

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61378-3

Première édition
First edition
2006-04

Transformateurs de conversion –

**Partie 3:
Guide d'application**

Converter transformers –

**Part 3:
Application guide**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61378-3:2006

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)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (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) 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
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61378-3

Première édition
First edition
2006-04

Transformateurs de conversion –

**Partie 3:
Guide d'application**

Converter transformers –

**Part 3:
Application guide**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, 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 Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XC**

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	10
1 Domaine d'application	16
2 Références normatives.....	16
3 Termes et définitions	18
4 Symboles et abréviations.....	18
5 Caractéristiques assignées.....	20
6 Configurations d'enroulement	20
6.1 Généralités.....	20
6.2 Applications industrielles	24
6.3 Applications CCHT	32
7 Prises de réglage et impédances – Applications CCHT.....	38
7.1 Valeur de l'impédance	38
7.2 Variabilité de l'impédance.....	38
8 Aspects liés à l'isolation et essais diélectriques.....	40
8.1 Systèmes d'isolation hybrides	40
8.2 Essais diélectriques	44
9 Pertes	52
9.1 Généralités.....	52
9.2 Essais thermiques.....	74
10 Noyau et aspects liés au niveau de bruit	76
10.1 Noyau	76
10.2 Niveau de bruit.....	78
11 Spécification du transformateur.....	82
11.1 Généralités.....	82
11.2 Spécification technique contre spécifications fonctionnelles	84
11.3 Spécifications de transformateurs CCHT	84
11.4 Notes et commentaires relatifs aux éléments des spécifications à fournir séparément par l'acheteur et le fournisseur	86
11.5 Informations exigées du fournisseur	86
11.6 Assurance qualité et programme d'essai	94
11.7 Disponibilité et mesures permettant de réduire le temps d'arrêt de service	94
11.8 Informations à fournir par l'acheteur ou par le concepteur du réseau	94
12 Considérations relatives au court-circuit	112
13 Eléments constitutifs	120
13.1 Changeurs de prises en charge	120
13.2 Traversées du côté valve	122
14 Maintenance.....	130
14.1 Généralités.....	130
14.2 Huile	132
14.3 Qualité de l'isolation.....	134
14.4 Changeurs de prises	144
14.5 Accessoires et dispositifs	146

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	17
2 Normative references	17
3 Terms and definitions	19
4 Symbols and abbreviations.....	19
5 Rating data.....	21
6 Winding configurations	21
6.1 General	21
6.2 Industrial applications.....	25
6.3 HVDC applications	33
7 Tappings and impedances – HVDC applications.....	39
7.1 Value of impedance.....	39
7.2 Variability of impedance	39
8 Insulation aspects and dielectric tests	41
8.1 Hybrid insulation systems.....	41
8.2 Dielectric tests	45
9 Losses.....	53
9.1 General	53
9.2 Thermal tests	75
10 Core and sound aspects.....	77
10.1 Core.....	77
10.2 Sound.....	79
11 Transformer specification.....	83
11.1 General	83
11.2 Technical specification versus functional specifications.....	85
11.3 HVDC transformer specifications.....	85
11.4 Notes and comments on specification items to be provided individually by purchaser and supplier.....	87
11.5 Information to be provided by the supplier.....	87
11.6 Quality assurance and test programme	95
11.7 Availability and measures to minimize service downtime	95
11.8 Information to be provided by the purchaser or by the system designer.....	95
12 Short circuit considerations	113
13 Components	121
13.1 On-load tap-changers.....	121
13.2 Valve-side bushings	123
14 Maintenance.....	131
14.1 General	131
14.2 Oil.....	133
14.3 Insulation quality	135
14.4 Tap-changers	145
14.5 Accessories and fittings.....	147

15	Surveillance	148
15.1	Généralités.....	148
15.2	Transformer condition assessment in service	148
15.3	Types de dispositifs de surveillance	150
15.4	Résumé.....	158
	Bibliographie.....	160
	Figure 1 – Montage de pont hexaphasé	22
	Figure 2 – Montage de pont dodécaphasé	22
	Figure 3 – Couplages de transformateur en étoile-delta et étoile-étoile ou en remplacement en delta-delta et delta-étoile pour donner une séparation de 30 degrés électriques entre les tensions du côté valve.....	22
	Figure 4 – Décalage de phase de 15° réalisé de préférence par couplage en zigzag ou en delta étendu.....	24
	Figure 5 – Montage de bobines d'inductance auto-saturées.....	26
	Figure 6 – Concept d'autotransformateur pour phases ouvertes.....	28
	Figure 7 – Concept d'autotransformateur classique pour phases fermées, avec régulation grossière et fine pour de petits échelons de régulation	28
	Figure 8 – Dispositif survolteur pour concept d'autotransformateur pour phases fermées, avec réglage grossier et fin pour de petits échelons de régulation.....	30
	Figure 9 – Couplage en delta avec enroulements à prise.....	30
	Figure 10 – Conception à deux enroulements avec enroulement à prise	32
	Figure 11 – Deux dispositions de base des enroulements d'un transformateur à deux enroulements.....	34
	Figure 12 – Impédance mutuelle.....	38
	Figure 13 – Modèle d'impédance type.....	40
	Figure 14 – Composants d'un système d'isolation d'un transformateur de conversion industriel type	42
	Figure 15 – Système d'isolation, circuit R-C équivalent.....	46
	Figure 16 – Répartition des tensions avant et immédiatement après inversion de la polarité.....	48
	Figure 17 – Conversion c.a./c.c. – Schéma simplifié	50
	Figure 18 – Champs de fuite pour transformateur à trois enroulements avec enroulements de valve à couplage serré.....	62
	Figure 19 – Champs de fuite pour un transformateur à trois enroulements avec enroulements de valve sans couplage	64
	Figure 20 – Champs de fuite pour un transformateur à trois enroulements avec enroulements de valve biconcentriques à couplage lâche	66
	Figure 21 – Champs de fuite pour un transformateur à trois enroulements avec enroulements de valve double étage à couplage lâche	68
	Figure 22 – Etats de défaut de court-circuit.....	114
	Figure 23 – Disposition des traversées des valves.....	126
	Figure 24 – Exemples de champs électriques c.a, c.c. et combinés adjacents aux traversées CCHT et systèmes d'isolation électriques associés.....	128
	Tableau 1 – Disposition des deux enroulements	34

15 Monitoring	149
15.1 General	149
15.2 Transformer condition assessment in service	149
15.3 Types of monitor	151
15.4 Summary	159
 Bibliography	 161
 Figure 1 – Bridge connection for six-pulse arrangement	 23
Figure 2 – Bridge connection for twelve-pulse arrangement	23
Figure 3 – Transformer connections star-delta and star-star or alternatively, delta-delta and delta-star to give a 30 electrical degree separation between the valve-side voltages	23
Figure 4 – 15° phase shifting is preferably realized by extended delta or zigzag connection	25
Figure 5 – Connection of self-saturated reactors	27
Figure 6 – Autotransformer concept for open phases	29
Figure 7 – Conventional autotransformer concept for closed phases with coarse and fine regulation for small regulating steps	29
Figure 8 – Booster arrangement for autotransformer concept for closed phases with coarse and fine regulation for small regulating steps	31
Figure 9 – Delta connection with tapped windings	31
Figure 10 – Two winding design with tapped winding	33
Figure 11 – Two basic arrangements of the individual windings of a two-winding transformer	35
Figure 12 – Mutual impedance	39
Figure 13 – Typical impedance pattern	41
Figure 14 – Components of a typical industrial converter transformer insulating system	43
Figure 15 – Insulation system, equivalent R-C circuit	47
Figure 16 – Voltage distribution before and immediately after polarity reversal	49
Figure 17 – AC/DC conversion – Simplified sketch	51
Figure 18 – Leakage fields for a three-winding transformer with closely coupled valve windings	63
Figure 19 – Leakage fields for a three-winding transformer with decoupled valve windings	65
Figure 20 – Leakage fields for a three winding transformer with loosely coupled double concentric valve windings	67
Figure 21 – Leakage fields for a three winding transformer with loosely coupled double-tier valve windings	69
Figure 22 – Short-circuit fault conditions	115
Figure 23 – Arrangement of valve bushings	127
Figure 24 – Examples of a.c., d.c. and combined electric field dispositions adjacent to HVDC bushings and associated electric insulation systems	129
 Table 1 – Arrangements of two windings	 35