



IEC 61287-1

Edition 3.0 2014-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – Power converters installed on board rolling stock –
Part 1: Characteristics and test methods**

**Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur
le matériel roulant –
Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XA**
CODE PRIX

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1658-3

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	9
3.1 General.....	9
3.2 Terms and definitions related to equipment	9
3.3 Terms and definitions related to electrical parameters	11
4 Common clauses	12
4.1 General.....	12
4.1.1 Design	12
4.1.2 Marking	12
4.1.3 Technical documentation	12
4.1.4 Reliability, availability, maintainability and safety	13
4.1.5 Useful lifetime.....	14
4.2 Service conditions	14
4.2.1 General	14
4.2.2 Altitude	14
4.2.3 Temperature	14
4.2.4 Other environmental conditions	15
4.2.5 Mechanical stress	15
4.2.6 Load profile.....	15
4.2.7 Supply-system characteristics	16
4.2.8 Interference	17
4.2.9 Input current limitations.....	18
4.2.10 Influence on the environment	18
4.3 Characteristics	19
4.3.1 Characteristics of components	19
4.3.2 Characteristics of semiconductor devices.....	19
4.3.3 Characteristics of transformers, reactors and capacitors	19
4.3.4 Characteristics of converters.....	20
4.4 Technical requirements	22
4.4.1 Insulation co-ordination.....	22
4.4.2 EMC requirements for converters	22
4.4.3 Fault effects.....	23
4.5 Tests	23
4.5.1 General	23
4.5.2 Converter tests	24
4.5.3 Description of tests	27
4.5.4 Failure of components during type tests	36
5 Direct traction converters	36
5.1 Line-commutated converters for DC motors.....	36
5.1.1 General	36
5.1.2 Characteristics.....	36
5.1.3 Tests	37
5.2 Choppers for DC motors.....	40
5.2.1 Characteristics.....	40

5.2.2	Tests	41
5.3	Multiphase converters for AC motors (inverters)	43
5.3.1	General	43
5.3.2	Characteristics.....	43
5.3.3	Tests	44
6	Indirect traction converters.....	44
6.1	General.....	44
6.2	Line converter	44
6.2.1	General	44
6.2.2	Characteristics.....	45
6.2.3	Tests	45
6.3	Motor converter.....	46
6.3.1	Motor converter for DC motors (chopper or rectifier).....	46
6.3.2	Motor converter for AC motors (inverter)	46
7	Auxiliary converters	46
7.1	General.....	46
7.2	Characteristics	46
7.2.1	Auxiliary converter starting conditions	46
7.2.2	Input conditions and characteristics.....	47
7.2.3	Output characteristics	47
7.3	Short-circuit protection	48
7.4	Choice of rated insulation voltage.....	48
7.5	Tests	49
7.5.1	General	49
7.5.2	Output characteristics test.....	49
7.5.3	Starting and restarting test.....	50
7.5.4	Short-circuit test	50
7.5.5	Voltage and frequency ranges verification	50
7.5.6	Overload capability test.....	50
7.5.7	Temperature rise test.....	51
7.5.8	Load break test.....	51
8	Semiconductor drive units (SDU)	51
8.1	Equivalent expressions.....	51
8.2	Printed circuit board assemblies.....	52
8.3	Function of the SDU.....	52
8.4	Particular requirements for the SDU	52
8.5	Service conditions	52
8.6	Insulation requirements for the SDU	52
8.7	Electromagnetic compatibility requirements	52
8.8	Tests of the SDU.....	52
Annex A (normative)	Arrangement of basic circuit diagrams	54
Annex B (informative)	Recapitulation of agreements between the manufacturer and the user	55
Annex C (informative)	Guidelines for magnetic field and induced voltage requirements	58
Bibliography	59
Figure 1	– Partial discharge test – Voltage versus time	26
Figure 2	– Configuration of series motors	39

Figure A.1 – Examples of combinations	54
Table 1 – General classes of start-up load characteristics	15
Table 2 – Classes of acoustic noise	19
Table 3 – List of tests	27
Table 4 – Additional tests for direct traction converters	38
Table 5 – Additional tests for choppers for DC motors	41
Table 6 – Additional tests for auxiliary converters	49
Table B.1 – Recapitulation of agreements between the manufacturer and the user	55

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
POWER CONVERTERS INSTALLED
ON BOARD ROLLING STOCK –****Part 1: Characteristics and test methods**

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 61287-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following main technical changes with regard to the previous edition: it includes updates as necessary in order to meet the current technical state of the art and to improve clarity. It also takes into account generic railway standards as relevant parts of IEC 62497 and IEC 62498. Especially the clauses considering temperature rise test and auxiliary converter characteristics have been revised.

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

FDIS	Report on voting
9/1918/FDIS	9/1946/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.

A list of all parts of IEC series 61287, under the general title *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock*, can be found on the IEC website.

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.

RAILWAY APPLICATIONS – POWER CONVERTERS INSTALLED ON BOARD ROLLING STOCK –

Part 1: Characteristics and test methods

1 Scope

This part of IEC 61287 defines terminology, service conditions, general characteristics and test methods of electronic power converters onboard of rolling stock.

This International Standard is applicable to power electronic converters mounted on board railway rolling-stock and intended for supplying

- traction circuits;
- auxiliary circuits of power vehicles, coaches and trailers.

The application of this standard extends as far as possible to all other traction vehicles, including trolley-buses, for example.

This standard covers the complete converter assembly together with its mounting arrangements containing

- semiconductor device assemblies;
- integrated cooling systems;
- integrated components like inductors, capacitors, transformers, resistors, contactors, switches;
- semiconductor drive units (SDU) and related sensors;
- incorporated protection circuits.

The following types of power sources are taken into consideration:

- AC contact lines,
- DC contact lines,
- on-board supplies such as generators, batteries and other electric power sources.

This standard excludes converters which provide the electronic control supply for semiconductor drive units (SDU) and other supplies relevant to the converter operation such as sensors.

NOTE 1 Electronic control equipment of converters and those sensors not related to semiconductor drive units and the printed circuit board assemblies of semiconductor drive units (SDU) are covered by IEC 60571.

NOTE 2 Combined tests with the whole traction system or auxiliary supply system are not within the scope of this standard. E.g. rules for combined tests of a motor fed by a converter are given in the IEC 61377 series.

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 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*

IEC 60050-811:1991, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60076-10:2001, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60310, *Railway applications – Traction transformers and inductors on board rolling stock*

IEC 60322, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Rules for power resistors of open construction*

IEC 60349-1, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 1: Machines other than electronic converter-fed alternating current motors*

IEC 60349-2, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors*

IEC 60349-4, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter*

IEC 60384-4, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 4: Sectional specification – Aluminium electrolytic capacitors with solid (MnO₂) and non-solid electrolyte*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60571, *Railway applications – Electronic equipment used on rolling stock*

IEC 60721-3-5, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 5: Ground vehicle installations*

IEC 60747 (all parts), *Semiconductor devices – Discrete devices*

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

IEC 61148, *Terminal markings for valve device stacks and assemblies and for power conversion equipment*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61881 (all parts), *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics*

IEC 61991, *Railway applications – Rolling stock – Protective provisions against electrical hazards*

IEC 62236-3-1, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-1: Rolling stock – Train and complete vehicle*

IEC 62236-3-2, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

IEC 62278, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

IEC 62497-1:2010, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*
IEC 62497-1:2010/AMD1:2013

IEC 62498-1:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	63
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Termes et définitions	67
3.1 Généralités	67
3.2 Termes et définitions relatifs aux équipements	68
3.3 Termes et éfinitions relatifs aux paramètres électriques	69
4 Articles communs	70
4.1 Généralités	70
4.1.1 Conception	70
4.1.2 Marquage	70
4.1.3 Documentation technique	71
4.1.4 Fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité	71
4.1.5 Durée de vie utile	72
4.2 Conditions de service	72
4.2.1 Généralités	72
4.2.2 Altitude	72
4.2.3 Température	73
4.2.4 Autres conditions environnementales	74
4.2.5 Contrainte mécanique	74
4.2.6 Profil de charge	74
4.2.7 Caractéristiques de réseau d'alimentation	74
4.2.8 Interférences	76
4.2.9 Limitations du courant d'entrée	77
4.2.10 Influence sur l'environnement	77
4.3 Caractéristiques	78
4.3.1 Caractéristiques des composants	78
4.3.2 Caractéristiques des dispositifs à semiconducteurs	78
4.3.3 Caractéristiques des transformateurs, des inductances et des condensateurs	78
4.3.4 Caractéristiques des convertisseurs	78
4.4 Exigences techniques	81
4.4.1 Coordination de l'isolement	81
4.4.2 Exigences de CEM pour les convertisseurs	81
4.4.3 Effets des défauts	82
4.5 Essais	82
4.5.1 Généralités	82
4.5.2 Essais du convertisseur	83
4.5.3 Description des essais	86
4.5.4 Défaillances de composants pendant les essais de type	95
5 Convertisseurs de traction direct	95
5.1 Convertisseurs à commutation de ligne pour moteurs à courant continu	95
5.1.1 Généralités	95
5.1.2 Caractéristiques	96
5.1.3 Essais	97
5.2 Hacheurs pour moteurs à courant continu	100

5.2.1	Caractéristiques.....	100
5.2.2	Essais	100
5.3	Convertisseurs polyphasés pour moteurs à courant alternatif (onduleurs)	103
5.3.1	Généralités	103
5.3.2	Caractéristiques.....	103
5.3.3	Essais	104
6	Convertisseurs de traction indirects.....	104
6.1	Généralités	104
6.2	Convertisseur de ligne.....	104
6.2.1	Généralités	104
6.2.2	Caractéristiques.....	104
6.2.3	Essais	105
6.3	Convertisseur de moteur	106
6.3.1	Convertisseur en cascade pour moteurs à courant continu (hacheur ou redresseur).....	106
6.3.2	Convertisseur en cascade pour moteurs à courant alternatif (onduleur)	106
7	Convertisseurs auxiliaires	106
7.1	Généralités	106
7.2	Caractéristiques	106
7.2.1	Conditions de démarrage des convertisseurs auxiliaires	106
7.2.2	Conditions et caractéristiques d'entrée	107
7.2.3	Caractéristiques de sortie	107
7.3	Protection contre les courts-circuits.....	108
7.4	Choix de la tension d'isolement assignée.....	109
7.5	Essais.....	109
7.5.1	Généralités	109
7.5.2	Essais des caractéristiques de sortie	109
7.5.3	Essai de démarrage et de redémarrage.....	110
7.5.4	Essai de court-circuit	110
7.5.5	Vérification des plages de tensions et de fréquences.....	110
7.5.6	Essai de capacité de surcharge.....	111
7.5.7	Essai d'échauffement.....	111
7.5.8	Essai de coupure de charge.....	111
8	Unités de commande des semiconducteurs (SDU)	112
8.1	Expressions équivalentes	112
8.2	Cartes à circuit imprimé équipées.....	112
8.3	Fonction de la SDU	112
8.4	Exigences particulières pour la SDU.....	112
8.5	Conditions de service	112
8.6	Exigences d'isolation pour la SDU	112
8.7	Exigences de compatibilité électromagnétique.....	112
8.8	Essais de la SDU	113
Annexe A (normative)	Disposition des schémas de circuits de base.....	114
Annexe B (informative)	Liste récapitulative des accords entre le fabricant et l'exploitant.....	115
Annexe C (informative)	Lignes directrices pour les exigences de champ magnétique et les tensions induites.....	118
Bibliographie	119
Figure 1	– Essai de décharges partielles – Tension en fonction du temps	85

Figure 2 – Configuration des moteurs série	99
Figure A.1 – Exemples de combinaisons	114
Tableau 1 – Classes générales des caractéristiques de charge de démarrage	73
Tableau 2 – Classes de bruit acoustique	77
Tableau 3 – Liste des essais	85
Tableau 4 – Essais complémentaires pour des convertisseurs de traction directs	97
Tableau 5 – Essais supplémentaires pour les hacheurs pour les moteurs à courant continu.....	101
Tableau 6 – Essais supplémentaires pour les convertisseurs auxiliaires	109
Tableau B.1 – Liste récapitulative des accords entre le fabricant et l'exploitant (1 de 3)	115

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS
SUR LE MATÉRIEL ROULANT –****Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais****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 61287-1 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005, dont elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: elle inclut des mises à jour nécessaires par rapport à l'état actuel de la technique et qui améliorent la clarté. Elle prend aussi en compte des normes génériques sur le matériel ferroviaire comme les parties concernées des séries IEC 62497 et IEC 62498. En particulier, les articles qui traitent des essais d'échauffement et des caractéristiques des convertisseurs auxiliaires ont été révisés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1918/FDIS	9/1946/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61287, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT –

Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61287 définit la terminologie, les conditions de service, les caractéristiques générales et les méthodes d'essai des convertisseurs électroniques de puissance embarqués sur le matériel roulant.

La présente norme internationale est applicable aux convertisseurs électroniques de puissance, embarqués sur le matériel roulant ferroviaire et destinés à alimenter

- les circuits de traction;
- les circuits auxiliaires des matériels moteurs, des véhicules et des remorques.

L'application de la présente norme s'étend dans la mesure du possible à tous les autres véhicules de traction, y compris les trolleybus par exemple.

La présente norme couvre l'ensemble de convertisseur complet et ses dispositions de montage contenant

- les ensembles d'appareils à semiconducteurs;
- les systèmes de refroidissement intégrés;
- les composants intégrés comme les inducteurs, les condensateurs, les transformateurs, les résistances, les contacteurs, les commutateurs;
- les unités de commande des semiconducteurs (SDU) et les capteurs correspondants;
- les circuits de protection incorporés.

Les sources d'énergie suivantes sont prises en considération:

- les lignes de contact à courant alternatif,
- les lignes de contact à courant continu,
- les alimentations embarquées telles que les générateurs, les batteries et les autres sources d'énergie électrique.

La présente norme exclut les convertisseurs qui fournissent l'alimentation de contrôle électronique pour les unités de commande des semiconducteurs (SDU) et les autres alimentations nécessaires au fonctionnement des convertisseurs, telles que les capteurs.

NOTE 1 L'équipement de commande électronique des convertisseurs et les capteurs non relatifs aux unités de commande des semiconducteurs et les cartes à circuit imprimé équipées des unités de commande des semiconducteurs de puissance (SDU) sont couverts par l'IEC 60571.

NOTE 2 Les essais combinés avec tout le système de traction ou le système d'alimentation auxiliaire ne figurent pas dans le domaine d'application de la présente norme. Ainsi, les règles pour les essais combinés d'un moteur alimenté par un convertisseur sont fournies dans la série IEC 61377.

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 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551: Electronique de puissance*

IEC 60050-811:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 811: Traction électrique*

IEC 60076-10:2001, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

IEC 60077-1:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60310, *Applications ferroviaires – Transformateurs de traction et bobines d'inductance à bord du matériel roulant*

IEC 60322, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Règles relatives aux résistances de puissance de construction ouverte*

IEC 60349-1, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique*

IEC 60349-2, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques*

IEC 60349-4, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 4: Machines électriques synchrones à aimants permanents connectées à un convertisseur électronique*

IEC 60384-4, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 4: Spécification intermédiaire – Condensateurs électrolytiques à l'aluminium, à électrolyte solide (MnO₂) et non solide*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60571, *Applications ferroviaires – Equipements électroniques utilisés sur le matériel roulant*

IEC 60721-3-5, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 5: Installations des véhicules terrestres*

IEC 60747 (toutes les parties), *Dispositifs à semiconducteurs*

IEC 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

IEC 61148, *Marquage des bornes de blocs et d'ensembles d'éléments de valve et d'équipement de conversion de puissance*

IEC 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

IEC 61881 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Condensateurs pour électronique de puissance*

IEC 61991, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Dispositions de protection contre les dangers électriques*

IEC 62236-3-1, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-1: Matériel roulant – Trains et véhicules complets*

IEC 62236-3-2, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

IEC 62278, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

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 62497-1:2010/AMD1:2013

IEC 62498-1:2010, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*