

# NORME INTERNATIONALE

# CEI 60076-8

Première édition  
1997-10

---

---

## Transformateurs de puissance – Guide d'application

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

[IEC 60076-8:1997](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c1dcb1a1-c049-440c-b5fa-af6c745a9783/iec-60076-8-1997>

*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 60076-8:1997(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 60076-8

Première édition  
1997-10

---

---

## Transformateurs de puissance – Guide d'application

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

[IEC 60076-8:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c1dcb1a1-c049-440c-b5fa-af6c745a9783/iec-60076-8-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/c1dcb1a1-c049-440c-b5fa-af6c745a9783/iec-60076-8-1997>

© IEC 1997 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

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
Articles	
1 Généralités .....	6
2 Propriétés caractéristiques des différentes combinaisons d'enroulements triphasés et conceptions des circuits magnétiques .....	8
3 Propriétés caractéristiques et application aux autotransformateurs.....	16
4 Propriétés homopolaires – courant de charge du neutre et conditions de défaut à la terre, saturation magnétique et courant d'enclenchement .....	24
5 Calcul des courants de court-circuit pour les transformateurs triphasés à trois enroulements (transformateurs à enroulements séparés et autotransformateurs) dont les point neutres sont reliés à la terre.....	50
6 Marche en parallèle des transformateurs dans les réseaux triphasés .....	80
7 Calcul de la chute de tension pour une charge spécifiée, pertes dues à la charge d'un transformateur à trois enroulements .....	92
8 Spécification des grandeurs assignées et des grandeurs de prises.....	124
9 Application en convertisseur des transformateurs normaux .....	146
10 Guide pour la mesure des pertes des transformateurs de puissance .....	150
<u>IEC 60076-8:1997</u>	
Annexe A – Relations fondamentales pour les défauts à la terre monophasé et biphasé...	164

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE – GUIDE D'APPLICATION

### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes 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) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60076-8 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette première édition de la CEI 60076-8 annule et remplace la CEI 60606 publiée en 1978. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/260/FDIS	14/297/RVD

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

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

- Partie 1: 1993, Généralités
- Partie 2: 1993, Echauffement
- Partie 3: 1980, Niveaux d'isolement et essais diélectriques
- Partie 5: 1976, Tenue au court-circuit
- Partie 8: 1997, Guide d'application

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

## TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE – GUIDE D'APPLICATION

### 1 Généralités

#### 1.1 *Domaine d'application et objet*

Cette norme s'applique aux transformateurs de puissance conformes à la série de normes CEI 60076.

Son but est d'informer les utilisateurs sur

- certaines caractéristiques fondamentales de fonctionnement des différents modes de couplage et des conceptions des circuits magnétiques avec une référence particulière au phénomène homopolaire;
- les courants de défaut des réseaux dans les transformateurs avec couplage YNynd et similaires;
- la marche en parallèle des transformateurs, le calcul de la chute ou de l'augmentation de tension due à la charge et le calcul des pertes dues à la charge pour les combinaisons de charge à trois enroulements;
- la sélection des grandeurs assignées et des grandeurs de prises au moment de l'achat, en se basant sur les conditions prévisionnelles;
- l'application des transformateurs normaux à la charge par convertisseur;
- les techniques de mesure et de précision lors de la mesure des pertes.

Une partie de ces informations est de nature générale et est applicable à tous les transformateurs de puissance quelle que soit leur taille. D'autres chapitres traitent, cependant, des aspects du problème ne concernant que la spécification et l'utilisation des grandes unités à haute tension.

Les recommandations ne sont pas obligatoires et ne constituent pas en elles-mêmes des prescriptions de spécification.

Les informations relatives à la capacité de charge des transformateurs de puissance sont précisées dans la CEI 60354 pour les transformateurs immergés dans l'huile, et dans la CEI 60905 pour les transformateurs du type sec.

Des recommandations pour l'exécution des essais de choc sur les transformateurs de puissance sont fournies dans la CEI 60722.

#### 1.2 *Références normatives*

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(421):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 60076, *Transformateurs de puissance*

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60076-3:1980, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement et essais diélectriques*

CEI 60289:1988, *Bobines d'inductance*

CEI 60354:1991, *Guide de charge pour transformateurs de puissance immergés dans l'huile*

CEI 60722:1982, *Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manoeuvre des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance*

CEI 60905:1987, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

CEI 60909:1988, *Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif*

CEI 60909-1:1991, *Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif – Partie 1: Facteurs pour le calcul des courants de court-circuit dans les réseaux alternatifs triphasés conformément à la CEI 60909 (1988)*

CEI 60909-2:1992, *Matériel électrique – Données pour le calcul des courants de court-circuit conformément à la CEI 60909 (1988)*

CEI 61378-1:1997, *Transformateurs de conversion – Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles*

ISO 9001:1994, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception, développement, production, installation et prestations associées*

## **2 Propriétés caractéristiques des différentes combinaisons d'enroulements triphasés et conceptions des circuits magnétiques**

Ce chapitre est une vue d'ensemble du sujet. Des informations complémentaires sont fournies à l'article 4 relatif aux propriétés homopolaires.

### **2.1 Enroulements avec couplage Y, D et Z**

Il existe deux principaux couplages triphasés des enroulements de transformateur: le couplage étoile (couplage Y) et le couplage triangle (couplage D). Pour des buts spécifiques, notamment dans les transformateurs de petite puissance, un autre type de couplage appelé «couplage en zigzag» ou «Z» est aussi utilisé. Historiquement, plusieurs autres schémas ont été utilisés (triangle tronqué, triangle étendu, connexion en T, connexion en V, etc.). Tandis que de telles connexions sont utilisées dans les transformateurs pour applications spéciales, elles n'existent plus dans les réseaux de transmission de puissance et de distribution.

#### **2.1.1 Avantages de l'enroulement à couplage Y**

Ce type d'enroulement

- est plus économique pour un enroulement haute tension;
- a un point neutre disponible;
- permet la mise à la terre directe ou la mise à la terre à travers une impédance;
- permet de réduire le niveau d'isolation du neutre (isolation graduée);
- permet de loger les prises d'enroulement et les changeurs de prises à l'extrémité neutre de chaque phase;
- permet l'application d'une charge monophasée avec courant de neutre (voir 2.2 et 4.8).

### 2.1.2 Avantages de l'enroulement à couplage D

Ce type d'enroulement

- est plus économique pour un enroulement à courant fort et à basse tension;
- combiné avec un enroulement à couplage étoile, réduit l'impédance homopolaire dans cet enroulement.

### 2.1.3 Avantages de l'enroulement à couplage Z

Ce type d'enroulement

- peut recevoir une charge de courant de neutre avec une basse impédance homopolaire inhérente. (Il est utilisé dans les transformateurs de mise à la terre pour créer une borne neutre artificielle d'un réseau);
- réduit le déséquilibre de tension dans les réseaux où la charge n'est pas répartie également entre les phases.

## 2.2 Propriétés caractéristiques des combinaisons de couplages d'enroulements

La notation des couplages des enroulements de transformateur suit les conventions de la CEI 60076-1, article 6.

Ce paragraphe est un résumé du comportement au courant de neutre des différentes combinaisons d'enroulement. On fait référence à de telles conditions comme ayant des «composantes homopolaires» de courant et de tension. Les articles 4 et 5 traitent de ce concept.

Ces énoncés sont également valables pour les bancs triphasés de transformateurs monophasés couplés ensemble extérieurement.

### 2.2.1 YNyn et YNauto

Le courant homopolaire peut circuler entre les enroulements avec ampères-tours équilibrés, rencontrant une faible impédance de court-circuit dans le transformateur. Les transformateurs de réseaux dotés de telles connexions peuvent en outre être équipés d'un enroulement de stabilisation à couplage triangle (voir 4.7.2 et 4.8).

### 2.2.2 YNy et Yyn

Le courant homopolaire dans l'enroulement avec neutre mis à la terre n'a pas d'ampères-tours équilibrés dans l'enroulement opposé, dans lequel le neutre n'est pas mis à la terre. Il constitue donc un courant magnétisant pour le circuit magnétique et est contrôlé par une impédance magnétisante homopolaire. L'impédance est forte ou très forte, selon la conception du circuit magnétique (voir 2.3). La symétrie des tensions entre phase et neutre sera affectée et il peut exister des limitations du courant homopolaire permis provoquées par l'échauffement du flux de fuite parasite (voir 4.8).

### 2.2.3 YNd, Dyn, YNyd (tertiaire avec capacité de charge) ou YNy + d (enroulement de stabilisation en triangle sans capacité de charge)

Le courant homopolaire de l'enroulement en étoile avec neutre mis à la terre provoque un courant de circulation de compensation dans l'enroulement triangle. L'impédance est faible, approximativement égale à l'impédance directe de court-circuit entre les enroulements.

S'il existe deux enroulements en étoile avec neutres mis à la terre (y compris le cas de l'autotransformateur avec neutre commun), on trouve un cas d'application d'une charge à trois enroulements pour un courant homopolaire. Cette situation est traitée en 4.3.2 et en 4.7.2 et dans l'article 5.



### 2.2.4 *Yzn ou ZNy*

Le courant homopolaire dans l'enroulement en zigzag produit un équilibre d'ampères-tours inhérent entre les deux moitiés de l'enroulement sur chaque noyau et fournit une faible impédance de court-circuit.

### 2.2.5 *Bancs triphasés de grandes unités monophasées – utilisation d'un enroulement tertiaire à couplage triangle*

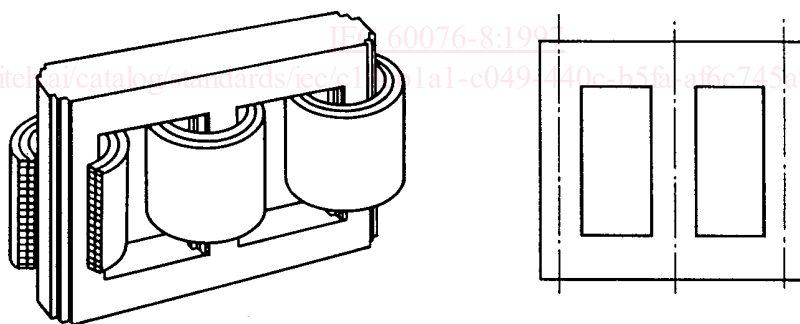
Dans certains pays, les transformateurs pour l'interconnexion des réseaux haute tension sont en général construits en bancs d'unités monophasées. Le coût, la masse et les pertes d'un tel banc sont supérieurs à ceux d'un transformateur triphasé correspondant (dans la mesure où il peut être réalisé). L'avantage du concept du banc est le coût relativement faible d'une quatrième unité de secours pouvant servir de réserve stratégique. Il se peut aussi que l'unité triphasée correspondante dépasse la limite de la masse d'expédition.

Les trois transformateurs monophasés apportent des circuits magnétiques indépendants, représentant une impédance très magnétisante pour une composante homopolaire de tension.

Il peut être nécessaire de prévoir un enroulement de stabilisation en triangle dans le banc ou encore d'avoir une puissance auxiliaire à relativement basse tension provenant d'un enroulement tertiaire. Cela peut être réalisé par une connexion extérieure barre omnibus entre unités de la station. La connexion externe représente un risque supplémentaire de défaut à la terre ou de court-circuit sur l'enroulement tertiaire combiné du banc.

### 2.3 *Différentes conceptions de circuits magnétiques*

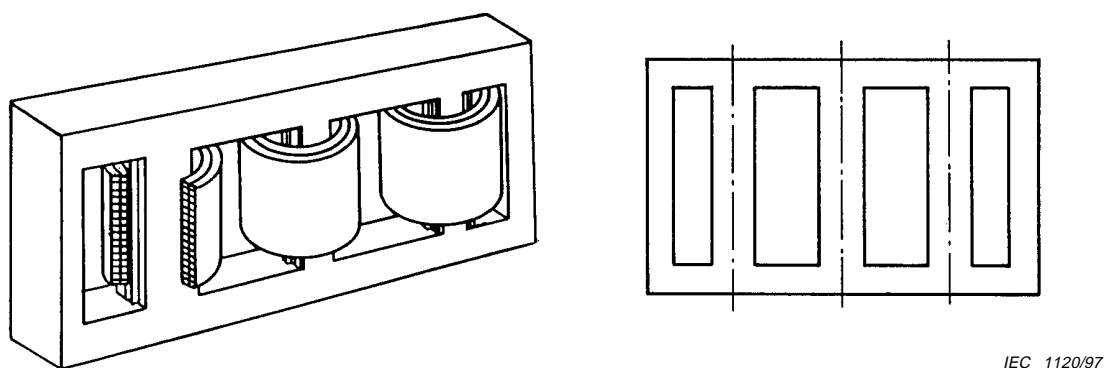
La conception du circuit magnétique la plus fréquente pour un transformateur triphasé est le circuit magnétique à trois colonnes (voir figure 1). Trois colonnes verticales parallèles sont reliées sur les parties inférieure et supérieure par des culasses horizontales.



IEC 1119/97

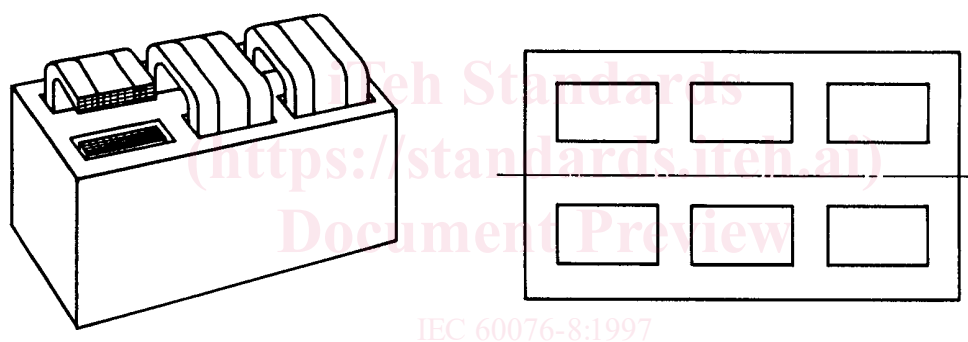
**Figure 1 – Circuit magnétique à trois colonnes**

Le circuit magnétique à cinq colonnes (voir figure 2) comporte trois colonnes bobinées et deux colonnes latérales non bobinées de section droite moins importante. Les culasses raccordant les cinq colonnes comportent aussi une section droite réduite si on la compare aux colonnes bobinées.



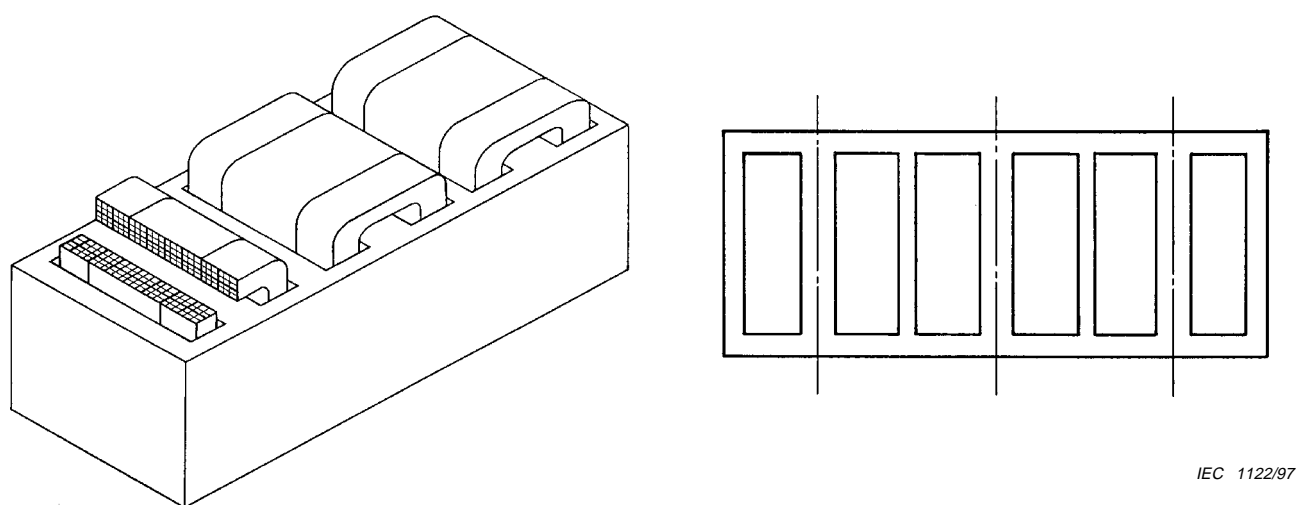
**Figure 2 – Circuit magnétique à cinq colonnes**

La conception conventionnelle cuirassée triphasée (voir figure 3) est formée d'un cadre doté de trois noyaux bobinés horizontaux et disposant d'une ligne centrale commune. Les noyaux en tôles magnétiques à l'intérieur des enroulements ont une section droite essentiellement rectangulaire et les parties adjacentes du circuit magnétique entourent les enroulements comme une cuirasse.



**Figure 3 – Circuit magnétique cuirassé triphasé conventionnel**

Un nouveau circuit magnétique triphasé cuirassé est le circuit à sept colonnes, dans lequel les noyaux bobinés sont orientés de manière différente (voir figure 4).



**Figure 4 – Circuit magnétique cuirassé triphasé à sept branches**

La principale différence entre ces conceptions qui doit être traitée ici réside dans leur comportement lorsqu'elles sont soumises à un ensemble de tensions triphasées déséquilibrées ayant une somme non nulle, c'est-à-dire ayant une composante homopolaire.

Cette condition peut aussi être décrite en commençant par le courant homopolaire sans équilibrage des ampères-tours dans tous les autres enroulements. Un tel courant apparaît comme un courant magnétisant pour le circuit magnétique et est contrôlé par l'impédance magnétisante à travers laquelle une chute de tension homopolaire se développe.

Les types habituels de circuits magnétiques se comportent comme indiqué ci-dessous.

### 2.3.1 *Circuit magnétique à trois colonnes*

Dans le transformateur à circuit magnétique à trois colonnes, les composantes de flux directe et inverse dans les noyaux bobinés (qui ont chacune une somme nulle à chaque instant) s'annulent via les culasses, mais le flux résiduel homopolaire doit trouver un chemin de retour en dehors des enroulements de culasse à culasse. Ce flux «fuite de culasse» externe voit une grande valeur de réluctance, et, pour une quantité de flux (une tension homopolaire appliquée donnée), une force magnétomotrice considérable (courant hautement magnétisant) est nécessaire. En termes de circuit électrique, le phénomène représente donc une impédance (magnétisante) homopolaire relativement faible. Cette impédance varie de façon non linéaire avec l'amplitude de la composante homopolaire.

Réciproquement, le courant homopolaire non compensé constitue un courant magnétisant qui est contrôlé par une impédance magnétisante homopolaire. Le résultat est une dissymétrie superposée de tensions phase-neutre, la composante homopolaire de tension.

Le flux de fuite de culasse homopolaire induit des courants de Foucault et de circulation dans le dispositif de serrage et dans la cuve, entraînant des pertes parasites supplémentaires dans ces constituants. Dans les enroulements, une augmentation des pertes par courants de Foucault provoquée par le flux anormalement parasité peut également se produire. Il existe des limitations dans l'amplitude permise du courant de neutre en service en longue période. Ce problème est évoqué en 4.8.

### 2.3.2 *Circuit magnétique à cinq colonnes ou circuit magnétique cuirassé*

Dans un transformateur à cinq colonnes ou dans un transformateur cuirassé, des chemins de retour existent pour le flux homopolaire par l'intermédiaire des parties non bobinées du circuit magnétique (jambes de retour de flux du circuit magnétique à cinq colonnes, parties extérieures du cadre de la cuirasse, et pour les circuits magnétiques cuirassés à sept branches, les deux branches non bobinées entre jambes bobinées). Le flux homopolaire voit une faible réluctance magnétisante équivalente à une impédance fortement magnétisante similaire à celle d'une tension directe normale. Cela s'applique jusqu'à une certaine limite où les parties non bobinées du circuit magnétique atteignent la saturation. De plus, l'inductance chute, donnant lieu à un courant déformé en pointe.

Un banc triphasé de transformateurs monophasés réagit de la même manière. Les circuits magnétiques sont séparés et indépendants quelle que soit la tension de service appliquée.

A cause du phénomène décrit ci-dessus, il est habituel d'équiper de tels transformateurs ou bancs de transformateurs d'enroulements de stabilisation à couplage triangle (voir article 4).

## **3 Propriétés caractéristiques et application aux autotransformateurs**

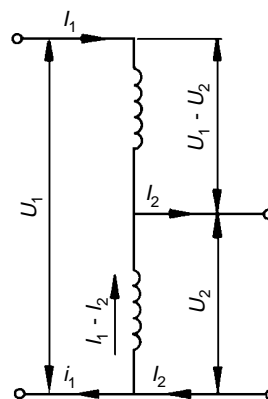
3.1 Par définition, un autotransformateur est un transformateur dont au moins deux enroulements ont une partie commune (voir 3.1.2 de la CEI 60076-1).

Le schéma unifilaire de la figure 5 représente un autotransformateur à deux enroulements. Le côté haute tension du transformateur (représenté par  $U_1, I_1$  dans la figure) est composé de l'enroulement commun ainsi que de l'enroulement série. Le côté basse tension ( $U_2, I_2$ ) n'est composé que de l'enroulement commun. La haute et la basse tension sont électriquement connectées.

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 = S$$

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1} = \frac{I_2 - I_1}{I_2} = \alpha$$

$$(U_1 - U_2) I_1 = U_2 (I_2 - I_1) = \alpha S$$



IEC 1123/97

Figure 5 – Autotransformateur, schéma unifilaire

### 3.2 Le facteur de réduction ou le facteur de l'autotransformateur $\alpha$

Pour la même puissance traversante, l'autotransformateur est physiquement plus petit et ses pertes sont plus faibles qu'un transformateur à enroulements séparés. Plus le rapport de transformation est proche de l'unité, plus l'économie relative est grande. Les deux enroulements (série et commun) représentent l'équivalent des puissances assignées ou, en d'autres termes, l'équilibrage des ampères-tours. Les relations décrites à la figure 5 expliquent immédiatement le facteur de réduction  $\alpha$  de la connexion en autotransformateur. Si  $S$  est la puissance assignée des enroulements autoconnectés, écrite sur la plaque signalétique, le transformateur est équivalent, eu égard aux dimensions et masses physiques, à un transformateur à enroulements séparés ayant une puissance assignée  $\alpha \times S$ . Cela se rapporte souvent à des expressions telles que puissance assignée intrinsèque ou puissance assignée équivalente à deux enroulements.

#### Exemple

Un autotransformateur 420/240 kV, 300 MVA est comparable à un transformateur à enroulements séparés ayant une puissance assignée de

$$((420 - 240)/420) \times 300 = 129 \text{ MVA}$$

Si le transformateur est en outre fourni avec un enroulement séparé à couplage triangle d'une puissance assignée de 100 MVA (YNauto d 300/300/100 MVA), la puissance de dimensionnement équivalente à deux enroulements sera donc de

$$(129 + 129 + 100)/2 = 179 \text{ MVA}$$

### 3.3 Impédance de court-circuit et effets du flux de fuite

L'impédance de court-circuit d'un transformateur peut être décrite physiquement en termes de puissance réactive dans le champ de fuite, puissance qui à son tour dépend de la taille physique et de la géométrie des enroulements.

Pour un autotransformateur de dimensions réduites, la puissance réactive dans le champ de fuite est naturellement inférieure à celle d'un transformateur à enroulements séparés de même puissance assignée. Son impédance exprimée en pourcentage sera donc proportionnellement plus faible. Le facteur de l'autotransformateur  $\alpha$  fait également partie de l'évaluation de l'impédance de court-circuit exprimée en pourcentage.

Cependant, on peut aussi observer que, si l'impédance exprimée en pourcentage d'un autotransformateur est spécifiée avec une valeur élevée (dans le but d'une limitation de l'amplitude du courant de défaut du côté réseau secondaire), ce transformateur sera, sur le plan de la conception, physiquement une petite unité avec un champ de fuite particulièrement important. Cela se traduira par des pertes supplémentaires élevées (pertes par courants de Foucault dans les enroulements aussi bien que pertes dues au flux de fuite dans les parties mécaniques) et même par de possibles effets de saturation dus à la circulation des flux de fuite en partie au travers du circuit magnétique. De tels effets restreindraient la capacité de charge de l'unité au-dessus des conditions assignées, mais cela n'est pas mis en évidence par des essais normaux.

Le guide de charge pour transformateurs de puissance, CEI 60354, prend en compte ces phénomènes quand il sépare les transformateurs de puissance en grande et en moyenne puissance. Les autotransformateurs doivent être classifiés suivant leur puissance assignée équivalente, et leur impédance correspondante exprimée en pourcentage, à la place des valeurs écrites sur la plaque signalétique.

### 3.4 Restrictions du réseau, coordination de l'isolement

La connexion électrique directe entre les réseaux primaire et secondaire (triphasés) implique qu'ils auront un point neutre commun et que le couplage triphasé du transformateur est en étoile. En pratique, les réseaux seront effectivement normalement reliés à la terre et le point neutre de l'autotransformateur sera en général spécifié pour un niveau d'isolement réduit.

- S'il faut que le neutre du transformateur soit relié à la terre directement, le niveau d'isolement nécessaire est très faible (voir 5.5.2 de la CEI 60076-3).
- En variante, il peut être prévu que tous les neutres de plusieurs transformateurs ne soient pas directement mis à la terre pour réduire les courants de défauts à la terre éventuels. Les neutres non reliés à la terre seront cependant habituellement équipés d'un parafoudre pour les protéger contre les chocs transitoires. La tension assignée du parafoudre spécifié et le niveau d'isolement du neutre seront en coordination avec la tension à fréquence industrielle du réseau apparaissant au neutre isolé de la terre pendant un défaut à la terre de réseau.
- Dans les réseaux à très haute tension dotés de longues lignes aériennes, la possibilité d'un réenclenchement unipolaire peut être améliorée par la mise à la terre d'une bobine d'inductance spécialement accordée. Cela nécessite une isolation relativement élevée du neutre du transformateur, qui est connecté via la bobine d'inductance d'accord à la terre.

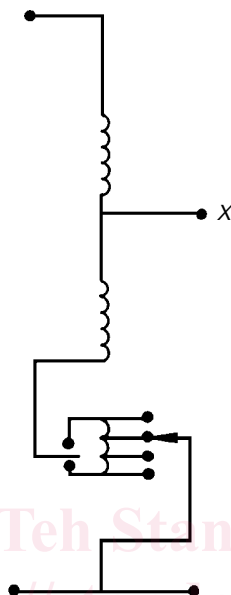
Du point de vue de la conception, les enroulements série d'un autotransformateur posent parfois des difficultés pour l'isolement longitudinal de l'enroulement. Il est supposé que la borne X, borne de ligne du côté basse tension, reste à un faible potentiel à l'incidence d'une surtension transitoire sur la borne de ligne côté haute tension. La contrainte correspondant à l'intégralité du niveau d'isolement au choc du côté haute tension ne sera donc distribuée que le long de l'enroulement série. Cela représente une tension correspondante entre spires plus élevée, si on la compare à la surtension du niveau d'isolement au choc du côté basse tension, distribuée le long de l'enroulement commun.

### 3.5 Réglage de tension dans les autotransformateurs d'interconnexion de réseaux

La variation du rapport de transformation d'un autotransformateur peut être obtenue de différentes façons. Certaines d'entre elles suivent les principes sous-jacents de 5.1 de la CEI 60076-1. D'autres ne suivent pas ces principes car le nombre des spires effectives est modifié simultanément dans les deux enroulements.

Les prises de réglage seront arrangées soit du côté neutre, soit au point de jonction entre les enroulements commun et série (point commun) (voir figure 6).

### 3.5.1 Prises de réglage au neutre



iTeh Standards  
(<https://standards.i-teh.ai>)  
Document Preview

IEC 1124/97

Le réglage au neutre augmente et diminue le nombre des spires simultanément dans les enroulements haute tension et basse tension mais le rapport entre les enroulements change. Ce type de réglage sera inefficace lorsqu'il nécessitera beaucoup de spires de réglage pour une étendue spécifiée de variation du rapport de transformation. Les volts par spire dans le transformateur varieront donc considérablement le long de l'étendue du réglage (flux variable); le phénomène devient plus prononcé plus le rapport de transformation est proche de l'unité (faible valeur de  $\alpha$ ). Cela doit être couvert par un surdimensionnement correspondant du circuit magnétique. Il en résultera alors des échelons inégaux de tension.

L'avantage évident du réglage au neutre est que l'enroulement de réglage et le changeur de prises seront près du potentiel du neutre et ne nécessiteront qu'un faible niveau d'isolement par rapport à la terre.

**Figure 6 – Spires de réglage au neutre commun**

### 3.5.2 Prise de réglage à la borne X

Pour que le réglage soit organisé au point commun dans le transformateur (la borne de ligne du côté basse tension), il faut que l'enroulement à prises et les changeurs de prises soient conçus avec le niveau d'isolement de la borne X. Ils seront immédiatement exposés à des surtensions transitoires à front raide provenant de chocs de foudre ou de manoeuvre. La figure 7 décrit un certain nombre d'arrangements possibles.