basse tension si applicable (12.4.8)	x	x			
Décharges partielles (12.1)	x	x			
Niveau de bruit	x				
Mises sous tension et courant d'appel (12.3)	x				
Surcharge monophasée basse tension (12.4.4)	x				
Court-circuit triphasé impédant basse tension (12.4.5)			x		
Fuite de liquide diélectrique (12.4.3)		x			
Court-circuit entre spires dans l'enroulement basse tension (12.4.2)				x	
Court-circuit aux entrées de l'enroulement haute tension (12.4.6)					x
Continuité électrique entre couvercle et cuve (12.4.9)	x				
Tenue à la surpression interne de la cuve (12.2)					x
Décuvage de la partie active et analyse du déroulement de la déconnexion	x	x	x	x	x

#### **11.4 Essai de court-circuit avec le dispositif de protection et de déconnexion déconnecté ou shunté**

Les composants du dispositif de protection et de déconnexion sont sensibles aux fortes surintensités; ils doivent être inhibés pendant la réalisation de l'essai; essai réalisé selon la CEI 60076-5, destiné à démontrer l'aptitude à supporter les effets dynamiques d'un court-circuit.

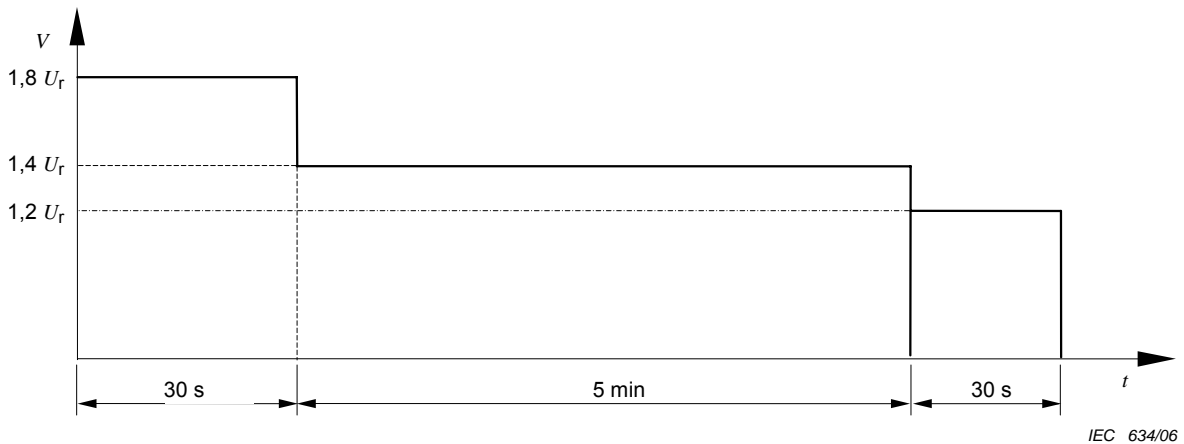
NOTE Il convient que le transformateur résiste à un essai de court-circuit en raison de l'effet dynamique du courant de défaut avant que le système de protection basse tension fonctionne.

## 12 Procédure d'essai

### 12.1 Mesures des décharges partielles

L'essai est effectué selon la CEI 60270.

Un système d'alimentation triphasée doit être utilisé pour l'essai des transformateurs triphasés. Il convient de prendre des précautions particulières dans le cas de traversées de type extérieur et dans les connecteurs à contraintes réparties.



Niveaux d'acceptation: 50 pC à  $1,2 U_r$ ; 100 pC à  $1,4 U_r$  avec  $U_r$  = tension assignée

**Figure 1 – Cycle de mesure des décharges partielles**

### 12.2 Essai de pression du transformateur

#### 12.2.1 But de l'essai

Le but de l'essai est de vérifier que le transformateur peut résister à une augmentation de pression interne, sans conséquences externes, jusqu'au fonctionnement de la fonction de protection et de déconnexion et après celui-ci. Le fabricant doit indiquer le niveau garanti (valeur de  $\Delta P$ ) de résistance à la pression interne de la cuve.

La valeur minimale admissible de la pression de résistance interne est soumise à un accord entre le fabricant et l'acheteur. Si le transformateur est équipé d'un dispositif de détection de pression, sa valeur de déclenchement doit être fixée en conséquence.

#### 12.2.2 Méthodes d'essai

L'essai consiste à soumettre le transformateur hors tension à une surpression augmentant progressivement en 1 min environ de 0 à la valeur de  $\Delta P$  et à maintenir cette valeur pendant 10 min.

La détection de fuite est effectuée par une inspection visuelle, tout en maintenant pendant 10 min la pression initiale sur le manomètre et en aspergeant la cuve avec un produit révélateur, détecteur de fuites, si nécessaire.

Si le transformateur est équipé d'un dispositif de détection de pression, le seuil de déclenchement du système réagissant avec la surpression doit être établi.

### **12.2.3 Résultats de l'essai**

Aucune fuite d'huile ne doit être détectée. Une déformation permanente de la cuve et des ailettes de refroidissement est autorisée.

## **12.3 Essais de mises sous tension**

### **12.3.1 But de l'essai**

Le but de l'essai est de vérifier que le dispositif de protection et de déconnexion ne fonctionne pas sous l'effet du courant d'appel lorsque le transformateur est mis sous tension assignée. Il convient que la puissance de court circuit de la source d'essai soit au moins égale à 50 fois la puissance assignée du transformateur essayé.

### **12.3.2 Méthodes d'essai**

Le transformateur est alimenté à une tension d'essai égale à la tension assignée (tolérance  $^{+5}_0$  %) pendant  $1 \text{ s} \pm 20 \text{ ms}$ . Ce cycle est répété 20 fois. Les cycles sont espacés entre eux d'au moins 10 s.

D'autres cycles et d'autres tolérances concernant la tension d'essai et la durée d'essai sont soumis à un accord entre le fabricant et l'acheteur.

### **12.3.3 Critère d'acceptation**

Aucune déconnexion ne doit se produire.

## **12.4 Essais de comportement du dispositif de protection et déconnexion**

### **12.4.1 Articles communs applicables à ces essais**

#### **12.4.1.1 Caractéristiques du circuit d'essai**

La valeur de la puissance de court-circuit doit être conforme à la CEI 60076-5.

Les caractéristiques ci-dessous doivent être précisées par l'acheteur.

- Le facteur de puissance de la source d'essai doit être inférieur à 0,15.
- La borne neutre haute tension (HT) du réseau d'alimentation doit être mise à la terre via une impédance limitant le courant à la terre à certaines valeurs. Ces valeurs dépendent du type de système de mise à la terre du neutre du réseau auquel est destiné le transformateur et les valeurs préférentielles de ce courant sont
 

– pour mise à la terre directe:	la valeur de court-circuit triphasé;
– pour mise à la terre isolée:	jusqu'à 100 A;
– pour mise à la terre par résistance:	100 A à 3 000 A;
– pour mise à la terre par impédance:	10 A à 300 A.

NOTE En cas de difficultés liées aux moyens d'essais, il convient de trouver un accord entre l'acheteur, le fabricant et le laboratoire pour le choix du courant à retenir.

#### **12.4.1.2 Préparation du transformateur**

Le changeur de prise, s'il existe, est à positionner sur la prise correspondant à la tension assignée. Le neutre basse tension et la borne de mise à la terre du transformateur sont mis à la terre.

Le transformateur est placé sur un support isolé, de telle façon que le courant de défaut entre la cuve et la terre puisse être mesuré.

#### **12.4.1.3 Durée des essais et mesure**

La tension d'alimentation doit rester appliquée pendant 15 min après le fonctionnement du dispositif de protection et de déconnexion.

Mesures à effectuer lors de chaque essai:

- courants efficaces de ligne au primaire;
- tensions efficaces phase primaire-terre;
- courant efficace de mise à la terre de la cuve;
- courant efficace de mise à la terre du réseau haute tension;
- courant efficace de ligne au secondaire;
- courant efficace de neutre;
- tension efficace entre phase et neutre au secondaire;
- pression de la cuve du transformateur (pour les essais produisant une éventuelle montée en pression de la cuve);
- les valeurs efficaces peuvent être définies à partir d'un oscillogramme analogique ou des enregistrements numériques.

NOTE Une caméra vidéo peut être utilisée pendant les essais pour aider les analyses ultérieures.

#### **12.4.1.4 Critères d'acceptation**

Les courants de lignes haute tension ne doivent pas dépasser la valeur donnée par le fabricant et doivent être annulés par le dispositif de protection et de déconnexion.

Le fonctionnement du système de protection et de déconnexion ne doit pas provoquer de surtension sur le réseau haute ou basse tension excédant les valeurs maximales correspondant au niveau d'isolement du réseau.

Pendant la durée de l'essai, y compris la période de 15 min suivant l'élimination des trois courants de ligne HT, aucun événement ne doit se produire comme par exemple un incendie, des projections de matériau, une fuite de gaz ou de liquide diélectrique, la propagation d'un arc électrique de l'intérieur vers l'extérieur de la cuve.

Une vérification, montrant que le système de protection et de déconnexion a bien fonctionné, doit être effectuée après décuage de la partie active.

Si une déconnexion des trois phases est exigée, celle-ci doit être vérifiée par une mesure phase par phase.

Ces critères d'acceptation sont applicables à tous les essais suivants. De plus, des critères particuliers sont donnés dans les articles concernés.

### **12.4.2 Transformateur avec un court-circuit entre spires basse tension**

#### **12.4.2.1 But de l'essai**

L'essai est réalisé afin de vérifier le comportement du transformateur dans le cas d'un court-circuit entre les spires d'un enroulement basse tension.

#### **12.4.2.2 Préparation du transformateur**

Un transformateur comprenant une spire en court-circuit dans un enroulement basse tension doit être fabriqué spécialement pour effectuer cet essai. La section de passage du courant de court circuit doit être suffisante pour ne pas isoler le court-circuit pendant l'essai

En cas de difficultés avec les conditions ci-dessus, il convient d'augmenter le nombre de spires en court-circuit pour pouvoir effectuer l'essai. Le nombre maximal de spires doit être néanmoins limité à cinq.

#### **12.4.2.3 Méthodes particulières d'essai**

Pendant l'essai, le transformateur doit alimenter une charge triphasée inductive correspondant à sa puissance assignée.

#### **12.4.2.4 Critères d'acceptation**

Le Paragraphe 12.4.1.4 est applicable.

### **12.4.3 Transformateur avec fuite de liquide diélectrique**

#### **12.4.3.1 But de l'essai**

L'essai consiste à vérifier qu'une fuite, dans un transformateur en service, ne peut aboutir à une explosion ou à un incendie.

#### **12.4.3.2 Méthodes particulières d'essai**

Le transformateur est connecté à une charge triphasée correspondant à la puissance assignée et la tension assignée.

Le transformateur est équipé d'une vanne de vidange calibrée de façon à faire décroître le volume de diélectrique de 50 % en 1 h environ, dans le cas où la déconnexion ne survient pas avant.

#### **12.4.3.3 Critères d'acceptation**

Le Paragraphe 12.4.1.4 est applicable.

### **12.4.4 Transformateur avec surcharge monophasée basse tension**

#### **12.4.4.1 But de l'essai**

L'essai consiste à créer un échauffement des enroulements, jusqu'à leur détérioration, avec des courants de circulation initiaux insuffisants pour déclencher immédiatement le dispositif de protection et de déconnexion.

#### **12.4.4.2 Méthodes particulières d'essai**

Une charge inductive est placée du côté basse tension, entre une phase et le neutre. Cette charge est telle que le courant initial basse tension est compris entre 3 et 4 fois le courant assigné basse tension du transformateur.

NOTE Le courant de surcharge a été choisi de manière à endommager l'enroulement en un temps raisonnable.

#### **12.4.4.3 Critères d'acceptation**

Le Paragraphe 12.4.1.4 est applicable.



#### **12.4.5 Transformateur avec court-circuit triphasé impédant sur le réseau basse tension**

##### **12.4.5.1 But de l'essai**

Cet essai ne sera effectué que si le système de protection et de déconnexion comprend des fusibles limiteurs de courant (de type associé ou à usage général) conformément à la CEI 60282-1.

Le but de l'essai est de vérifier le fonctionnement du système de protection et de déconnexion pour des valeurs de courant critique (voir note).

Lorsque le système de protection et de déconnexion comprend d'autres composants de protection ou de détection, il convient de définir un essai équivalent entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE Pour les types de fusibles associés et à usage général, des courants légèrement inférieurs à  $I_3$  sont considérés comme critiques.

##### **12.4.5.2 Méthode particulière d'essai**

Une charge inductive est placée entre les phases basse tension. Cette charge est telle que les courants HT sont fixés entre 0,75 et 0,8 fois la valeur du courant minimal de coupure des fusibles ( $I_3$  conformément à la CEI 60282-1).

Si l'impédance de court-circuit du transformateur ne permet pas d'atteindre la valeur du courant ci-dessus, l'essai est réalisé avec un court-circuit franc établi entre les bornes basse tension.

##### **12.4.5.3 Critères d'acceptation**

Le Paragraphe 12.4.1.4 est applicable.

#### **12.4.6 Transformateur avec un court-circuit au niveau des connexions d'enroulements haute tension**

##### **12.4.6.1 But de l'essai**

Cet essai a deux objectifs:

- de vérifier le bon comportement mécanique et thermique des connexions entre les traversées haute tension et le côté haute tension du système de protection et de déconnexion pour le courant de défaut maximal;
- de vérifier la bonne déconnexion, pour le courant de défaut maximal.

##### **12.4.6.2 Méthodes particulières d'essai**

Un court-circuit est établi entre le dispositif de protection et de déconnexion et les entrées des enroulements à un endroit convenu entre le fabricant et l'acheteur.

Cet essai peut être réalisé sur un modèle représentant partiellement les configurations du transformateur, de la traversée haute tension aux conducteurs d'enroulement haute tension, les parties reliées à la masse étant également reproduites.

La tension transitoire de rétablissement du circuit d'essai de puissance doit être conforme à la CEI 60282-1 concernant la série d'essai 1, même si le transformateur n'est équipé d'aucun fusible.

#### **12.4.6.3 Critères d'acceptation**

Le Paragraphe 12.4.1.4 est applicable.

#### **12.4.7 Essai d'échauffement avec une surcharge triphasée**

##### **12.4.7.1 But de l'essai**

L'objectif de l'essai est de vérifier qu'une surcharge ne provoque pas un fonctionnement intempestif du système de protection et de déconnexion.

L'essai suivant est réalisé pour démontrer le comportement du transformateur auto-protégé soumis à un cycle de surcharge spécifique. L'essai doit être réalisé de telle manière que la valeur de la température finale soit proche des valeurs maximales autorisées, conformément à la CEI 60076-7 (température maximale du point chaud de l'enroulement de 140 °C et température maximale de l'huile au niveau supérieur de 115 °C).

##### **12.4.7.2 Méthodes particulières d'essai**

Le transformateur est d'abord alimenté sous une tension réduite avec les traversées basse tension en court circuit.

Un courant correspondant aux pertes totales est appliqué jusqu'à l'obtention de la stabilisation thermique.

L'essai doit être poursuivi en étant réalisé conformément à la CEI 60076-7, avec une surcharge de  $1,4 I_n$ , sachant que durée de la surcharge doit être calculée par une formule prenant en compte la température ambiante du laboratoire pendant l'essai. Cette formule est donnée dans la CEI 60076-7.

##### **12.4.7.3 Critères d'acceptation**

La déconnexion du dispositif de protection et de déconnexion ne doit pas avoir lieu.

#### **12.4.8 Essai de tension de choc de foudre basse tension**

##### **12.4.8.1 But de l'essai**

L'objectif de l'essai consiste à vérifier l'isolement basse tension sur les transformateurs de distribution installés en zones suburbaines ou rurales, qui, dans certains pays, sont sévèrement exposés aux surtensions.

##### **12.4.8.2 Méthode particulière d'essai**

L'onde de choc de foudre est appliquée entre les traversées basse tension, y compris la traversée du neutre basse tension (si présente), reliées ensembles et la cuve; les traversées haute tension sont reliées ensembles et connectés à la terre.

Trois impulsions de polarité négative sont appliquées; valeur maximale et forme: 30 kV 1,2/50 µs.

##### **12.4.8.3 Critère d'acceptation**

Aucun contournement ni défaillance ne doivent se produire.

#### **12.4.9 Continuité électrique entre cuve et couvercle**

##### **12.4.9.1 But de l'essai**

L'essai consiste à vérifier que la continuité électrique entre cuve et couvercle est capable de transiter un courant de 6 kA pendant 1 s avec une montée du potentiel inférieure à 50 V.

##### **12.4.9.2 Méthode particulière d'essai**

L'essai est réalisé avec une tension d'alimentation sinusoïdale monophasée, le transformateur est inséré dans le circuit d'essai au moyen d'une borne de terre sur le couvercle et d'une borne de terre sur la cuve connectée à la borne de mise à la terre.

Durant tout l'essai, le courant est mesuré et sa valeur doit être comprise entre  $6 \text{ kA} \pm 10 \%$ ; la tension ne doit jamais être supérieure à 50 V.

##### **12.4.9.3 Critères d'acceptation**

Aucun contournement ni défaillance ne doivent se produire tels que propagation d'arc électrique ou projection de matériaux.

---

## 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 60076-1 (mod)	1993	Transformateurs de puissance Partie 1: Généralités	EN 60076-1	1997
A1	1999		A11 A1 A12	1997 2000 2002
CEI 60076-2 (mod)	- <sup>1)</sup>	Transformateurs de puissance Partie 2: Echauffement	EN 60076-2	1997 <sup>2)</sup>
CEI 60076-3 + corr. décembre	2000 2000	Transformateurs de puissance Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air	EN 60076-3	2001
CEI 60076-5	2000	Transformateurs de puissance Partie 5: Tenue au court-circuit	EN 60076-5 <sup>3)</sup>	2000
CEI 60076-7	- <sup>1)</sup>	Transformateurs de puissance Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile	-	-
CEI 60137	- <sup>1)</sup>	Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V	EN 60137	2003 <sup>2)</sup>
CEI 60270	- <sup>1)</sup>	Techniques des essais à haute tension - Mesure des décharges partielles	EN 60270	2001 <sup>2)</sup>
CEI 60282-1	- <sup>1)</sup>	Fusibles à haute tension Partie 1: Fusibles limiteurs de courant	EN 60282-1	2006 <sup>2)</sup>
CEI 60296	- <sup>1)</sup>	Fluides pour applications électrotechniques - Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion	EN 60296 + corr. septembre	2004 <sup>2)</sup> 2004

1) Référence non datée.

2) Edition valide à ce jour.

3) La EN 60076-5 est remplacée par la EN 60076-5:2006, qui est basée sur la CEI 60076-5:2006.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
CEI 60836	- <sup>1)</sup>	Spécifications pour liquides isolants silicones neufs pour usages électrotechniques	EN 60836	2005 <sup>2)</sup>
CEI 61099	- <sup>1)</sup>	Spécifications pour esters organiques de synthèse neufs à usages électriques	EN 61099	1992 <sup>2)</sup>