NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61378-2

Première édition
First edition
2001-02

Transformateurs de conversion –

Partie 2:
Transformateurs pour applications CCHT

Convertor transformers –

Part 2:
Transformers for HVDC applications

© IEC 2001 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 Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE S

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 6

Articles

1 Généralités 10
1.1 Domaine d'application 10
1.2 Conditions en service 10
2 Références normatives 10
3 Définitions 12
4 Liste des variables 14
5 Régimes assignés 16
5.1 Généralités 16
5.2 Tension assignée 16
5.3 Courant assigné 16
5.4 Fréquence assignée 16
5.5 Puissance assignée 16
6 Tolérances 16
6.1 Généralités 16
6.2 Tolérances d'impédance de court-circuit 16
6.3 Garanties 18
7 Pertes 18
7.1 Généralités 18
7.2 Perte à vide 18
7.3 Pertes dues à la charge dans des conditions de fréquence industrielle assignée 18
7.4 Pertes dues à la charge dans des conditions en service 20
7.5 Détermination de la température en un point chaud 22
8 Niveaux d'isolement 22
8.1 Enroulements de ligne 22
8.2 Enroulements de valves 22
8.3 Niveau de tension induite avec mesures de décharges partielles 24
9 Niveau acoustique 24
9.1 Généralités 24
9.2 Niveaux de puissance acoustique garantis 24
9.3 Puissance acoustique sur le lieu d'implantation 26
10 Essais 26
10.1 Généralités 26
10.2 Essais 26
10.3 Mesures des pertes dues à la charge 28
10.4 Essais diélectriques en usine 30
10.5 Essai d'échauffement 36
10.6 Essai de courant de charge 40
10.7 Détermination du niveau de puissance acoustique du transformateur 40
11 Modélisation à haute fréquence 40

CONTENTS

Page

FOREWORD 7

Clause

1 General 11
1.1 Scope 11
1.2 Service conditions 11
2 Normative references 11
3 Definitions 13
4 List of variables 15
5 Ratings 17
5.1 General 17
5.2 Rated voltage 17
5.3 Rated current 17
5.4 Rated frequency 17
5.5 Rated power 17
6 Tolerances 17
6.1 General 17
6.2 Short-circuit impedance tolerances 17
6.3 Guarantees 19
7 Losses 19
7.1 General 19
7.2 No-load loss 19
7.3 Load loss under rated power-frequency conditions 19
7.4 Load loss under service conditions 21
7.5 Determination of hot-spot temperature 23
8 Insulation levels 23
8.1 Line windings 23
8.2 Valve windings 23
8.3 Induced voltage level with partial discharge measurements 25
9 Sound level 25
9.1 General 25
9.2 Guaranteed sound-power levels 25
9.3 Sound-power level at site 27
10 Testing 27
10.1 General 27
10.2 Tests 27
10.3 Load-loss measurements 29
10.4 Factory dielectric tests 31
10.5 Temperature-rise test 37
10.6 Load-current test 41
10.7 Determination of transformer sound-power level 41
11 High-frequency modelling 41

Articles Pages

12 Charge du transformateur supérieure aux caractéristiques assignées 40
13 Traversées 40
13.1 Traversées à courant alternatif 40
13.2 Traversées d'enroulement de valve 40
14 Changeur de prise 42
14.1 Généralités 42
14.2 Forme d'onde de courant 42

Bibliographie 44

Figure 1 – Profil de tolérances d'impédance de court-circuit pour gammes de prises ≤30 % 18
Figure 2 – Profil de tension d'essai à inversion double 34

Tableau 1 – Conditions d'essai pour transformateurs à trois enroulements 38

Clause Page

12 Loading of transformer above rating 41
13 Bushings 41
13.1 AC bushings 41
13.2 Valve winding bushings 41
14 Tap-changer 43
14.1 General 43
14.2 Current wave shape 43

Bibliography 45

Figure 1 – Profile of short-circuit impedance tolerances for tapping ranges ≤30 % 19
Figure 2 – Double reversal test voltage profile 35

Table 1 – Test conditions for three-winding transformers 39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

TRANSFORMATEURS DE CONVERSION –

Partie 2: Transformateurs pour applications CCHT

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, spécifications techniques, 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 61378-2 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/384/FDIS	14/386/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

La CEI 61378 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Transformateurs de conversion:

– Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles;
– Partie 2: Transformateurs pour applications CCHT;
– Partie 3: Guide d'application (à l'étude).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

CONVERTOR TRANSFORMERS –

Part 2: Transformers for HVDC applications

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61378-2 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
14/384/FDIS	14/386/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

IEC 61378 consists of the following parts, under the general title: Convertor transformers:

– Part 1: Transformers for industrial applications;
– Part 2: Transformers for HVDC applications;
– Part 3: Application guide (under consideration).

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

TRANSFORMATEURS DE CONVERSION –

Partie 2: Transformateurs pour applications CCHT

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61378 s'applique aux transformateurs de conversion immergés dans l'huile triphasés et monophasés utilisés pour la transmission de puissance CCHT. Elle s'applique aux transformateurs possédant deux, trois ou de multiples enroulements.

La présente norme ne s'applique pas aux

– transformateurs de conversion pour applications industrielles (voir CEI 61378-1);
– transformateurs de conversion pour applications de traction (voir CEI 60310).

1.2 Conditions en service

1.2.1 Généralités

Les transformateurs de conversion régis par cette norme doivent se conformer aux conditions en service indiquées dans la CEI 60076-1, sauf lorsqu'elle n'est manifestement pas applicable aux transformateurs de conversion ou lorsque d'autres prescriptions sont spécifiées ici. Sauf spécification contraire, on suppose que le transformateur fonctionne dans un système triphasé approximativement symétrique.

1.2.2 Température

Si une quelconque partie du transformateur (par exemple les traversées de valve) dépasse dans le hall de valve, la température maximale dans le hall de valve doit être spécifiée en plus de la température normale ambiante.

1.2.3 Courant de charge

Les courants parcourant les transformateurs contiennent des harmoniques. Les courants continus résiduels parcourent aussi les enroulements de valves. Le fournisseur doit obtenir l'information sur le résidu harmonique et l'amplitude des courants continus résiduels dans le cadre de demandes de renseignements et il doit en obtenir la confirmation au cours de la phase du contrat.

1.2.4 Sens de l'écoulement de puissance

Sauf spécification contraire, le transformateur doit être conçu à la fois pour le fonctionnement du redresseur et celui de l'onduleur.

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 partie de la CEI 61378. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61378 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CONVERTOR TRANSFORMERS –

Part 2: Transformers for HVDC applications

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 61378 applies to oil-immersed three-phase and single-phase convertor transformers for use in HVDC power transmission. It applies to transformers having two, three or multiple windings.

This standard does not apply to

– convertor transformers for industrial applications (see IEC 61378-1);
– convertor transformers for traction applications (see IEC 60310).

1.2 Service conditions

1.2.1 General

Convertor transformers in this standard shall comply with the service conditions stated in IEC 60076-1, except where it is clearly not applicable to convertor transformers or when other requirements are specified herein. It is assumed that the transformer operates in an approximately symmetrical three-phase system, unless otherwise stated.

1.2.2 Temperature

If any part of the transformer (for example, the valve bushings) protrudes into the valve hall, the maximum temperature in the valve hall shall be specified in addition to the normal ambient temperature.

1.2.3 Load current

The currents flowing through the transformers contain harmonics. Residual d.c. currents also flow through the valve windings. The supplier shall be provided with the harmonic content and the magnitude of the residual d.c. currents in the enquiry and have it confirmed during the contract stage.

1.2.4 Direction of power flow

Unless otherwise specified, the transformer shall be designed for both rectifier and inverter operation.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61378. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61378 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

CEI 60076-2:1993, *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 60076-5:1976, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

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

CEI 60076-10, —, *Transformateurs de puissance - Détermination des niveaux de bruit* [1)]

CEI 60137:1995, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

CEI 60146-1-1:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI/TR 60146-1-2:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2: Guide d'application*

CEI 60214:1989, *Changeurs de prises en charge*

CEI 60270: —, *Mesure des décharges partielles* [1)]

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

CEI 60567:1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

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

---

1) A publier.

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:1976, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short-circuit*

IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide*

IEC 60076-10:—, *Power transformers and reactors – Part 10: Determination of sound levels* [1)]

IEC 60137:1995, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC/TR 60146-1-2:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-2: Application guide*

IEC 60214:1989, *On-load tap-changers*

IEC 60270:—, *Partial discharge measurements* [1)]

IEC 60354:1991, *Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60567:1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

IEC 61378-1:1997, *Convertor transformers – Part 1: Transformers for industrial application*

---

1) To be published.