



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Stationary energy storage system for DC traction systems

Applications ferroviaires – Installations fixes – Système stationnaire de stockage d'énergie pour les systèmes de traction en courant continu

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-3860-8

**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
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviations	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviations	13
4 Configuration of stationary energy storage systems.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Example system configuration using an electronic power converter	14
4.3 Example system configuration without an electronic power converter.....	14
4.4 Accessory and auxiliary components.....	15
5 Service conditions	15
5.1 Environmental conditions	15
5.2 Electrical service conditions.....	15
6 Investigation before the installation of stationary ESS	15
6.1 General.....	15
6.2 Decision on the installation location and capacity of the stationary ESS.....	16
6.3 Evaluation of the positive effects of introducing a stationary ESS.....	16
6.4 Coordination with other systems	16
7 Performance requirements.....	16
7.1 General requirements	16
7.1.1 Rating.....	16
7.1.2 System capability to conform with the specified duty cycle.....	18
7.1.3 Short-time withstand current capability	18
7.1.4 Calculation of charge-discharge efficiency.....	18
7.1.5 Temperature rise	19
7.1.6 Lifetime requirements	19
7.2 Control and protection functions.....	19
7.2.1 Charge/discharge control functions.....	19
7.2.2 Short circuit protection function	20
7.2.3 Earth-fault protection function.....	20
7.2.4 Overload protection function	20
7.2.5 Disconnection functions.....	20
7.3 Electromagnetic compatibility (EMC).....	20
7.4 Failure conditions for the stationary ESS	20
7.5 Mechanical characteristics	21
7.5.1 General	21
7.5.2 Earthing.....	21
7.5.3 Degree of protection	21
7.6 Rating plate	22
7.7 Terminals of the main circuit	22
8 Tests	22
8.1 Types of test.....	22
8.1.1 General	22
8.1.2 Type test	23

8.1.3	Routine test.....	23
8.1.4	Commissioning test	23
8.1.5	Test categories.....	23
8.2	Tests	24
8.2.1	Visual inspection	24
8.2.2	Degree of protection test	24
8.2.3	Test of accessory and auxiliary components	24
8.2.4	Insulation test.....	24
8.2.5	Start and stop sequence test	25
8.2.6	Checking of the protective devices	25
8.2.7	Charge/discharge control functions test	25
8.2.8	Light load functional test.....	25
8.2.9	Temperature rise test	25
8.2.10	Measurement of charge-discharge efficiency	26
8.2.11	Noise measurement.....	26
8.2.12	EMC test	26
8.2.13	Harmonic measurement.....	27
Annex A	(normative) Methods of simulation and measurement on site	28
A.1	General.....	28
A.2	System design to use simulation software.....	28
A.2.1	General	28
A.2.2	Simulation software	28
A.2.3	Input parameters for simulation	28
A.2.4	Evaluation of simulation results	30
A.3	Validation of the effect of installing an actual ESS	30
A.3.1	General	30
A.3.2	Before installation.....	30
A.3.3	After installation.....	31
Annex B	(informative) State of charge (SOC) and state of energy (SOE) for batteries and capacitors	32
B.1	Content of capacity and energy.....	32
B.1.1	General	32
B.1.2	Theoretical energy.....	33
B.1.3	Rated energy.....	33
B.1.4	Usable energy	33
B.1.5	Theoretical, rated and usable capacity.....	34
B.2	Content of SOC and SOE.....	34
B.2.1	General	34
B.2.2	Theoretical purpose	35
B.2.3	Common purpose	35
B.2.4	Effective or practical purpose	35
B.2.5	Coefficient of usage.....	36
Annex C	(informative) Duty cycle examples	37
Bibliography	40
Figure 1	– Common system configuration of stationary ESS	13
Figure 2	– Example system configuration using an electronic power converter.....	14
Figure 3	– Example system configuration without an electronic power converter	15

Figure B.1 – Difference of capacity and energy content	32
Figure C.1 – Duty cycle for class I to class III	38
Figure C.2 – Duty cycle for class IV to class VI	38
Figure C.3 – Duty cycle for class VII and class VIII	38
Figure C.4 – Duty cycle for class IX	39
Table 1 – Immunity level	21
Table 2 – List of tests	24
Table A.1 – Operational data	29
Table A.2 – Rolling stock data	29
Table A.3 – DC power supply network data	30
Table A.4 – Measurement data	31
Table C.1 – Duty cycle	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – STATIONARY
ENERGY STORAGE SYSTEM FOR DC TRACTION SYSTEMS**

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 62924 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

FDIS	Report on voting
9/2221/FDIS	9/2244/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

To save natural resources and counteract global warming, techniques to save energy and/or to improve environmental characteristics are drawing strong interest. In the railway industry, electric rail vehicles fitted with regenerative braking systems have been introduced, not only to save energy, but also to ease maintenance and to reduce the adverse effects of heat generated during braking (especially in tunnels).

However, in DC electric railways, when a train regenerates power, usually the power has to be consumed within the DC network, because DC power supply substations are usually not reversible. There is no guarantee that adequate load exists for regenerative braking trains; in such a circumstance, regenerative braking becomes ineffective, either in part or in whole. In this situation, the power supply network is unreceptive. Among the emerging technologies to improve receptivity is stationary energy storage systems (ESSs). A stationary ESS charges regenerative energy when the power supply network is unreceptive and stores it for use at a later time.

International Standards for stationary ESSs have not been issued. Before ESSs become widely used, international standardization of the basic system structure and measurement method for efficiency, etc., will serve as a guideline for users and manufacturers who want to introduce ESSs.

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – STATIONARY ENERGY STORAGE SYSTEM FOR DC TRACTION SYSTEMS

1 Scope

This document specifies the requirements and test methods for a stationary energy storage system to be introduced as a trackside installation and used in a power supply network of a DC electrified railway. This system can take electrical energy from the DC power supply network, store the energy, and supply the energy back to the DC power supply network when necessary. This document does not apply to onboard energy storage systems.

This document applies to systems which are installed to achieve one or more of the following objectives.

- Absorption of regenerative energy:
 - effective use of regenerative energy (saving energy);
 - reduction of rolling stock maintenance (reduction of brake shoe/pad wear, etc.);
 - avoidance of adverse effects of heat generated during braking (e.g. in tunnels, etc.).
- Power compensation:
 - compensation of line voltage;
 - reduction of peak power;
 - reduction in the requirement of the rectifier ratings.

If this system is combined with one or more of the following functions, this document may be used as a guideline:

- reverse transmission of regenerated power to the upstream power supply network (e.g. inverting or reversible substations);
- use of the regenerated energy for purposes other than the running of trains, such as for station facilities, etc.;
- resistive consumption of regenerated power.

Although it is assumed that the system uses the following typical energy storage technologies, this document also applies to other existing or future technologies:

- batteries (lithium-ion, nickel metal hydride, etc.);
- capacitors (electric double layer capacitors, lithium-ion capacitors, etc.);
- flywheels.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60146 (all parts), *Semiconductor converters*

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

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

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 61992-7-1:2006, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 7-1: Measurement, control and protection devices for specific use in d.c. traction systems – Application guide*

IEC 62236 (all parts), *Railway applications – Electromagnetic compatibility*

IEC 62236-1, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 1: General*

IEC 62236-5, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	45
INTRODUCTION.....	47
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives	48
3 Termes, définitions et abréviations	49
3.1 Termes and définitions.....	49
3.2 Abréviations.....	53
4 Configuration des systèmes stationnaires de stockage d'énergie.....	53
4.1 Généralités	53
4.2 Exemple de configuration de système utilisant un convertisseur électronique de puissance	54
4.3 Exemple de configuration de système sans convertisseur électronique de puissance	55
4.4 Accessoires et composants auxiliaires	55
5 Conditions de service	56
5.1 Conditions liées à l'environnement.....	56
5.2 Conditions de fonctionnement électrique.....	56
6 Investigation avant l'installation de l'ESS stationnaire.....	56
6.1 Généralités	56
6.2 Choix de l'emplacement d'installation et de la capacité de l'ESS stationnaire.....	56
6.3 Évaluation des effets positifs de l'introduction d'un ESS stationnaire	56
6.4 Coordination avec d'autres systèmes	57
7 Exigences de performances.....	57
7.1 Exigences générales.....	57
7.1.1 Caractéristiques assignées.....	57
7.1.2 Capacité du système à se conformer au cycle de service spécifié	59
7.1.3 Capacité de courant de courte durée admissible.....	59
7.1.4 Calcul du rendement en charge-décharge.....	59
7.1.5 Échauffement	60
7.1.6 Exigences de durée de vie.....	60
7.2 Fonctions de commande et de protection	60
7.2.1 Fonctions de commande de charge/décharge	60
7.2.2 Fonction de protection contre les courts-circuits	61
7.2.3 Fonction de protection contre les défauts de terre	61
7.2.4 Fonction de protection contre les surcharges.....	61
7.2.5 Fonctions de déconnexion	61
7.3 Compatibilité électromagnétique (CEM)	61
7.4 Conditions de défaut de l'ESS stationnaire.....	61
7.5 Caractéristiques mécaniques	62
7.5.1 Généralités.....	62
7.5.2 Mise à la terre	62
7.5.3 Degré de protection	62
7.6 Plaque signalétique	63
7.7 Bornes du circuit principal.....	63
8 Essais	63
8.1 Types d'essais	63

8.1.1	Généralités	63
8.1.2	Essai de type	64
8.1.3	Essai individuel de série	64
8.1.4	Essai de mise en service	64
8.1.5	Catégories d'essai	64
8.2	Essais	65
8.2.1	Examen visuel	65
8.2.2	Essai de degré de protection	65
8.2.3	Essai des accessoires et des composants auxiliaires	65
8.2.4	Essai d'isolement	65
8.2.5	Essai de séquence de démarrage et d'arrêt	66
8.2.6	Vérification des dispositifs de protection	66
8.2.7	Essai de commandes de fonctions de charge/décharge	66
8.2.8	Essai de fonctionnement à puissance réduite	66
8.2.9	Essai d'échauffement	66
8.2.10	Mesurage du rendement en charge-décharge	67
8.2.11	Mesurage du bruit	67
8.2.12	Essai CEM	67
8.2.13	Mesurage d'harmoniques	68
Annexe A (normative)	Méthodes de simulation et de mesure sur site	69
A.1	Généralités	69
A.2	Conception du système pour utiliser le logiciel de simulation	69
A.2.1	Généralités	69
A.2.2	Logiciel de simulation	69
A.2.3	Paramètres d'entrée pour la simulation	69
A.2.4	Évaluation des résultats de la simulation	72
A.3	Validation de l'effet de l'installation d'un ESS réel	72
A.3.1	Généralités	72
A.3.2	Avant l'installation	72
A.3.3	Après l'installation	73
Annexe B (informative)	État de charge (SOC) et état d'énergie (SOE) des batteries et des condensateurs	74
B.1	Contenu de la capacité et de l'énergie	74
B.1.1	Généralités	74
B.1.2	Énergie théorique	75
B.1.3	Énergie assignée	75
B.1.4	Énergie utilisable	75
B.1.5	Capacités théoriques, assignées et utilisables	76
B.2	Contenu du SOC et du SOE	76
B.2.1	Généralités	76
B.2.2	Objectif théorique	77
B.2.3	Objectif commun	77
B.2.4	Objectif efficace ou pratique	77
B.2.5	Coefficient d'utilisation	78
Annexe C (informative)	Exemples de cycles de service	79
Bibliographie	83
Figure 1	– Configuration de système commune de l'ESS stationnaire	54

Figure 2 – Exemple de configuration de système utilisant un convertisseur électronique de puissance	55
Figure 3 – Exemple de configuration de système sans convertisseur électronique de puissance	55
Figure B.1 – Différence de capacité et de contenu énergétique.....	74
Figure C.1 – Cycle de service pour la classe I à la classe III.....	81
Figure C.2 – Cycle de service pour la classe IV à la classe VI	81
Figure C.3 – Cycle de service pour la classe VII et la classe VIII	81
Figure C.4 – Cycle de service pour la classe IX	82
Tableau 1 – Niveau d'immunité	62
Tableau 2 – Liste des essais.....	65
Tableau A.1 – Données opérationnelles.....	70
Tableau A.2 – Données du matériel roulant	71
Tableau A.3 – Données du réseau d'alimentation à courant continu.....	72
Tableau A.4 – Données de mesure	73
Tableau C.1 – Cycle de service	80

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – SYSTÈME STATIONNAIRE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE POUR LES SYSTÈMES DE TRACTION EN COURANT CONTINU

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 62924 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2221/FDIS	9/2244/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Afin d'économiser les ressources naturelles et lutter contre le réchauffement climatique, des techniques d'économie d'énergie et/ou d'amélioration des caractéristiques environnementales suscitent un grand intérêt. Dans l'industrie ferroviaire, des véhicules ferroviaires électriques équipés de systèmes de freinage par récupération ont été mis en service, non seulement pour économiser l'énergie, mais également pour faciliter la maintenance et réduire les effets néfastes de la chaleur générée au moment du freinage (particulièrement dans les tunnels)

Toutefois, dans le secteur ferroviaire électrique en courant continu, lorsqu'un train régénère de la puissance, cette dernière doit en général être consommée à l'intérieur du réseau à courant continu, les sous-stations d'alimentation à courant continu n'étant en général pas réversibles. Il n'y a aucune garantie que la charge adéquate existe pour les trains en freinage par récupération, et dans un tel cas, le freinage par récupération devient inefficace, en partie ou en totalité. Dans ce cas, le réseau d'alimentation n'est pas réceptif. Les systèmes stationnaires de stockage d'énergie (ESS) comptent parmi les technologies émergentes permettant d'améliorer la réceptivité. Un ESS stationnaire charge l'énergie de récupération lorsque le réseau d'alimentation n'est pas réceptif, et la stocke pour l'utiliser ultérieurement.

Les Normes internationales relatives aux ESS stationnaires n'ont pas été publiées. En attendant que les ESS ne soit largement utilisé, la normalisation internationale relative à la structure de base du système et à la méthode de mesure du rendement, etc. servira de ligne directrice pour les utilisateurs et les fabricants souhaitant introduire l'ESS.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – SYSTÈME STATIONNAIRE DE STOCKAGE D'ÉNERGIE POUR LES SYSTÈMES DE TRACTION EN COURANT CONTINU

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et les méthodes d'essai d'un système stationnaire de stockage d'énergie à intégrer dans une installation sur la voie, et utilisé dans le réseau d'alimentation électrique à courant continu. Ce système peut prélever l'énergie électrique du réseau d'alimentation à courant continu, la stocker et la renvoyer au réseau d'alimentation à courant continu, le cas échéant. Le présent document ne s'applique pas aux systèmes de stockage d'énergie embarqués.

Ce document s'applique aux systèmes qui sont installés en vue d'atteindre un ou plusieurs des objectifs suivants.

- Absorption de l'énergie de récupération:
 - utilisation efficace de l'énergie de récupération (économie d'énergie);
 - réduction de la maintenance du matériel roulant (réduction de l'usure des semelles/garnitures de frein, etc.);
 - évitement des effets néfastes de la chaleur générée au moment du freinage (dans les tunnels, par exemple).
- Compensation de puissance:
 - compensation de la tension d'alimentation;
 - réduction de la puissance de crête;
 - réduction des exigences relatives aux caractéristiques assignées du redresseur.

Si ce système est combiné avec une ou plusieurs des fonctions suivantes, ce document peut être utilisé comme guide:

- transmission inverse de la puissance récupérée vers le réseau d'alimentation électrique en amont (onduleur ou sous-stations réversibles);
- utilisation de l'énergie récupérée pour d'autres besoins que le fonctionnement des trains (les installations du poste, par exemple);
- consommation résistive de la puissance récupérée.

Même si le système est censé utiliser les technologies classiques de stockage d'énergie suivantes, le présent document s'applique également à d'autres technologies existantes ou futures:

- batteries (lithium-ion, nickel-métal-hydrure, etc.);
- condensateurs (condensateurs électriques à double couche, condensateurs lithium-ion, etc.);
- volants d'inertie.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 60146 (toutes les parties), *Convertisseurs à semiconducteurs*

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

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

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

IEC 61992-7-1:2006, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 7-1: Appareils de mesure, de contrôle et de protection pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu – Guide d'application*

IEC 62236 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*

IEC 62236-1, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 1: Généralités*

IEC 62236-5, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 5: Emission et immunité des installations fixes d'alimentation de puissance et des équipements associés*

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