

# NORME INTERNATIONALE

# CEI 60076-5

Troisième édition  
2006-02

---

---

## Transformateurs de puissance –

### Partie 5: Tenue au court-circuit

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[IEC 60076-5:2006](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/fb56d2b-00b4-4645-9fad-5d046ffc6f47/iec-60076-5-2006>

*Cette version **française** découle de la publication d'origine **bilingue** dont les pages anglaises ont été supprimées. Les numéros de page manquants sont ceux des pages supprimées.*



Numéro de référence  
CEI 60076-5:2006(F)

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))

- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)

Tél: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# NORME INTERNATIONALE

# CEI 60076-5

Troisième édition  
2006-02

---

---

## Transformateurs de puissance –

### Partie 5: Tenue au court-circuit

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[IEC 60076-5:2006](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/fb56d2b-00b4-4645-9fad-5d046ffc6f47/iec-60076-5-2006>

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application .....	8
2 Références normatives.....	8
3 Exigences relatives à la tenue au court-circuit.....	8
3.1 Généralités.....	8
3.2 Conditions de surintensités .....	10
4 Démonstration de la tenue au court-circuit.....	16
4.1 Tenue thermique au court-circuit .....	16
4.2 Tenue aux effets dynamiques de court-circuit.....	22
Annexe A (informative) Evaluation théorique de la capacité de résister aux effets dynamiques de court-circuit .....	40
Annexe B (informative) Définition de transformateur similaire .....	70
Figure 1 – Transformateur connecté en étoile-triangle .....	28
Figure 2 – Autotransformateur étoile-étoile .....	30
Tableau 1 – Valeurs minimales de l'impédance de court-circuit reconnues pour transformateurs à deux enroulements séparés.....	12
Tableau 2 – Puissance apparente de court-circuit du réseau .....	12
Tableau 3 – Valeurs maximales admissibles de la température moyenne de chaque enroulement après court-circuit.....	20
Tableau 4 – Valeurs du facteur $k \times \sqrt{2}$ .....	24
Tableau A.1 – Comparaison des forces et les contraintes dans les transformateurs colonnes .....	60
Tableau A.2 – Comparaison des forces et des contraintes dans les transformateurs cuirassés .....	64
Tableau A.3 — Valeurs pour le facteur $K_3$ .....	68
Tableau A.4 — Valeurs pour le facteur $K_4$ .....	68

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

### Partie 5: Tenue au court-circuit

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés «Publication(s) de la CEI»). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme tels par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est indispensable pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60076-5 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition publiée en 2000. Cette troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition comprend les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente de la norme:

- a) introduction de l'Annexe A (informative) – «Évaluation théorique de la capacité de résister aux effets dynamiques de court-circuit», au lieu de l'Annexe B (normative) précédente – «Méthode de calcul pour la démonstration de la tenue au court-circuit » (à blanc);
- b) introduction de l'Annexe B (informative) – «Définition de transformateur similaire», au lieu de l'Annexe A (informative) précédente – «Guide pour l'identification d'un transformateur similaire».

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/518/FDIS	14/523/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 60076 comprend les parties suivantes présentées sous le titre général *Transformateurs de puissance*:

- Partie 1: Généralités
- Partie 2: Echauffement
- Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air
- Partie 4: Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manoeuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance
- Partie 5: Tenue au court-circuit
- Partie 6: Réacteurs<sup>1</sup>
- Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile
- Partie 8: Guide d'application
- Partie 10: Détermination des niveaux de bruit
- Partie 10-1: Détermination des niveaux de bruit – Guide d'application
- Partie 11: Transformateurs de type sec
- Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de type sec<sup>1</sup>
- Partie 13: Transformateurs auto-protégés remplis de liquide
- Partie 14: Conception et application des transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux isolants haute température
- Partie 15: Gas-filled-type power transformers (titre français non disponible)<sup>1</sup>

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

<sup>1</sup> A l'étude.

## TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

### Partie 5: Tenue au court-circuit

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 identifie les exigences pour les transformateurs de puissance pour résister sans dommage aux effets des surcharges occasionnées par des courts-circuits externes. Elle décrit les procédés de calcul utilisés pour démontrer l'aptitude thermique d'un transformateur de puissance à supporter de telles surcharges ainsi que l'essai spécial et la méthode de calcul utilisée pour démontrer son aptitude à résister aux effets mécaniques afférents. Les exigences s'appliquent aux transformateurs définis dans le domaine d'application de la CEI 60076-1.

#### 2 Références normatives

Les documents de références suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour des 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 (1999) <sup>2</sup>

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

CEI 60076-8:1997, *Transformateurs de puissance – Partie 8: Guide d'application*

CEI 60076-11:2004, *Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

#### 3 Exigences relatives à la tenue au court-circuit

##### 3.1 Généralités

Les transformateurs ainsi que tout l'équipement et les accessoires doivent être conçus et construits pour résister sans dommage aux effets thermiques et mécaniques des courts-circuits extérieurs dans les conditions spécifiées en 3.2.

Les courts-circuits extérieurs ne sont pas limités aux courts-circuits triphasés; ils comprennent les défauts entre phases, entre deux phases et la terre et entre phase et terre. Les courants issus de ces conditions dans les enroulements sont désignés comme surintensités dans la présente partie de la CEI 60076.

---

<sup>2</sup> Parue également la version 2.1 ( 2000 ) regroupant l'édition 2 de 1993 et son amendement de 1999.

## 3.2 Conditions de surintensités

### 3.2.1 Considérations générales

#### 3.2.1.1 Conditions d'application nécessitant une considération particulière

Les situations suivantes qui affectent l'amplitude, la durée ou la fréquence d'apparition de surintensité, nécessitent une considération particulière et doivent être clairement indiquées dans les spécifications:

- les transformateurs de régulation à très basse impédance, qui dépendent de l'impédance des appareils directement connectés pour limiter les surintensités;
- les transformateurs élévateurs sensibles aux fortes surintensités produites par la connexion du générateur au réseau hors synchronisme;
- les transformateurs directement connectés à des machines tournantes telles que les moteurs ou les condensateurs synchrones qui peuvent se comporter comme des générateurs pour fournir du courant au transformateur dans les conditions de défaut du réseau;
- les transformateurs spéciaux et les transformateurs installés dans les réseaux caractérisés par des taux de défaut élevés (voir 3.2.6);
- la tension de fonctionnement supérieure à la tension assignée maintenue à la borne ou aux bornes non défectueuses durant une condition de défaut.

#### 3.2.1.2 Limitations en courant relatives aux transformateurs survolteurs-dévolteurs

Quand l'impédance combinée du transformateur survolteur-dévolteur et du réseau conduit à un niveau de courant de court-circuit tel que le transformateur ne peut pas, soit physiquement, soit économiquement, être conçu pour résister, le constructeur et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur la surintensité maximale admise. Dans ce cas, il convient que l'acheteur prenne des dispositions pour limiter la surintensité à la valeur maximale déterminée par le constructeur et indiquée sur la plaque signalétique.

### 3.2.2 Transformateurs à deux enroulements séparés

3.2.2.1 Pour les besoins de la présente norme, on distingue, pour les transformateurs triphasés ou les bancs de transformateur en triphasé, trois catégories selon la puissance assignée:

- catégorie I: 25 kVA à 2 500 kVA;
- catégorie II: 2 501 kVA à 100 000 kVA;
- catégorie III: au-delà de 100 000 kVA.

3.2.2.2 En l'absence d'autres spécifications, le courant de court-circuit symétrique (en valeur efficace, voir 4.1.2) doit être calculé en tenant compte de l'impédance de court-circuit du transformateur et de l'impédance du réseau.

Pour les transformateurs de la catégorie I, on doit négliger dans le calcul du courant de court-circuit, l'impédance du réseau si celle-ci est égale ou inférieure à 5 % de l'impédance de court-circuit du transformateur.

La valeur de crête du courant de court-circuit doit être calculée selon les indications de 4.2.3.

3.2.2.3 Le Tableau 1 donne les valeurs minimales communément reconnues pour l'impédance de court-circuit des transformateurs pour le courant assigné (pour la prise principale). Si des valeurs plus faibles sont spécifiées, la tenue au court-circuit du transformateur doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.



**Tableau 1 – Valeurs minimales de l'impédance de court-circuit reconnues pour transformateurs à deux enroulements séparés**

Impédance de court-circuit au courant assigné	
Puissance assignée kVA	Impédance minimale de court-circuit %
de 25 à 630	4,0
631 à 1 250	5,0
1 251 à 2 500	6,0
2 501 à 6 300	7,0
6 301 à 25 000	8,0
25 001 à 40 000	10,0
40 001 à 63 000	11,0
63 001 à 100 000	12,5
supérieur à 100 000	>12,5

NOTE 1 Pour les puissances nominales supérieures à 100 000 kVA, les valeurs font généralement l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

NOTE 2 Dans le cas d'éléments monophasés destinés à constituer un groupe triphasé, les valeurs de puissance nominale s'entendent comme étant celles du banc de transformateur en triphasé.

iTeh Standards

**3.2.2.4** Il appartient à l'acheteur de spécifier dans son appel d'offres la puissance apparente de court-circuit du réseau à l'endroit où est installé le transformateur afin d'obtenir la valeur du courant de court-circuit symétrique à utiliser dans le calcul et dans les essais.

Si le niveau de la puissance apparente de court-circuit du réseau n'est pas spécifié, on doit utiliser les valeurs données au Tableau 2.

IEC 60076-5:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/8b56d2b-00b1-4645-89bd-51016ff66f17/iec-60076-5-2006>

**Tableau 2 – Puissance apparente de court-circuit du réseau**

Tension la plus élevée pour le matériel ( $U_m$ ) kV	Puissance apparente de court-circuit MVA	
	Pratique européenne courante	Pratique nord-américaine courante
7,2; 12; 17,5 et 24	500	500
36	1 000	1 500
52 et 72,5	3 000	5 000
100 et 123	6 000	15 000
145 et 170	10 000	15 000
245	20 000	25 000
300	30 000	30 000
362	35 000	35 000
420	40 000	40 000
525	60 000	60 000
765	83 500	83 500

NOTE Si ce n'est pas spécifié, il convient de considérer une valeur comprise entre 1 et 3 pour le rapport des impédances homopolaire et directe du réseau.

**3.2.2.5** Pour les transformateurs à deux enroulements séparés, seul le court-circuit triphasé est normalement pris en compte car il est considéré comme couvrant de manière adéquate tous les autres types de défauts possibles (exception faite du cas spécial traité dans la note de 3.2.5).

NOTE Dans le cas d'enroulement connectés en zig-zag, le courant de défaut entre phase et terre peut atteindre des valeurs supérieures à celles d'un courant de court-circuit triphasé. Cependant, ces fortes valeurs sont limitées dans les deux phases concernées, à un demi enroulement et, de plus, les courants dans les autres enroulements connectés en étoile sont inférieurs à ceux du courant de court-circuit triphasé. Les risques électrodynamiques de l'ensemble des enroulements peuvent être supérieurs soit en court-circuit triphasé, soit en court-circuit monophasé ceci dépendant de la technologie des enroulements. Il est recommandé que le constructeur et l'acheteur se mettent d'accord sur le type de court-circuit à prendre en considération.

### **3.2.3 Transformateurs à plus de deux enroulements et autotransformateurs**

Les surintensités dans les enroulements, y compris les enroulements de stabilisation et les enroulements auxiliaires, doivent être déterminées à partir des impédances du transformateur et de celles du ou des réseaux. Il doit être tenu compte des différents types de défauts pouvant intervenir en service sur le réseau, par exemple les défauts entre phase et terre et les défauts entre phases, associés aux conditions de mise à la terre du réseau et du transformateur en question; voir la CEI 60076-8. Les caractéristiques de chaque réseau (au moins le niveau de la puissance apparente de court-circuit et la gamme dans laquelle est compris le rapport entre l'impédance homopolaire et l'impédance directe) doivent être spécifiées par l'acheteur dans son appel d'offre.

Les enroulements de stabilisation montés en triangle des transformateurs triphasés doivent pouvoir résister aux surintensités résultant des différentes possibilités de défauts du réseau qui peuvent survenir en fonctionnement avec les conditions de mise à la terre du réseau concerné.

Dans le cas de transformateurs monophasés raccordés de manière à constituer un groupe triphasé, les enroulements de stabilisation doivent pouvoir supporter un court-circuit à leurs bornes, à moins que l'acheteur n'ait spécifié que des précautions spéciales seront prises pour éviter tout risque de court-circuit entre phases.

NOTE Il peut ne pas être économique de dimensionner les enroulements auxiliaires pour résister aux court-circuits sur leurs bornes. Dans de tels cas, il faut que le niveau des surintensités soit limité par des moyens appropriés tels des bobines d'inductances séries ou, dans certains cas, des fusibles. Des précautions doivent être prises pour se prémunir contre les défauts dans la zone comprise entre le transformateur et l'appareillage de protection.

### **3.2.4 Transformateurs survolteurs-dévolteurs**

L'impédance des transformateurs survolteurs-dévolteurs peut être très faible et, par conséquent, les surintensités dans les enroulements sont déterminées principalement par les caractéristiques du réseau à l'endroit où est installé le transformateur. Ces caractéristiques doivent être spécifiées par l'acheteur dans son appel d'offre.

Si un transformateur survolteur-dévolteur est directement associé à un transformateur pour les besoins de variation de la tension et ou de déphasage, il doit être capable de résister aux surintensités résultant de l'impédance combinée des deux appareils.

### **3.2.5 Transformateurs directement associés à d'autres appareils**

Lorsqu'un transformateur est directement associé à d'autres appareils dont l'impédance limiterait le courant de court-circuit, on peut prendre en compte, après accord entre le constructeur et l'acheteur, la somme des impédances du transformateur, du réseau et des appareils directement associés.

Cela s'applique, par exemple, aux transformateurs élévateurs si la connexion entre le générateur et le transformateur est faite de telle sorte que la possibilité d'un défaut entre phases ou entre deux phases et la terre se produisant à cet endroit soit négligeable.

NOTE Si la connexion entre le générateur et le transformateur est faite de cette façon, les conditions de court-circuit les plus sévères peuvent se produire, dans le cas d'un transformateur élévateur connecté en étoile-triangle avec neutre à la terre, lorsqu'un défaut entre phase et terre se produit sur le réseau raccordé à l'enroulement connecté en étoile ou dans le cas d'une non-synchronisation des phases.

### 3.2.6 Transformateurs spéciaux et transformateurs installés dans des réseaux caractérisés par un fort taux de défaut

La tenue d'un transformateur aux surintensités fréquentes provenant d'applications particulières (par exemple les transformateurs de four à arc ou les transformateurs fixes alimentant des appareils de traction) ou de conditions d'exploitation particulières (par exemple, un grand nombre de défauts se produit dans les réseaux connectés) doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur. L'acheteur doit informer à l'avance le constructeur des conditions anormales de fonctionnement prévues.

### 3.2.7 Dispositif de changement de prise

Lorsque le transformateur en est muni, le dispositif de changement de prise doit être capable de supporter les mêmes surintensités dues aux courts-circuits que les enroulements. Cependant, le changeur de prise en charge n'est pas prévu pour commuter le courant de court-circuit.

### 3.2.8 Borne neutre

La borne neutre des enroulements connectés en étoile ou en zigzag doit être conçue pour la surintensité la plus élevée qui peut traverser cette borne.

## 4 Démonstration de la tenue au court-circuit

Les exigences de cet article s'appliquent à la fois aux transformateurs immergés dans l'huile et aux transformateurs de type sec, tels qu'ils sont spécifiés respectivement dans la CEI 60076-1 et la CEI 60076-11.

### 4.1 Tenue thermique au court-circuit

#### 4.1.1 Généralités

Selon la présente norme, la tenue thermique au court-circuit doit être démontrée par le calcul. Ce calcul doit être réalisé conformément aux exigences de 4.1.2 à 4.1.5.

#### 4.1.2 Valeur du courant de court-circuit symétrique $I$

Pour les transformateurs triphasés avec deux enroulements séparés, la valeur efficace du courant de court-circuit symétrique  $I$  doit être calculée comme suit:

$$I = \frac{U}{\sqrt{3} \times (Z_t + Z_s)} \quad [\text{kA}] \quad (1)$$

où

$Z_s$  est l'impédance de court-circuit du réseau.

$$Z_s = \frac{U_s^2}{S}, \text{ en ohms } (\Omega) \text{ par phase (équivalent au montage étoile);} \quad (2)$$

où

$U_s$  est la tension assignée du réseau, en kilovolts (kV);

$S$  est la puissance apparente de court-circuit du réseau, en mégavoltampères (MVA).

$U$  et  $Z_t$  sont définies comme suit:

a) pour la prise principale:

$U$  est la tension assignée  $U_r$  de l'enroulement considéré, en kilovolts (kV);

$Z_t$  est l'impédance de court-circuit du transformateur assimilée à l'enroulement à l'étude; elle est calculée comme suit:

$$Z_t = \frac{z_t \times U_r^2}{100 \times S_r}, \text{ en ohms } (\Omega) \text{ par phase (équivalent au montage étoile)}^3 \quad (3)$$

où

$z_t$  est l'impédance de court-circuit mesurée à courant et fréquence assignés pour la prise principale et pour la température de référence, exprimée en pourcentage;

$S_r$  est la puissance assignée du transformateur, en mégavoltampères (MVA);

b) pour les prises autres que la prise principale:

$U$  est, sauf spécification contraire, la tension de prise<sup>4</sup> de l'enroulement à l'étude, en kilovolts (kV);

$Z_t$  est l'impédance de court-circuit du transformateur assimilée à l'enroulement et à la prise considérée, en ohms ( $\Omega$ ) par phase.

Pour les transformateurs ayant plus de deux enroulements, les autotransformateurs, les transformateurs survolteurs-dévolteurs et les transformateurs directement associés à d'autres appareils, les surintensités sont calculées suivant 3.2.3, 3.2.4 ou 3.2.5, selon le cas.

Pour tous les transformateurs, excepté les cas donnés en 3.2.2.2, l'effet de l'impédance de court-circuit du ou des réseaux doit être pris en compte.

NOTE Dans le cas des enroulements connectés en zigzag, le courant de court-circuit pour un défaut entre phase et terre peut atteindre des valeurs considérablement plus élevées que pour un défaut triphasé. Il est recommandé de prendre en compte l'accroissement de ce courant dans le calcul de l'élévation de température de l'enroulement zigzag.

#### 4.1.3 Durée du courant de court-circuit symétrique

Sauf spécification contraire, la durée du courant  $I$  à utiliser dans le calcul concernant la tenue thermique au court-circuit doit être de 2 s.

NOTE Pour les autotransformateurs et pour les transformateurs avec un courant de court-circuit dépassant 25 fois le courant nominal, on peut adopter, après accord entre le constructeur et l'acheteur, une durée du courant de court-circuit inférieure à 2 s.

#### 4.1.4 Valeur maximale moyenne autorisée de la température de chaque enroulement

La température moyenne  $\theta_1$  de chaque enroulement, après le passage du courant de court-circuit symétrique  $I$  de valeur et de durée spécifiées respectivement en 4.1.2 et 4.1.3, ne doit pas dépasser la valeur maximale indiquée au Tableau 3, quelle que soit la prise de réglage .

<sup>3</sup> Pour plus de compréhension du contenu de 4.2.3, les symboles  $Z_t$  et  $z_t$  sont ici utilisés respectivement pour  $Z$  et  $z$  et pour les mêmes données que dans la CEI 60076-1.

<sup>4</sup> Pour la définition de «tension de prise», voir 5.2 de la CEI 60076-1.