

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – Rolling stock – Power supply with onboard energy storage system –
Part 1: Series hybrid system**

**Applications ferroviaires – Matériel roulant – Alimentation équipée d'un système embarqué de stockage de l'énergie –
Partie 1: Système hybride série**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-3453-2

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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	11
3 Terms, definitions and abbreviations	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations	14
4 Power source configuration of hybrid systems	15
4.1 General.....	15
4.1.1 Overview	15
4.1.2 System configuration requirements.....	15
4.1.3 Major operating modes of the series hybrid system	16
4.1.4 Typical configuration of the series hybrid systems.....	18
4.2 Application examples	19
4.2.1 Diesel electric vehicles.....	19
4.2.2 Fuel cell vehicles	20
4.2.3 DC contact line powered vehicles: parallel connection of ESS.....	21
4.2.4 DC contact line powered vehicles: series connection of ESS.....	23
4.3 Performance of the series hybrid systems.....	24
4.3.1 Improving efficiency	24
4.3.2 Boosting the motoring performance	25
4.3.3 Degraded mode operation	27
5 Environmental conditions	28
5.1 General.....	28
5.2 Altitude	28
5.3 Temperature	28
6 Functional and system requirements	29
6.1 Mechanical requirements.....	29
6.1.1 Mechanical stress	29
6.1.2 Protection against external mechanical influences	29
6.2 Control requirement	29
6.3 Electrical requirement	29
6.3.1 External charge and discharge function	29
6.3.2 Operating with energy storage system only.....	30
6.4 Disconnecting requirement.....	30
6.5 Degraded mode	30
6.6 Safety requirements	30
6.6.1 Protection against electrical hazards	30
6.6.2 Fire behaviour and protection	30
6.6.3 Protection against any other impacts	30
6.6.4 Short-circuit protection.....	30
6.7 Lifetime requirements.....	30
6.8 Additional requirement for noise emission of hybrid system	31
7 Kinds of tests	31
7.1 General.....	31

7.2	Type test.....	31
7.3	Optional test	32
7.4	Routine test	32
7.5	Test categories	32
7.6	Acceptance criteria.....	34
8	Combined tests	34
8.1	General.....	34
8.2	Test conditions.....	34
8.3	ESS control.....	34
8.3.1	ESS charge/discharge control function	34
8.3.2	External charge test.....	34
8.3.3	Disconnection test.....	34
8.3.4	Degraded mode test.....	35
8.3.5	SOC/SOE test.....	35
8.4	Output torque.....	35
8.4.1	Sweeping speed under full torque test	35
8.4.2	Output torque test with energy storage system only	35
8.5	System sequence test	35
8.6	Energy efficiency and consumption.....	36
8.6.1	General	36
8.6.2	Energy efficiency and consumption measurement	37
8.6.3	Determination of fuel consumption and exhaust gas emission (in case of engine or fuel cell)	38
8.7	Duration of vehicle operation by ESS.....	39
8.7.1	General	39
8.7.2	Duration measurement of ESS	39
8.8	Environmental test	39
8.8.1	General	39
8.8.2	Low-temperature operation test.....	39
8.8.3	High-temperature operation test	39
8.9	Short-circuit protection test.....	40
8.10	ESU endurance test	40
9	Vehicle test	40
9.1	General.....	40
9.2	ESS disconnection test.....	40
9.3	Vehicle sequence test	40
9.4	Drive system energy consumption measurement.....	41
9.5	Determination of fuel consumption and exhaust gas emission (in case of engine or fuel cell)	42
9.5.1	Determination of fuel consumption.....	42
9.5.2	Determination of the exhaust gas emission levels	42
9.6	Auxiliary circuit energy consumption measurement	42
9.7	Duration of vehicle operation by ESS.....	42
9.8	Determination of acoustic noise emission	42
Annex A (informative) State of charge (SOC) and state of energy (SOE) for batteries and capacitors		43
A.1	Content of capacity and energy	43
A.1.1	General	43
A.1.2	Theoretical energy	44

A.1.3	Rated energy	44
A.1.4	Usable energy	44
A.2	Content of SOC and SOE	45
A.2.1	General	45
A.2.2	Theoretical purpose	45
A.2.3	Common purpose	45
A.2.4	Effective or practical purpose	46
A.2.5	Coefficient of usage	46
Annex B (informative)	Energy related terms and definitions	48
B.1	General	48
B.2	Terms and definitions for regenerative indices	48
B.3	Energy-related performance indices of the series hybrid systems	49
B.3.1	General	49
B.3.2	Measuring locations	49
B.3.3	Class of primary power source	50
B.3.4	Energy consumption	51
B.3.5	Regenerative efficiency	53
Annex C (informative)	Laws and regulations for fire protection applicable for this standard	55
C.1	General	55
C.2	China	55
C.3	Europe	55
C.4	Japan	55
C.5	Russia	55
C.6	United states of America	55
Annex D (informative)	List of subclauses requiring agreement between the user and the manufacturer	56
Bibliography		58
Figure 1	– Hierarchy of standards related to IEC 62864-1	9
Figure 2	– Block diagram of a series hybrid system	16
Figure 3	– Example configuration of a series hybrid system in which all main circuit subsystems are connected to the common DC link	19
Figure 4	– Series hybrid system in diesel electric vehicles	20
Figure 5	– Series hybrid system in fuel cell vehicles	21
Figure 6	– Series hybrid system in contact line powered vehicles with parallel connection of energy storage	22
Figure 7	– Series hybrid system in contact line powered vehicles with series connection of energy storage	23
Figure 8	– Diesel electric propulsion system (without an ESS)	24
Figure 9	– Contact line powered propulsion system (without an ESS)	25
Figure 10	– Boosting of the motoring performance by onboard ESS	27
Figure 11	– An example of degraded mode performance by onboard ESS	28
Figure A.1	– Difference of capacity and energy content	43
Figure B.1	– Example block diagram of a series hybrid system	50
Table 1	– Major operating modes of the series hybrid system	18

Table 2 – List of tests	32
Table D.1 – List of subclauses requiring agreement between the user and the manufacturer	56

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – POWER SUPPLY WITH ONBOARD ENERGY STORAGE SYSTEM –

Part 1: Series hybrid system

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 62864-1 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
9/2154/FDIS	9/2176/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 in the IEC 62864 series, published under the general title *Railway applications – Rolling stock – Power supply with onboard energy storage system*, 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 website 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.

INTRODUCTION

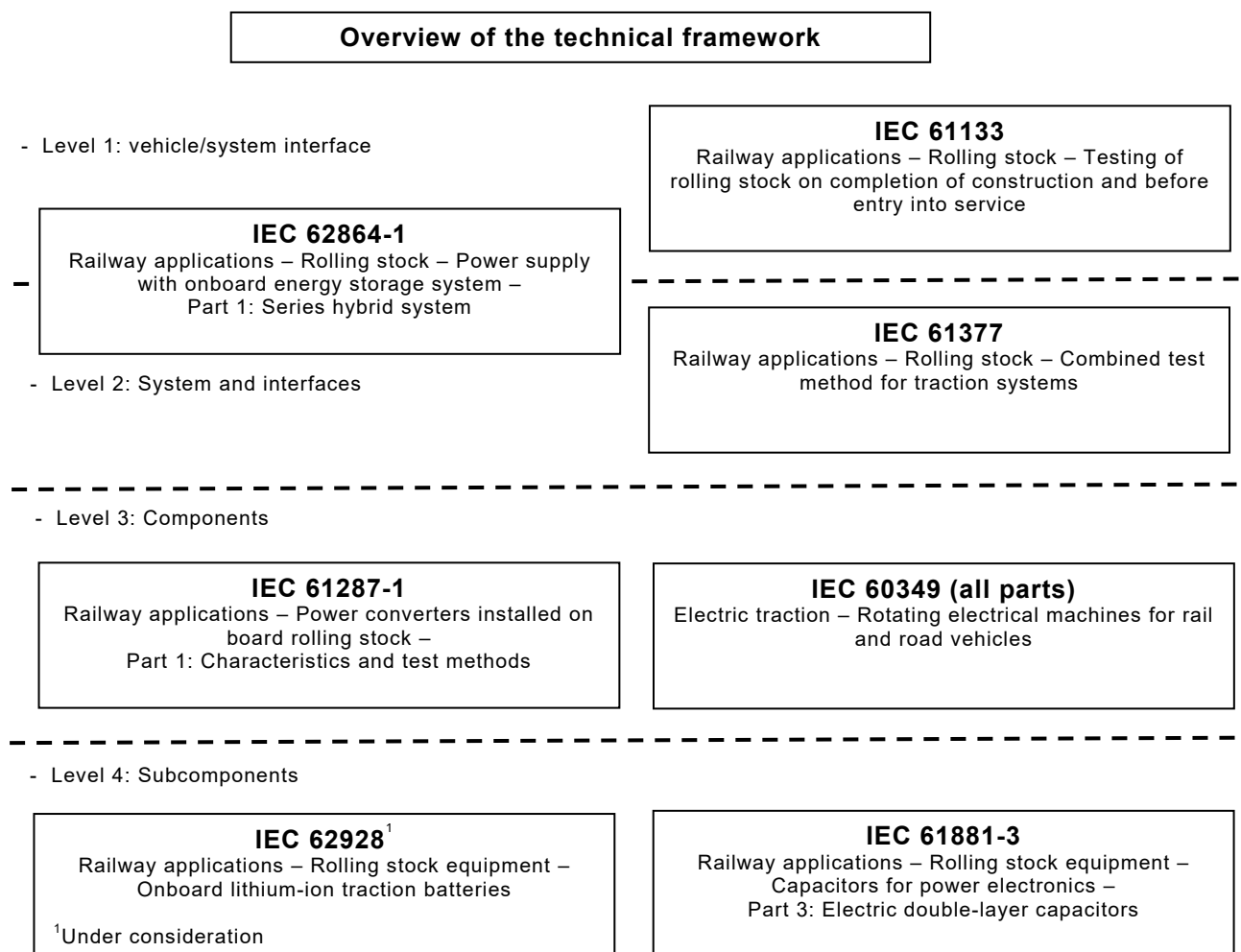
There is an increasing need for efficient use of energy due to the decrease in fossil fuel based energy sources as well as the need to reduce emissions (e.g. CO₂, NO_x, PM, etc.) that contribute to global climate change. The railway system, which is essentially an energy-efficient transportation system, should also meet these requirements. In addition to saving energy, it is necessary to achieve a reduction in peak power, voltage stabilization and the ability to run without collecting power in scenic reserve areas, and the running capability to safely reach the next station in the event of electrical power failure onboard or at power supply system. To address these issues, hybrid systems are appearing in railway vehicles. These hybrid system vehicles are equipped with an energy storage system that allows effective use of regenerative energy. A hybrid system should be required to improve energy efficiency by actively controlling the power flow among the engine or power supply system, auxiliary power supply, traction and braking system, the energy storage system, etc.

The purpose of introducing hybrid systems includes:

- reducing energy consumption;
- improving vehicle performance;
- providing the ability to run with energy stored onboard; and
- improving environmental characteristics.

The aim of this standard is to establish the basic system configuration for series hybrid systems (electrically connected) and the tests to verify effective use of energy, as well as to provide railway operators and manufacturers with guidelines for manufacturing and evaluating hybrid systems.

The hierarchy of relevant standards related to hybrid systems are summarized in Figure 1. The standards listed in Figure 1 are not exhaustive.



IEC

Figure 1 – Hierarchy of standards related to IEC 62864-1

In this standard, the hybrid system has the following four levels of hierarchy:

- a) vehicle/system interface (level 1);
- b) systems and interfaces (level 2);
- c) components (level 3); and
- d) subcomponents (level 4).

Detailed descriptions of the levels are described in 7.1.

E.g. subcomponent (level 4) is a cell, module etc. (for a battery, a subcomponent is defined in IEC 62620).

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – POWER SUPPLY WITH ONBOARD ENERGY STORAGE SYSTEM –

Part 1: Series hybrid system

1 Scope

This part of IEC 62864 applies to series hybrid systems (electrically connected) with onboard energy storage (hereinafter referred as hybrid system).

A hybrid system has two (or more) power sources including energy storage system (ESS) on board to achieve the following features by combining converter and motors and performing energy management control:

- improving energy and fuel efficiency, improving acceleration characteristics, increasing running distance and uninterrupted running in the event of the loss of the primary power source (PPS), by using an ESS in addition to the primary power source under conditions where the power and capacity of the power source including regenerative power are limited, thus alleviating those limitations;
- reducing fuel consumption, reducing emissions (e.g. CO₂, NO_x, PM, etc.);
- reducing environmental impact (e.g. visible obstruction, noise, etc.).

By extension, systems that have only onboard ESS, without other PPSs, is also considered in this standard.

This standard intends to specify the following basic requirements, characteristics, functions and test methods for hybrid systems:

- energy management to control the power flow among primary power source, energy storage system and power converters;
- energy consumption, energy efficiency and regenerated energy;
- vehicle characteristics achieved by energy storage system;
- test methods of combined test; and
- test methods of completed vehicles based on factory (stationary) and field (running) tests.

NOTE Converter in this standard means combined equipment consisting of one or more converters (e.g. rectifier, inverter, chopper, etc.).

The interfaces between the following power sources are covered:

- external electric power supply system;
- onboard ESSs (including pure onboard energy storage);
- fuel cell, diesel electric generator; and
- other power sources.

As for the combination of inverters and motors, this standard applies to asynchronous motors or synchronous motors that are powered via voltage-source inverters.

Power source systems and combination of inverters and motors are not limited to the listed above, but this standard can also be applied to future systems.

This part of IEC 62864 covers electrically connected systems (series hybrid), and not systems that mechanically transmit the driving force (parallel hybrid).

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 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

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

IEC 61133:2016, *Railway applications – Rolling stock – Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service*

IEC 61287-1, *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

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

IEC 61377:2016, *Railway applications – Rolling stock – Combined test method for traction systems*

IEC 61881-3, *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 3: Electric double-layer capacitors*

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

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	64
INTRODUCTION.....	66
1 Domaine d'application.....	68
2 Références normatives	69
3 Termes, définitions et abréviations.....	70
3.1 Termes et définitions.....	70
3.2 Abréviations.....	73
4 Configuration de la source d'énergie des systèmes hybrides.....	73
4.1 Généralités	73
4.1.1 Vue d'ensemble	73
4.1.2 Exigences relatives à la configuration système	74
4.1.3 Modes de fonctionnement principaux du système hybride série	76
4.1.4 Configuration type des systèmes hybrides série.....	78
4.2 Exemples d'applications	78
4.2.1 Véhicules diesel électriques	78
4.2.2 Véhicules à pile à combustible	80
4.2.3 Véhicules alimentés par une ligne de contact à courant continu: raccordement en parallèle de l'ESS	80
4.2.4 Véhicules alimentés par une ligne de contact à courant continu: raccordement en série de l'ESS.....	82
4.3 Performances des systèmes hybrides série	83
4.3.1 Amélioration de l'efficacité.....	83
4.3.2 Amplification des performances de traction.....	85
4.3.3 Exploitation en mode dégradé	87
5 Conditions d'environnement.....	88
5.1 Généralités	88
5.2 Altitude	88
5.3 Température	88
6 Exigences fonctionnelles et système	89
6.1 Exigences mécaniques.....	89
6.1.1 Contrainte mécanique	89
6.1.2 Protection contre les influences environnementales externes	89
6.2 Exigence de régulation.....	89
6.3 Exigence électrique.....	90
6.3.1 Fonction de charge et décharge externe	90
6.3.2 Exploitation avec le système de stockage de l'énergie seul	90
6.4 Exigence de déconnexion.....	90
6.5 Mode dégradé.....	90
6.6 Exigences de sécurité	90
6.6.1 Protection contre les dangers électriques	90
6.6.2 Comportement au feu et protection contre les incendies	90
6.6.3 Protection contre les autres impacts	90
6.6.4 Protection contre les courts-circuits	90
6.7 Exigences relatives à la durée de vie.....	91
6.8 Exigence supplémentaire relative aux émissions sonores dans le cas d'un système hybride.....	91

7	Types d'essais.....	91
7.1	Généralités	91
7.2	Essai de type	92
7.3	Essai facultatif	92
7.4	Essai individuel de série.....	92
7.5	Catégories d'essais	92
7.6	Critères d'acceptation.....	94
8	Essais combinés.....	95
8.1	Généralités	95
8.2	Conditions d'essai	95
8.3	Régulation de l'ESS	95
8.3.1	Fonction de régulation de charge/décharge de l'ESS	95
8.3.2	Essai de charge externe.....	95
8.3.3	Essai de déconnexion	95
8.3.4	Essai en mode dégradé.....	95
8.3.5	Essai de détermination du SOC/SOE	95
8.4	Couple de sortie.....	96
8.4.1	Essai de balayage de vitesse sous couple à pleine charge.....	96
8.4.2	Essai de couple de sortie avec le système de stockage de l'énergie seul	96
8.5	Essai de séquence du système.....	96
8.6	Efficacité énergétique et consommation d'énergie	97
8.6.1	Généralités	97
8.6.2	Mesure de l'efficacité énergétique et de la consommation d'énergie	98
8.6.3	Détermination de la consommation de combustible et des niveaux d'émission de gaz d'échappement (dans le cas d'un moteur thermique ou d'une pile à combustible)	99
8.7	Durée de marche du véhicule sur l'ESS	100
8.7.1	Généralités	100
8.7.2	Mesure de durée de l'ESS	100
8.8	Essai d'environnement	100
8.8.1	Généralités	100
8.8.2	Essai d'exploitation à basse température	100
8.8.3	Essai d'exploitation à haute température	100
8.9	Essai de protection contre les courts-circuits	101
8.10	Essai d'endurance de l'ESU.....	101
9	Essai du véhicule	101
9.1	Généralités	101
9.2	Essai de déconnexion de l'ESS	101
9.3	Essai de séquence du véhicule.....	102
9.4	Mesure de la consommation d'énergie du système de propulsion	103
9.5	Détermination de la consommation de combustible et des niveaux d'émission de gaz d'échappement (dans le cas d'un moteur thermique ou d'une pile à combustible).....	103
9.5.1	Détermination de la consommation de combustible	103
9.5.2	Détermination des niveaux d'émission de gaz d'échappement.....	103
9.6	Mesure de la consommation d'énergie du circuit auxiliaire.....	103
9.7	Durée de marche du véhicule sur l'ESS	103
9.8	Détermination des émissions acoustiques.....	103
	Annexe A (informative) État de charge (SOC) et état d'énergie (SOE) pour les batteries et les condensateurs.....	104

A.1	Teneur en capacité et en énergie	104
A.1.1	Généralités	104
A.1.2	Énergie théorique.....	105
A.1.3	Énergie assignée	105
A.1.4	Énergie utilisable	105
A.2	Teneur en SOC et en SOE	106
A.2.1	Généralités	106
A.2.2	Contexte théorique.....	106
A.2.3	Contexte courant.....	107
A.2.4	Contexte effectif ou pratique.....	107
A.2.5	Coefficient d'utilisation	107
Annexe B (informative)	Termes et définitions relatifs à l'énergie.....	109
B.1	Généralités	109
B.2	Termes et définitions relatifs aux indices de récupération.....	109
B.3	Indices de performances énergétiques des systèmes hybrides série.....	110
B.3.1	Généralités	110
B.3.2	Emplacements de mesure	110
B.3.3	Classe de la source d'alimentation primaire	111
B.3.4	Consommation d'énergie	112
B.3.5	Efficacité de récupération.....	114
Annexe C (informative)	Lois et réglementations en matière de protection contre les incendies applicables à la présente norme	116
C.1	Généralités	116
C.2	Chine.....	116
C.3	Europe.....	116
C.4	Japon	116
C.5	Russie	116
C.6	États-Unis d'Amérique.....	116
Annexe D (informative)	Liste des paragraphes soumis à un accord entre l'exploitant et le constructeur.....	117
Bibliographie		119
Figure 1	– Hiérarchie des normes associées à l'IEC 62864-1	67
Figure 2	– Diagramme fonctionnel d'un système hybride série	76
Figure 3	– Exemple de configuration d'un système hybride série où tous les sous-composants du circuit principal sont connectés à la liaison en courant continu commune.....	78
Figure 4	– Système hybride série équipant des véhicules diesel électrique	79
Figure 5	– Système hybride série équipant des véhicules à pile à combustible	80
Figure 6	– Système hybride série équipant des véhicules alimentés par une ligne de contact avec raccordement en parallèle de l'ESS.....	81
Figure 7	– Système hybride série équipant des véhicules alimentés par une ligne de contact avec raccordement en série de l'ESS	82
Figure 8	– Système de propulsion diesel électrique (sans ESS)	84
Figure 9	– Système de propulsion alimenté par une ligne de contact (sans ESS).....	85
Figure 10	– Amplification des performances de traction grâce à l'ESS embarqué	87
Figure 11	– Exemple de performances en mode dégradé par l'ESS embarqué	88
Figure A.1	– Différence de teneur en capacité et en énergie	104

Figure B.1 – Exemple de diagramme fonctionnel d'un système hybride série.....	111
Tableau 1 – Modes de fonctionnement principaux du système hybride série.....	77
Tableau 2 – Liste des essais.....	93
Tableau D.1 – Liste des paragraphes soumis à un accord entre l'exploitant et le constructeur	117

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ALIMENTATION ÉQUIPÉE D'UN SYSTÈME EMBARQUÉ DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE –

Partie 1: Système hybride série

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 62864-1 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
9/2154/FDIS	9/2176/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 62864, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Alimentation équipée d'un système embarqué de stockage de l'énergie*, 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. À cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

Face à la diminution des sources d'énergie à base de combustibles fossiles, il existe un besoin croissant en faveur d'une utilisation efficace de l'énergie et d'une réduction des émissions (p. ex.: CO₂, NO_x, PM, etc.) qui contribuent au changement climatique à l'échelle mondiale. Il convient que le réseau de chemins de fer, qui est essentiellement un réseau de transport écoénergétique, satisfasse également à ces exigences. Outre les économies d'énergie, il est nécessaire de réduire la puissance de crête, de stabiliser la tension et de pouvoir circuler sans puiser de la puissance dans les zones à environnement visuel protégé, mais également de pouvoir circuler de manière à atteindre la prochaine station en toute sécurité dans l'éventualité d'une panne d'alimentation électrique à bord du véhicule ou au niveau du système d'alimentation. Pour répondre à ces problèmes, des systèmes hybrides sont en train de faire leur apparition dans les véhicules ferroviaires. Ces véhicules hybrides sont équipés d'un système de stockage de l'énergie qui permet une utilisation efficace de l'énergie de récupération. Il convient qu'un système hybride doive améliorer l'efficacité énergétique en procédant à une régulation active du flux de puissance au sein du moteur thermique ou du système d'alimentation, du système auxiliaire d'alimentation, de traction et de freinage, du système de stockage de l'énergie, etc.

L'introduction de systèmes hybrides a notamment pour objet:

- la diminution de la consommation d'énergie;
- l'amélioration des performances des véhicules;
- l'aptitude du véhicule à circuler en utilisant l'énergie stockée embarquée; et
- l'amélioration des caractéristiques d'environnement.

L'objectif de la présente norme est d'établir la configuration fondamentale du système pour les systèmes hybrides série (raccordés électriquement) et les essais visant à vérifier l'utilisation efficace de l'énergie, mais également à fournir aux exploitants et constructeurs ferroviaires les lignes directrices relatives à la fabrication et à l'évaluation des systèmes hybrides.

La hiérarchie des normes applicables aux systèmes hybrides est résumée à la Figure 1. Les normes répertoriées dans la Figure 1 ne sont pas exhaustives.

Vue d'ensemble du cadre technique

- Niveau 1: interface véhicule/système

IEC 62864-1

Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Alimentation équipée d'un système embarqué de
stockage de l'énergie –
Partie 1: Système hybride série

IEC 61133

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais
de matériel roulant après achèvement et avant mise
en service

IEC 61377

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Méthode
d'essais combinés pour systèmes de traction

- Niveau 2: Système et interfaces

- Niveau 3: Composants

IEC 61287-1

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

IEC 60349 (toutes les parties)

Traction électrique – Machines électriques tournantes
des véhicules ferroviaires et routiers

- Niveau 4: Sous-composants

IEC 62928¹

Railway applications – Rolling stock equipment –
Onboard lithium ion traction batteries
(disponible en anglais seulement)

¹A l'étude

IEC 61881-3

Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Condensateurs pour électronique de puissance –
Partie 3: Condensateurs électriques à double couche

IEC

Figure 1 – Hiérarchie des normes associées à l'IEC 62864-1

Dans la présente norme, le système hybride possède les quatre niveaux de hiérarchie suivants:

- a) l'interface véhicule/système (niveau 1);
- b) les systèmes et interfaces (niveau 2);
- c) les composants (niveau 3); et
- d) les sous-composants (niveau 4).

Les niveaux sont décrits de manière approfondie en 7.1.

Par exemple, le sous-composant (niveau 4) est un élément, un module, etc. (pour la batterie, le sous-composant est défini dans l'IEC 62620).

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ALIMENTATION ÉQUIPÉE D'UN SYSTÈME EMBARQUÉ DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE –

Partie 1: Système hybride série

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62864 s'applique aux systèmes hybrides série (raccordés électriquement) équipés d'un système embarqué de stockage de l'énergie (ci-après dénommé le système hybride).

Un système hybride comporte au moins deux sources d'énergie, dont un système embarqué de stockage de l'énergie (ESS), afin de réunir les caractéristiques suivantes en combinant un convertisseur et des moteurs et en procédant à une régulation de la gestion d'énergie:

- amélioration de l'efficacité énergétique et du rendement du combustible, amélioration des caractéristiques d'accélération, amélioration de la distance de marche et marche ininterrompue en cas de perte de la source d'alimentation primaire (PPS), en utilisant un ESS en plus de la source d'alimentation primaire dans des conditions où la puissance et la capacité de la source d'énergie (notamment l'énergie de récupération) sont limitées, ce qui permet ainsi de réduire le plus possible ces limitations;
- réduction de la consommation de combustible, réduction des émissions (p. ex.: CO₂, NO_x, PM, etc.);
- diminution de l'impact sur l'environnement (p. ex.: obstruction visuelle, bruit, etc.).

Par extension, les systèmes ne comportant qu'un ESS embarqué, sans autres PPS, sont également pris en compte dans la présente norme.

La présente norme vise à spécifier la liste suivante d'exigences fondamentales, de caractéristiques, de fonctions et de méthodes d'essai relatives aux systèmes hybrides:

- la gestion de l'énergie afin de réguler le flux de puissance au sein de la source d'alimentation primaire, du système de stockage de l'énergie et des convertisseurs de puissance;
- la consommation d'énergie, l'efficacité énergétique et l'énergie régénérée;
- les caractéristiques du véhicule obtenues par le système de stockage de l'énergie;
- les méthodes d'essai pour l'essai combiné; et
- les méthodes d'essai des véhicules après achèvement (véhicules montés) selon des essais réalisés en usine (stationnaires) et sur le terrain (en marche).

NOTE Dans la présente norme, le convertisseur signifie l'équipement combiné constitué d'un ou de plusieurs convertisseurs (p. ex.: redresseur, onduleur, hacheur, etc.).

Les interfaces entre les sources d'énergie suivantes sont couvertes:

- le système d'alimentation électrique externe;
- les ESS embarqués (y compris le stockage embarqué de l'énergie pur);
- la pile à combustible, la génératrice diesel électrique; et
- les autres sources d'énergie.

En ce qui concerne la combinaison d'onduleurs et de moteurs, la présente norme s'applique aux moteurs synchrones ou asynchrones qui sont alimentés par des onduleurs à source de tension.

Les systèmes à source d'énergie et la combinaison d'onduleurs et de moteurs ne se limitent pas aux éléments mentionnés ci-avant, mais la présente norme peut également s'appliquer aux systèmes futurs.

La présente partie de l'IEC 62864 couvre les systèmes raccordés électriquement (hybrides série), mais pas les systèmes qui transmettent la force motrice de manière mécanique (hybrides parallèles).

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 60050-811, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

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

IEC 61133:2016, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de matériel roulant après achèvement et avant mise en service*

IEC 61287-1, *Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant – Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais*

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

IEC 61377:2016, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Méthode d'essais combinés pour systèmes de traction*

IEC 61881-3, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Condensateurs pour électronique de puissance – Partie 3: Condensateurs électriques à double couche*

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

IEC 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)*

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