# IEC 62695

Edition 1.0 2014-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

colour inside

## Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

## Applications ferroviaires – Installations fixes – Transformateurs de traction



IEC 62695:2014-07(en-fr)



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**

**Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland**

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.



IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch


**About the IEC**
The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

**About IEC publications**
The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

**IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue**
The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

**IEC publications search - www.iec.ch/searchpub**
The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

**IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished**
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

**Electropedia - www.electropedia.org**
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

**IEC Glossary - std.iec.ch/glossary**
More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

**IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc**
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

---

**A propos de l'IEC**
La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

**A propos des publications IEC**
Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

**Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue**
Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

**Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub**
La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

**IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished**
Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

**Electropedia - www.electropedia.org**
Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

**Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary**
Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

**Service Clients - webstore.iec.ch/csc**
Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

# IEC 62695

Edition 1.0 2014-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

colour inside

## Railway applications – Fixed installations – Traction transformers

## Applications ferroviaires – Installations fixes – Transformateurs de traction

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XA

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1645-3

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.**
**Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

FOREWORD ..... 5
INTRODUCTION ..... 7
1 Scope ..... 8
2 Normative references ..... 8
3 Terms, definitions and symbols ..... 9
3.1 Terms and definitions ..... 9
3.2 Symbols ..... 14
4 Service conditions ..... 15
5 General requirements for a traction transformer ..... 16
5.1 Loading ..... 16
5.1.1 General ..... 16
5.1.2 Rated current ..... 17
5.1.3 Rated current of accessories ..... 17
5.2 Checking of the capability of the transformer to sustain the stipulated load cycle ..... 17
5.2.1 General ..... 17
5.2.2 Temperature rise measurement for liquid immersed transformers ..... 18
5.2.3 Temperature rise measurement for dry-type transformers ..... 18
5.2.4 Alternative criteria for determining temperature rise limits ..... 18
5.3 Transferred overvoltages ..... 19
5.4 Short circuit stresses ..... 19
5.4.1 General ..... 19
5.4.2 Short circuit withstand (when applicable) ..... 19
5.5 Insulation characteristics and test values ..... 20
5.6 Other particular features ..... 20
5.7 Requirements for the simulation test ..... 21
5.8 Rating plate ..... 21
6 Directly-coupled traction transformer ..... 22
6.1 General ..... 22
6.2 Dielectric tests for windings with $U_m < 300$ kV ..... 22
6.2.1 General ..... 22
6.2.2 Applied voltage test (routine test) ..... 22
6.2.3 Lightning impulse test (type test) ..... 22
6.2.4 Induced overvoltage withstand test (routine test) ..... 23
6.3 Dielectric tests for windings with $U_m \geq 300$ kV ..... 23
6.3.1 General ..... 23
6.3.2 Applied voltage test (routine test) ..... 23
6.3.3 Lightning impulse test (routine test) ..... 23
6.3.4 Switching impulse test (routine test) ..... 23
6.3.5 Induced overvoltage withstand test (routine test) ..... 23
7 Traction converter transformers ..... 24
7.1 General ..... 24
7.2 Short-circuit impedance and load loss ..... 25
7.2.1 Total load loss calculation ..... 25
7.2.2 Impedance ..... 25
7.3 Tolerances ..... 26

8 Auxiliary transformers ..... 27
9 Traction auto-transformers ..... 27
9.1 General ..... 27
9.2 Loading ..... 29
9.3 Checking of the capability of the auto-transformer to sustain the stipulated load cycle ..... 29
9.4 Short-circuit stresses ..... 29
10 Three-phase to two-phase conversion transformers ..... 29
10.1 General ..... 29
10.2 Scott connection transformer ..... 30
10.2.1 General ..... 30
10.2.2 Loading ..... 31
10.2.3 Checking of the capability of the Scott connection transformer to sustain the stipulated load cycle ..... 31
10.2.4 Short-circuit stresses ..... 31
10.3 Modified Woodbridge transformer ..... 31
10.3.1 General ..... 31
10.3.2 Loading ..... 34
10.3.3 Checking of the capability of the modified Woodbridge transformer to sustain the stipulated load cycle ..... 34
10.3.4 Short-circuit stresses ..... 34
10.4 Roof-delta connection transformer ..... 34
10.4.1 General ..... 34
10.4.2 Loading ..... 36
10.4.3 Checking of the capability of the roof-delta connection transformer to sustain the stipulated load cycle ..... 36
10.4.4 Short-circuit stresses ..... 36
11 Other traction transformers ..... 37
11.1 General ..... 37
11.2 Booster transformer ..... 37
11.3 Scalene Scott connection transformer ..... 37
Annex A (informative) Preferred duty classes ..... 39
Annex B (normative) Insulation characteristics and test values ..... 44
Annex C (normative) Determination of losses and of equivalent current by means of alternative methods ..... 45
C.1 General ..... 45
C.2 Definition of symbols used in loss calculation ..... 45
C.3 Ratios between rated current and rated service current for traction converter transformers ..... 45
C.4 Calculation of load losses based on loss measurements at two different frequencies for oil immersed transformers ..... 48
C.5 Calculation of load losses based on two frequencies for dry type transformers ..... 49
Annex D (informative) Evaluation of traction transformer behaviour ..... 50
D.1 Evaluation of losses ..... 50
D.2 Magnetic information ..... 50
Annex E (informative) Information for tenders and orders ..... 51
E.1 Information to be provided in a tender enquiry ..... 51
E.1.1 General ..... 51
E.1.2 Characteristics ..... 51
E.1.3 Service conditions ..... 51

E.1.4 Auxiliaries ..... 52
E.1.5 Operation and fitting ..... 52
E.1.6 Tests ..... 52
E.2 Information to be provided in a tender ..... 52
Bibliography ..... 53

Figure 1 – Example of scheme for connection Dd0y11 with earthed screen ..... 22
Figure 2 – Typical arrangement of a traction auto-transformer ..... 28
Figure 3 – Vector groups of traction auto-transformers ..... 28
Figure 4 – Connection of Scott connection transformers ..... 30
Figure 5 – Connection of modified Woodbridge transformers ..... 32
Figure 6 – Phase A currents on modified Woodbridge transformer ..... 33
Figure 7 – Phase B currents on modified Woodbridge transformer ..... 33
Figure 8 – Connection of roof-delta connection transformers ..... 35
Figure 9 – Phase currents on roof-delta connection transformer ..... 36
Figure 10 – Booster transformer ..... 37
Figure 11 – Scalene Scott connection transformer ..... 38
Figure A.1 – Test cycle for duty classes IA to IF ..... 40
Figure A.2 – Test cycle for duty classes V, VI, VII ..... 41
Figure A.3 – Test cycle for duty classes VIII, IX and JP ..... 42
Figure A.4 – Test cycle for duty class CN ..... 43
Figure C.1 – Service current versus fundamental current ..... 48

Table 1 – Tolerances for voltage ratio and impedances of traction converter transformers ..... 26
Table A.1 – Preferred duty classes ..... 39
Table B.1 – Insulation voltages and test values ..... 44
Table C.1 – Connections of converter transformers ..... 46
Table C.2 – Main harmonic contents for various converter connections ..... 47
Table C.3 – Service current over rated current ..... 47

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – TRACTION TRANSFORMERS

## FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62695 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is derived from EN 50329:2003 and its amendment 1(2010).

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

| FDIS | Report on voting |
|---|---|
| 9/1916FDIS | 9/1943/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 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

# INTRODUCTION

Transformers used in fixed installations of traction systems differ from other transformers. The transformer standards of IEC technical committee 14 deal mainly with three-phase transformers or single-phase units assembled to a three-phase bank.

Application of such standards to single- or bi-phase transformers as used in traction systems is not evident.

Moreover, IEC 61378-1 deals with converter transformers for industrial use which have loading characteristics different from traction transformers for converters.

Therefore, this standard is set up to clarify the particular aspects of traction transformers.

# RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – TRACTION TRANSFORMERS

## 1 Scope

This International Standard covers specific characteristics of traction transformers as defined in 3.1.1, used in traction substations or along the track for the supply of power to a.c. and d.c. traction systems or to provide power to auxiliary services. Traction transformers are either

– single-phase traction transformers, or
– three-phase to two-phase traction transformers, or
– single-, three- or poly-phase rectifier-transformers or converter-/inverter-transformers for d.c. or a.c. traction systems, or
– single phase auto-transformers for traction power supply, or
– single-phase booster transformers, or
– single- or three-phase auxiliary transformers at traction supply voltage.

Traction transformers are generally covered by the Standards of the IEC 60076 series. The requirements given in IEC 60076 apply together with the additional requirements given in this standard.

Dependent on the selected technology specific parts of IEC 60076 apply:

– IEC 60076-1: Oil immersed transformers
– IEC 60076-11: Dry-type transformers
– IEC 60076-15: Gas-filled transformers

For transformers feeding contact lines through static converters IEC 61378-1 may assist, but modified or additional requirements are given in this standard.

Transformers mounted on-board traction vehicles are covered by IEC 60310 and are excluded from the scope of this standard.

Electromagnetic compatibility is ruled by IEC 60076-1, which states that a transformer may be considered a passive element in this respect. Some accessories, however, are subject to EMC requirements given in IEC 62236-5.

## 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2:2011, *Power transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers*

IEC 60076-3:2013, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:2006, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-7:2005, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60076-11:2004, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60076-12:2008, *Power transformers – Part 12: Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 60076-14:2013, *Power transformers – Part 14: Liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials*

IEC 60076-15:2008, *Power transformers – Part 15: Gas-filled power transformers*

IEC TR 60146-1-2:2011, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60850:2007, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61000-2-12:2003, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 2-12: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems*

IEC 61378-1:2011, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications*

IEC 62497-1:2010, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62498-2:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations*

IEC 62505-1:2009, *Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear – Part 1: Single-phase circuit-breakers with $U_m$ above 1 kV*

IEC 62589:2010, *Railway applications – Fixed installations – Harmonisation of the rated values for converter groups and tests on converter groups*

IEC 62590:2010, *Railway applications – Fixed installations – Electronic power converters for substations*

## 3 Terms, definitions and symbols

### 3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60076-1 and IEC 62590, as well as the following apply.

**3.1.1**
**traction transformer**
transformer (with separate or auto-connected windings) connected to an a.c. or d.c. contact line, directly or through a converter, used in fixed installations of railway applications

Note 1 to entry: The above definition relates to the contents of this standard and is introduced to simplify the following definitions, which, in most cases, are not valid for all transformers and autotransformers.

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 57
INTRODUCTION ..... 59
1 Domaine d'application ..... 60
2 Références normatives ..... 60
3 Termes, définitions et symboles ..... 62
3.1 Termes et définitions ..... 62
3.2 Symboles ..... 67
4 Conditions de service ..... 68
5 Exigences générales pour un transformateur de traction ..... 68
5.1 Chargement ..... 68
5.1.1 Généralités ..... 68
5.1.2 Courant assigné ..... 69
5.1.3 Courant assigné des accessoires ..... 70
5.2 Vérification de la capacité du transformateur à supporter le cycle de charge stipulé ..... 70
5.2.1 Généralités ..... 70
5.2.2 Mesures des échauffements des transformateurs immergés dans un liquide ..... 70
5.2.3 Mesure d'échauffement des transformateurs de type sec ..... 71
5.2.4 Autres critères pour la détermination des limites d'échauffement ..... 71
5.3 Transfert des surtensions ..... 72
5.4 Contraintes dues aux courts-circuits ..... 72
5.4.1 Généralités ..... 72
5.4.2 Tenue au court-circuit (si applicable) ..... 72
5.5 Caractéristiques d'isolement et valeurs d'essai ..... 73
5.6 Autres caractéristiques particulières ..... 73
5.7 Exigences pour l'essai de simulation ..... 74
5.8 Plaque signalétique ..... 74
6 Transformateur de traction à couplage direct ..... 75
6.1 Généralités ..... 75
6.2 Essais diélectriques pour enroulements avec $U_m$ < 300 kV ..... 75
6.2.1 Généralités ..... 75
6.2.2 Essai de tension appliquée (essai individuel) ..... 75
6.2.3 Essai au choc de foudre (essai de type) ..... 75
6.2.4 Essai de tenue aux surtensions induites (essai individuel) ..... 76
6.3 Essais diélectriques pour enroulements avec $U_m \geq$ 300 kV ..... 76
6.3.1 Généralités ..... 76
6.3.2 Essai de tension appliquée (essai individuel) ..... 76
6.3.3 Essai au choc de foudre (essai individuel) ..... 76
6.3.4 Essai au choc de manœuvre (essai individuel) ..... 76
6.3.5 Essai de tenue aux surtensions induites (essai individuel) ..... 76
7 Transformateur convertisseur de traction ..... 77
7.1 Généralités ..... 77
7.2 Impédance de court-circuit et pertes en charge ..... 78
7.2.1 Calcul des pertes en charge totales ..... 78
7.2.2 Impédance ..... 78

7.3 Tolérances ..... 79
8 Transformateurs auxiliaires ..... 81
9 Autotransformateurs de traction ..... 81
9.1 Généralités ..... 81
9.2 Chargement ..... 83
9.3 Vérification de la capacité de l'autotransformateur à supporter le cycle de charge stipulé ..... 83
9.4 Contraintes dues aux courts-circuits ..... 83
10 Transformateurs de conversion biphasés ou triphasés ..... 83
10.1 Généralités ..... 83
10.2 Transformateurs à montage Scott ..... 83
10.2.1 Généralités ..... 83
10.2.2 Chargement ..... 84
10.2.3 Vérification de la capacité du transformateur à montage Scott à supporter le cycle de charge stipulé ..... 84
10.2.4 Contraintes dues aux courts-circuits ..... 85
10.3 Transformateur Woodbridge modifié ..... 85
10.3.1 Généralités ..... 85
10.3.2 Chargement ..... 88
10.3.3 Vérification de la capacité du transformateur Woodbridge modifié à supporter le cycle de charge stipulé ..... 88
10.3.4 Contraintes dues aux courts-circuits ..... 88
10.4 Transformateur à montage étoile-triangle ..... 88
10.4.1 Généralités ..... 88
10.4.2 Chargement ..... 90
10.4.3 Vérification de la capacité du transformateur à montage étoile-triangle à supporter le cycle de charge stipulé ..... 91
10.4.4 Contraintes dues aux courts-circuits ..... 91
11 Autres transformateurs de traction ..... 91
11.1 Généralités ..... 91
11.2 Transformateurs survolteurs ..... 91
11.3 Transformateurs à montage Scalene Scott ..... 92
Annexe A (informative) Classes de service préférentielles ..... 93
Annexe B (normative) Caractéristiques d'isolement et valeurs d'essai ..... 98
Annexe C (normative) Détermination des pertes et du courant équivalent par différentes méthodes ..... 99
C.1 Généralités ..... 99
C.2 Définitions des symboles utilisés dans le calcul des pertes ..... 99
C.3 Rapports entre le courant assigné et le courant de service assigné des transformateurs convertisseurs de traction ..... 100
C.4 Calcul des pertes en charge des transformateurs immergés dans l'huile basé sur des mesures de perte à deux fréquences différentes ..... 102
C.5 Calcul des pertes en charge des transformateurs de type sec basé sur des mesures de perte à deux fréquences différentes ..... 103
Annexe D (informative) Evaluation du comportement du transformateur de traction ..... 105
D.1 Evaluation des pertes ..... 105
D.2 Propriétés magnétiques ..... 105
Annexe E (informative) Informations pour les offres et les commandes ..... 106
E.1 Informations à fournir dans l'appel d'offres ..... 106
E.1.1 Généralités ..... 106

E.1.2 Caractéristiques ..... 106
E.1.3 Conditions de service ..... 106
E.1.4 Auxiliaires ..... 107
E.1.5 Fonctionnement et accessoires ..... 107
E.1.6 Essais ..... 107
E.2 Informations à fournir dans l'offre ..... 107
Bibliographie ..... 108

Figure 1 – Exemple de schéma du couplage Dd0y11 avec écran à la terre ..... 75
Figure 2 – Disposition type d'un autotransformateur de traction ..... 81
Figure 3 – Groupes de vecteurs pour les autotransformateurs de traction ..... 82
Figure 4 – Connexion des transformateurs à montage Scott ..... 83
Figure 5 – Connexion des transformateurs Woodbridge modifiés ..... 85
Figure 6 – Courant de la phase A sur un transformateur Woodbridge modifié ..... 86
Figure 7 – Courant de la phase B sur un transformateur Woodbridge modifié ..... 87
Figure 8 – Connexion des transformateurs à montage étoile-triangle ..... 89
Figure 9 – Courants de phase pour les transformateurs à montage étoile-triangle ..... 90
Figure 10 – Transformateur survolteur ..... 91
Figure 11 – Transformateur à montage Scalene Scott ..... 92
Figure A.1 – Cycle d'essai pour les classes de service IA à IF ..... 94
Figure A.2 – Cycle d'essai pour les classes de service V, VI et VII ..... 95
Figure A.3 – Cycle d'essai pour les classes de service VIII, IX et JP ..... 96
Figure A.4 – Cycle d'essai pour la classe de service CN ..... 97
Figure C.1 – Courant de service en fonction du courant fondamental ..... 102

Tableau 1 – Tolérances pour le rapport de tension et l'impédance des transformateurs convertisseurs de traction ..... 79
Tableau A.1 – Classes de service préférentielles ..... 93
Tableau B.1 – Tensions d'isolement et valeurs d'essai ..... 98
Tableau C.1 – Montages des transformateurs convertisseurs ..... 100
Tableau C.2 – Principaux résidus harmoniques pour les différents montages de convertisseur ..... 101
Tableau C.3 – Rapports du courant de service au courant assigné ..... 101

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – TRANSFORMATEURS DE TRACTION

## AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 obligatoire 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62695 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente norme est dérivée de l'EN 50329:2003 ainsi que de son amendement 1(2010).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|---|---|
| 9/1916/FDIS | 9/1943/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/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

**IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

# INTRODUCTION

Les transformateurs utilisés dans les installations fixes des systèmes de traction diffèrent des autres transformateurs. Les normes de transformateur du comité d'études 14 de l'IEC traitent principalement des transformateurs triphasés ou des unités monophasées assemblées pour réaliser un groupe triphasé.

L'application de telles normes aux transformateurs monophasés ou biphasés utilisés dans les systèmes de traction n'est pas évidente.

De plus, l'IEC 61378-1 traite des transformateurs convertisseurs à usage industriel qui ont des caractéristiques de charges différentes des transformateurs de traction pour convertisseurs.

Par conséquent, la présente norme est élaborée pour clarifier les aspects spécifiques des transformateurs de traction.

# APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – TRANSFORMATEURS DE TRACTION

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale couvre les caractéristiques spécifiques des transformateurs de traction définis en 3.1.1 et utilisés dans les sous-stations de traction ou le long de la voie pour l'alimentation de puissance des systèmes de traction à courant alternatif et à courant continu ou pour fournir de la puissance aux services auxiliaires. Les transformateurs de traction sont:

– soit des transformateurs de traction monophasés,

– soit des transformateurs de traction biphasés ou triphasés,

– soit des transformateurs redresseurs mono, tri ou polyphasés ou bien des transformateurs convertisseurs/onduleurs pour systèmes de traction à courant continu ou à courant alternatif,

– soit des autotransformateurs monophasés pour l'alimentation de traction,

– soit des transformateurs survolteurs monophasés,

– soit des transformateurs auxiliaires mono ou triphasés à la tension d'alimentation de traction.

Les transformateurs de traction sont généralement couverts par les normes de la série IEC 60076. Les exigences fournies dans l'IEC 60076 s'appliquent en plus des exigences supplémentaires données dans la présente norme.

Selon la technologie choisie, des parties spécifiques de l'IEC 60076 s'appliquent:

– IEC 60076-1 (transformateurs immergés dans l'huile)

– IEC 60076-11 (transformateurs de type sec)

– IEC 60076-15 (transformateurs à isolation gazeuse)

L'IEC 61378-1 peut être une aide pour les transformateurs alimentant des lignes de contact à travers des convertisseurs statiques, mais la présente norme donne des exigences supplémentaires ou modifiées.

Les transformateurs montés à bord des véhicules de traction sont couverts par l'IEC 60310 et sont exclus du domaine d'application de la présente norme.

La compatibilité électromagnétique (CEM) est réglementée par l'IEC 60076-1 qui stipule qu'un transformateur peut être considéré de ce point de vue comme un élément passif. Certains accessoires sont toutefois soumis aux exigences CEM données dans l'IEC 62236-5.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60076-1:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-2:2011, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement des transformateurs immergés dans le liquide*

IEC 60076-3:2013, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

IEC 60076-5:2006, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

IEC 60076-7:2005, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

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

IEC 60076-12:2008, *Transformateurs de puissance – Partie 12: Guide de charge pour transformateurs de puissance de type sec*

IEC 60076-14:2013, *Transformateurs de puissance – Partie 14: Transformateurs de puissance immergés dans du liquide utilisant des matériaux isolants haute température*

IEC 60076-15:2008, *Transformateurs de puissance – Partie 15: Transformateurs de puissance à isolation gazeuse*

IEC TR 60146-1-2:2011*, Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide* (disponible en anglais uniquement)

IEC 60850:2007, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

IEC 61000-2-12:2003, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-12: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation moyenne tension*

IEC 61378-1:2011, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications* (disponible en anglais uniquement)

IEC 62497-1:2010, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62498-2:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 2: Installations électriques fixes*

IEC 62505-1:2009, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif – Partie 1: Disjoncteurs monophasés avec $U_m$ supérieur à 1 kV*

IEC 62589:2010, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Harmonisation des valeurs assignées pour les groupes convertisseurs et essais sur les groupes convertisseurs*

IEC 62590:2010, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Convertisseurs électroniques de puissance pour sous-stations*