

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61377-1**

Première édition  
First edition  
2006-02

---

---

**Applications ferroviaires –  
Matériel roulant –**

**Partie 1:  
Essais combinés de moteurs à courant alternatif  
alimentés par onduleur et de leur régulation**

**Railway applications –  
Rolling stock –**

**Part 1:  
Combined testing of inverter-fed alternating  
current motors and their control system**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61377-1:2006

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61377-1**

Première édition  
First edition  
2006-02

---

---

**Applications ferroviaires –  
Matériel roulant –**

**Partie 1:  
Essais combinés de moteurs à courant alternatif  
alimentés par onduleur et de leur régulation**

**Railway applications –  
Rolling stock –**

**Part 1:  
Combined testing of inverter-fed alternating  
current motors and their control system**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**T**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	10
3 Termes et définitions .....	12
4 Conditions d'environnement .....	16
5 Caractéristiques d'un système combiné.....	16
5.1 Caractéristiques spécifiées.....	16
5.2 Caractéristiques de base.....	20
5.3 Caractéristiques d'un système combiné.....	20
5.4 Echange d'information et responsabilité .....	30
6 Catégories d'essais .....	30
6.1 Généralité .....	30
6.2 Essais de type.....	30
6.3 Essais d'investigation .....	30
7 Essais .....	30
7.1 Généralité .....	30
7.2 Conditions d'essai .....	32
7.3 Essais d'échauffement .....	34
7.4 Essais additionnels pour des moteurs asynchrones parallèles.....	36
7.5 Relevé des caractéristiques et tolérances .....	38
7.6 Essais divers.....	40
7.7 Essais d'investigation.....	44
Annexe A (normative) Accords entre exploitant et constructeur.....	46
Figure 1 – Transmission pour la traction .....	8
Figure 2 – Exemple de points de mesure de l'alimentation continue d'entrée .....	18
Figure 3 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de tension (deux exemples).....	22
Figure 4 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de tension.....	24
Figure 5 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de courant .....	26
Figure 6 – Caractéristiques obligatoires – système combiné synchrone à source de courant .....	28
Figure 7 – Disposition de banc d'essai pour l'essai en récupération.....	34
Figure 8 – Effet d'un écart de diamètre des roues sur la caractéristique de couple des moteurs asynchrones.....	36
Figure 9 – Exemple de plage de fonctionnement d'un système combiné à source de tension.....	42
Tableau 1 – Liste des essais.....	44

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	9
2 Normative references .....	11
3 Terms and definitions .....	13
4 Environmental conditions.....	17
5 Combined system characteristics .....	17
5.1 Specified characteristics.....	17
5.2 Declared characteristics .....	21
5.3 Combined system characteristics .....	21
5.4 Exchange of information and responsibility.....	31
6 Test categories.....	31
6.1 General .....	31
6.2 Type tests .....	31
6.3 Investigation tests .....	31
7 Tests .....	31
7.1 General .....	31
7.2 Test conditions.....	33
7.3 Temperature-rise tests .....	35
7.4 Additional tests for paralleled asynchronous motors .....	37
7.5 Characteristic tests and tolerances.....	39
7.6 Miscellaneous tests.....	41
7.7 Investigation tests .....	45
Annex A (normative) Agreement between user and manufacturer .....	47
Figure 1 – Traction drive.....	9
Figure 2 – Example of measurement points of the d.c. input .....	19
Figure 3 – Mandatory characteristics – voltage source asynchronous combined system (two examples) .....	23
Figure 4 – Mandatory characteristics – voltage source asynchronous combined system .....	25
Figure 5 – Mandatory characteristics – current source asynchronous combined system.....	27
Figure 6 – Mandatory characteristics – current source synchronous combined system.....	29
Figure 7 – Test bed arrangement for back-to-back test of an asynchronous combined system.....	35
Figure 8 – Effect of wheel diameter mismatch on the torque characteristic of asynchronous motors.....	37
Figure 9 – Example of operating range of a voltage source combined system.....	43
Table 1 – List of tests .....	45

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

### Partie 1: Essais combinés de moteurs à courant alternatif alimentés par onduleur et de leur régulation

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61377-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette publication annule et remplace la CEI 61377 (1996).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/904/FDIS	9/929/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.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**RAILWAY APPLICATIONS –  
ROLLING STOCK –**
**Part 1: Combined testing of inverter-fed  
alternating current motors and their control 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 61377-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This publication cancels and replaces IEC 61377 (1996).

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

FDIS	Report on voting
9/904/FDIS	9/929/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.

La présente révision de la CEI 61377 (1996) a été faite de manière à être cohérente du point de vue rédactionnel et technique avec la Partie 2, Moteurs de traction à courant continu alimentés par hacheur et leur régulation, et avec la Partie 3, Moteurs à courant alternatif alimentés par un convertisseur à deux étages et leur régulation.

La CEI 61377 est constituée des parties suivantes, sous le titre général *Applications ferroviaires – Matériel roulant*:

- Partie 1: Essais combinés de moteurs à courant alternatif alimentés par onduleur et de leur régulation
- Partie 2: Essais combinés – Moteurs de traction à courant continu alimentés par hacheur et leur régulation
- Partie 3: Essais combinés des moteurs à courant alternatif, alimentés par un convertisseur à deux étages, et leur régulation

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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.

.....



The present revision of IEC 61377 (1996) has been done to be editorially and technically consistent with the Part 2, Chopper-fed direct current traction motors and their control, and Part 3, Alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system.

IEC 61377 consists of the following parts, under the general title *Railway applications – Rolling stock*:

- Part 1: Combined testing of inverter-fed alternating current motors and their control system
- Part 2: Combined testing – Chopper-fed direct current traction motors and their control
- Part 3: Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

## APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

### Partie 1: Essais combinés de moteurs à courant alternatif alimentés par onduleur et de leur régulation

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61377 s'applique aux combinaisons de moteur(s), d'onduleur et de leur système de régulation, et elle a pour objet de spécifier:

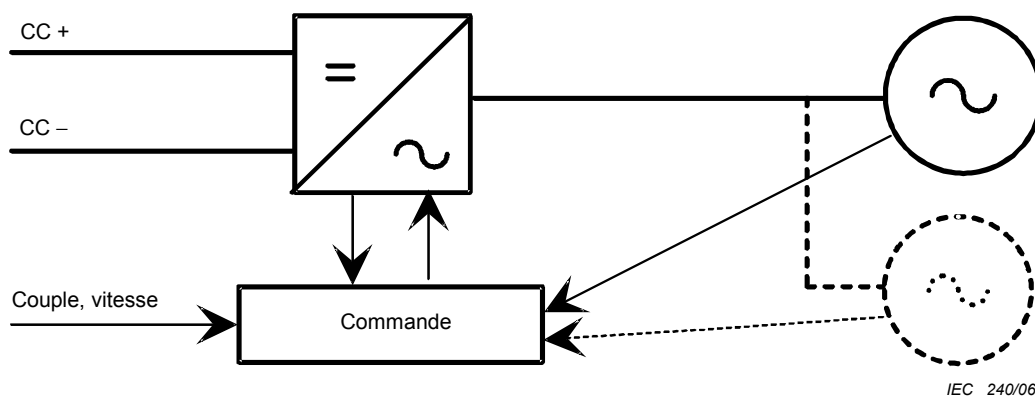
- les caractéristiques de performances des transmissions électriques constituées par un onduleur, des moteurs à courant alternatif et leur système de régulation;
- des méthodes de vérification de ces caractéristiques de performances par des essais.

Deux catégories de systèmes combinés peuvent être considérées:

- a) les moteurs à courant alternatif alimentés par un onduleur sans aucune régulation entre les grandeurs mécaniques de sortie (couple, vitesse) et l'onduleur lui-même (principalement des moteurs auxiliaires, par exemple des moteurs de ventilateurs de refroidissement). Le moteur fonctionne exactement comme s'il était alimenté par un jeu de barres omnibus (à fréquence et tension variables ou non);
- b) le (les) moteur(s) à courant alternatif (pouvant être alimentés ou non en parallèle) avec une régulation entre les grandeurs mécaniques de sortie et l'onduleur.

La première catégorie de systèmes est essayée conformément à la CEI 60349-2 et à la CEI 61287-1.

La présente norme s'applique à la seconde catégorie, principalement aux transmissions pour la traction.



**Figure 1 – Transmission pour la traction**

La CEI 60349-2 s'applique aux moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs, la CEI 61287-1 aux convertisseurs électroniques de puissance, la CEI 60571 aux équipements électroniques, la présente norme s'applique à la combinaison d'un ou de plusieurs moteurs, d'un onduleur et de leur système de contrôle. En conséquence, la CEI 60349-2 décrit les essais permettant de démontrer que le moteur est conforme à sa spécification, la CEI 61287-1 fait de même pour l'onduleur. Il va de soi que certains des essais mentionnés dans la présente norme peuvent généralement remplacer les essais correspondants décrits dans les normes susmentionnées. Il est recommandé qu'un accord soit conclu entre les parties pour éviter la duplication des essais.

## RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –

### Part 1: Combined testing of inverter-fed alternating current motors and their control system

#### 1 Scope and object

This part of IEC 61377 applies to the combinations of motor(s), inverter and their control system, and its object is to specify:

- the performance characteristics of electric drives consisting of an inverter, alternating current motors, and the related control system;
- methods of verifying these performance characteristics by tests.

Two categories of combined systems can be considered:

- a) alternating current motors fed from an inverter without any control between the mechanical output (torque, speed) and the inverter itself (mostly auxiliary motors, for example cooling fan motors). The motor works exactly as if it were fed from a busbar (at variable frequency and voltage or not);
- b) alternating current motor(s) (paralleled or not) with a control between the mechanical output and the inverter.

The first category of systems is tested according to IEC 60349-2 and IEC 61287-1.

This standard applies to the second category, mainly traction drives.

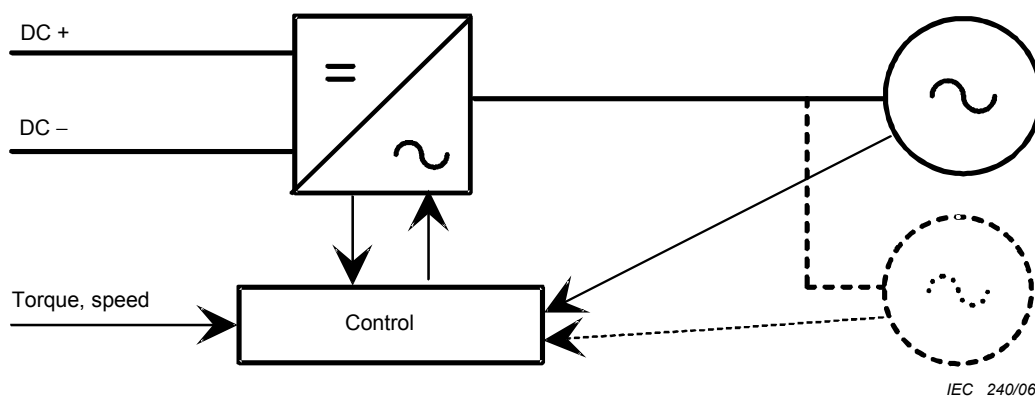


Figure 1 – Traction drive

IEC 60349-2 applies to convertor-fed alternating current motors, IEC 61287-1 to power electronic convertors, IEC 60571 to electronic equipments, and this standard applies to the combination of motor(s), inverter, and their control system. As a consequence, IEC 60349-2 describes the tests to demonstrate the compliance of the motor to its specification, IEC 61287-1 does the same for the inverter. It is self-evident that some of the tests mentioned in this standard generally may replace the corresponding ones described in the above-mentioned standards. An agreement should be reached between the parties to avoid the duplication of tests.

Un essai combiné total est lourd à exécuter et exige souvent une forte puissance, qui n'est pas toujours disponible dans un atelier. Un accord entre exploitant et constructeur peut être trouvé pour permettre cet essai soit dans l'atelier, soit sur le véhicule. L'essai peut être réalisé pour une part dans un atelier et pour l'autre part sur la voie.

Au moment de la rédaction de cette norme, seules les combinaisons de moteurs et d'onduleurs dont la liste est donnée ci-dessous avaient été utilisées pour les applications de la traction, mais il n'est pas exclu qu'elle puisse s'appliquer à d'autres combinaisons qui pourraient être utilisées dans l'avenir:

- moteurs asynchrones alimentés par onduleur source de tension;
- moteurs asynchrones alimentés par onduleur source de courant;
- moteurs synchrones alimentés par onduleur source de courant.

La source de ces onduleurs peut être une ligne d'alimentation en courant continu, un redresseur, un hacheur, un convertisseur d'entrée, une génératrice diesel avec des redresseurs incorporés, etc.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050(411), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 411: Machines tournantes*

CEI 60050(551), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 551: Electronique de puissance*

CEI 60050(811), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60349-2:2002, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques*

CEI 60571, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires*

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

CEI 61287-1:1995, *Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant – Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essai*

CEI 61377-2:2002, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais combinés – Partie 2: Moteurs de traction à courant continu alimentés par hacheur et leur régulation*

CEI 61377-3:2002, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Partie 3: Essais combinés des moteurs à courant alternatif, alimentés par un convertisseur à deux étages, et leur régulation*

A complete combined test is heavy, and often requires high power, which is not always available in a workshop. An agreement between user and manufacturer may be reached to allow testing either in the workshop or on the vehicle. Testing may be split off partially in a workshop and partially on track.

At the time of drafting this standard, only the following combinations of motors and inverters were used for traction applications, but it may also apply to other combinations which may be used in the future:

- asynchronous motors fed by voltage stiff (voltage source) inverter;
- asynchronous motors fed by current stiff (current source) inverter;
- synchronous motors fed by current stiff (current source) inverter.

The input of these inverters can be a d.c. supply line, a rectifier, a chopper, an input convertor, a diesel generator with integrated rectifiers, etc.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendment) applies. .

IEC 60050(411), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machinery*

IEC 60050(551), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 551: Power electronics*

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

IEC 60349-2:2002, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC 60571, *Electronic equipment used on rail vehicles*

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

IEC 61287-1:1995, *Railway applications – Power convertors installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61377-2:2002, *Railway applications – Rolling stock – Combined testing – Part 2: Chopper-fed direct current traction motors and their control*

IEC 61377-3:2002, *Railway applications – Rolling stock – Part 3: Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050(411), la CEI 60050(551), la CEI 60050(811), la CEI 61287-1, la CEI 60349-2 et les suivants s'appliquent:

#### 3.1 système combiné

élément constitué par l'onduleur, le ou les moteurs et la régulation qui s'y rapporte, les câbles de puissance équivalents qui les relient et un système de refroidissement équivalent

#### 3.2 exploitant

organisme qui commande le système combiné. L'exploitant est normalement un organisme qui utilise le véhicule ou l'équipement, à moins que la responsabilité ne soit déléguée à un maître d'œuvre principal ou à un consultant

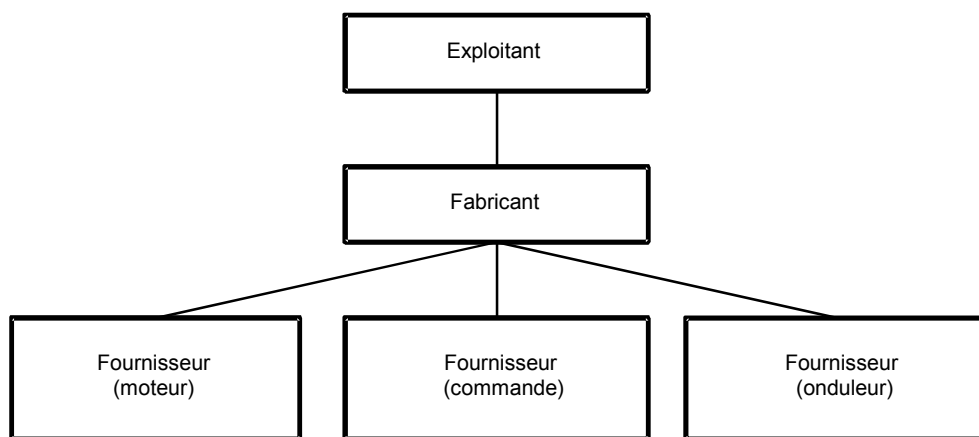
#### 3.3 constructeur

organisme qui a la responsabilité technique de la fourniture du système combiné

NOTE Le constructeur tel qu'il est défini ci-dessus peut aussi être le fournisseur du moteur, le fournisseur de l'onduleur, le fournisseur de la régulation, ou le fournisseur de tous ou d'aucun de ces constituants.

#### 3.4 fournisseur

organisme qui a la responsabilité d'un ou de plusieurs constituants du système combiné



IEC 241/06

#### 3.5 ateliers du constructeur

lieu où les essais sont généralement effectués

#### 3.6 service

stipulation de la charge à laquelle est soumis le système combiné, en incluant le cas échéant les périodes de freinage électrique, de marches à vide, de repos, ainsi que leur durée et leur ordre de succession dans le temps

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050(411), IEC 60050(551), IEC 60050(811), IEC 61287-1, IEC 60349-2 and the following apply:

#### 3.1

##### **combined system**

unit consisting of the inverter, the motor(s), their related control system, equivalent power cables connecting them, and an equivalent cooling system

#### 3.2

##### **user**

organization which orders the combined system. The user is normally an organization which uses the vehicle or the equipment, unless the responsibility is delegated to a main contractor or consultant

#### 3.3

##### **manufacturer**

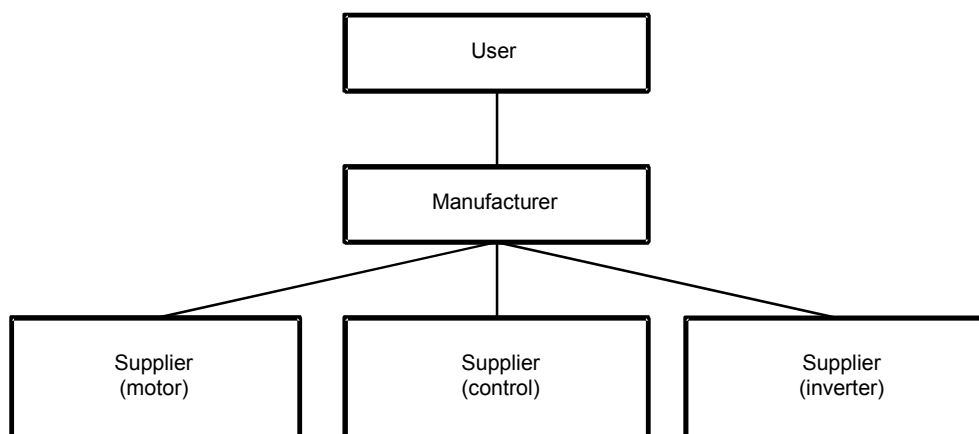
organization which has the technical responsibility for the supply of the combined system

NOTE The manufacturer as defined above may also be the supplier of the motor, of the inverter, of the control, or of all of them, or of none of them.

#### 3.4

##### **supplier**

organization which has the responsibility of one or more of the constituents of the combined system



IEC 241/06

#### 3.5

##### **manufacturer's works**

location where tests are generally performed

#### 3.6

##### **duty**

statement of the load to which the combined system is subjected, including, if applicable, electric braking, no load, rest and de-energized periods, including their durations and sequence in time

### 3.7

#### **cycle de service d'un véhicule/profil de charge**

le cycle de service d'un véhicule est la vitesse, la masse du train et la voie en fonction du temps

Le profil de charge du convertisseur est calculé par l'ingénierie à partir du cycle de service du véhicule. Le profil de charge (courant/puissance par rapport au temps) est le cycle répétitif, ou le courant/la puissance de charge dans des conditions spécifiées telles que le démarrage ou le freinage. La tension est également prise en considération

### 3.8

#### **régime assigné d'un système combiné**

ensemble des valeurs simultanées des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribuées au système combiné par le constructeur

### 3.9

#### **valeur assignée**

valeur numérique de toute grandeur mentionnée dans un régime assigné

### 3.10

#### **régime continu assigné**

puissance mécanique que le système combiné peut délivrer au banc d'essai à une vitesse donnée pendant une durée illimitée sans dépasser les limites d'échauffement données dans la CEI 60349-2 et la CEI 61287-1

NOTE Plusieurs régimes continus peuvent être spécifiés.

### 3.11

#### **régime de courte durée assigné (par exemple, régime unihoraire)**

puissance mécanique que le système combiné peut délivrer au banc d'essai, à une vitesse donnée, pendant la durée fixée, sans dépasser les limites d'échauffement données dans le Tableau 2 de la CEI 60349-2 et dans la CEI 61287-1, en démarrant avec le système combiné froid, toutes les autres exigences des normes mentionnées ici étant satisfaites

### 3.12

#### **régime de surcharge de courte durée assigné**

puissance mécanique que le système combiné peut délivrer au banc d'essai à une vitesse donnée pendant la durée fixée. L'essai est pratiqué comme il est spécifié en 8.1.6 de la CEI 60349-2, sans dépasser les limites d'échauffement données dans le Tableau 3 de la CEI 60349-2 et dans la CEI 61287-1

NOTE Les régimes de surcharge de courte durée assignés concourent à déterminer l'aptitude des systèmes combinés à assurer des services qui comprennent des périodes d'utilisation de durée relativement longue à un régime inférieur au régime continu, suivie d'une période à un régime supérieur à celui-ci. Ces fonctionnements sont caractéristiques de ceux se produisant sur des locomotives. Ils ne sont pas applicables à des cycles répétitifs de courte charge tels que ceux que l'on peut rencontrer dans les transports urbains et similaires. Il ne convient pas qu'ils soient spécifiés pour de telles applications.

### 3.13

#### **régime intermittent assigné**

cycle de service pour lequel le système combiné peut fonctionner sans que l'échauffement en aucun point ne dépasse les limites données dans la CEI 60349-2 et dans la CEI 61287-1

### 3.14

#### **régime périodique assigné**

service périodique qui peut être appliqué au système combiné sans que l'échauffement en aucun point ne dépasse les limites données dans la CEI 60349-2 et dans la CEI 61287-1



**3.7****duty cycle of vehicle/load profile**

duty cycle of vehicle is the speed and mass of train and track over the time.

The load profile for converter is calculated by the engineering from the duty cycle of vehicle. Load profile (current/power versus time) is the repetitive cycle or the load current/power under specified conditions such as starting and braking. Also the voltage has to be considered

**3.8****rating of a combined system**

combination of simultaneous values of electrical and mechanical quantities, with their duration and sequence, assigned to the combined system by the manufacturer

**3.9****rated value**

numerical value of any quantity included in a rating

**3.10****continuous rating**

mechanical output that the combined system can deliver on the test bed at a given speed for an unlimited time without exceeding the limits of temperature rise given in IEC 60349-2 and IEC 61287-1

NOTE Several continuous ratings may be specified.

**3.11****short-time rating (for example 1 h)**

mechanical output that the combined system can deliver on the test bed at a given speed for the stated time without exceeding the limits of temperature rise given in Table 2 of IEC 60349-2 and in IEC 61287-1, starting with the combined system cold, all other requirements of here mentioned standards being satisfied

**3.12****short-time overload rating**

mechanical output that the combined system can deliver on the test bed at a given speed for the stated time. The test is carried out as specified in 8.1.6 of IEC 60349-2, without exceeding the limits of temperature rise given in Table 3 of IEC 60349-2 and in IEC 61287-1

NOTE Short-time overload ratings are of value in determining the suitability of combined systems for duties which involve relatively long periods of operation below the continuous rating followed by a period above it. These are most likely to occur in locomotive applications. They are not relevant to repeated short-load cycles of rapid transit and similar duties, and should not be specified for such applications.

**3.13****intermittent duty rating**

duty cycle on which the combined system may be operated without the temperature rise at any point exceeding the limits given in IEC 60349-2 and IEC 61287-1

**3.14****periodic duty rating**

periodic duty on which the combined system may be operated without the temperature rise at any point exceeding the limits given in IEC 60349-2 and IEC 61287-1

## 4 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement relatives au moteur, à l'onduleur et à leur système de régulation sont détaillées dans la CEI 60349-2, la CEI 61287-1 et la CEI 60571.

## 5 Caractéristiques d'un système combiné

### 5.1 Caractéristiques spécifiées

La spécification d'un système combiné doit, en règle générale, comprendre des courbes caractéristiques. Ces courbes sont définies comme les «caractéristiques spécifiées». Elles doivent être tracées jusqu'aux limites de fonctionnement pour chaque variable. Elles doivent être tracées pour la source de courant continu du système de traction à sa valeur nominale spécifiée. Elles peuvent aussi être tracées pour la plus haute et la plus basse tension d'alimentation du réseau de traction si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur. Ces caractéristiques doivent être tracées pour une température de référence des enroulements du moteur de 150 °C, et pour les températures des composants de l'onduleur prévues par le fournisseur.

La Figure 2 donne quelques exemples des points où la tension et le courant continus peuvent être définis pour obtenir des conditions de mesure sûres.

## **4 Environmental conditions**

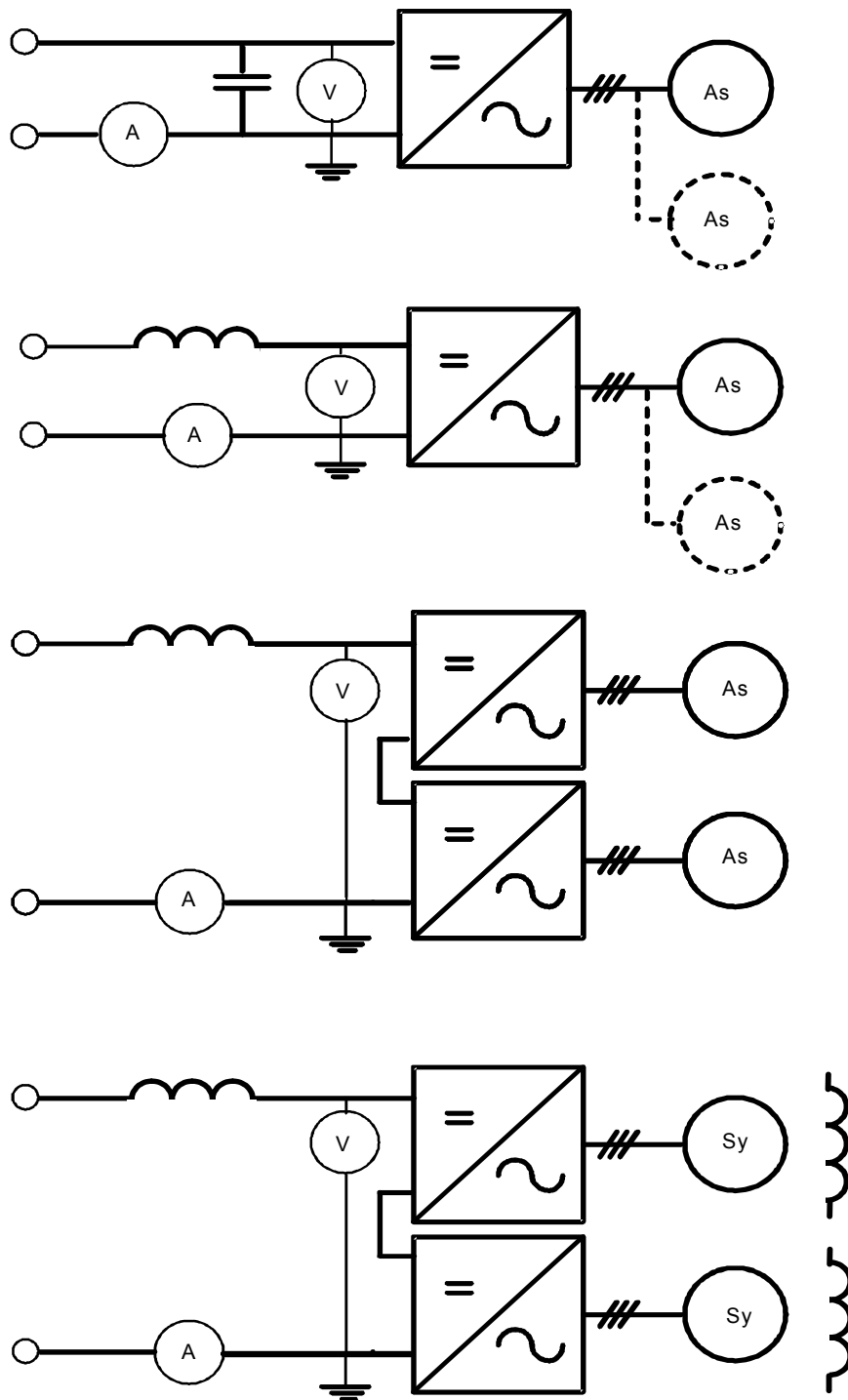
Environmental conditions relative to motor, inverter, and control system are detailed in IEC 60349-2, IEC 61287-1 and IEC 60571.

## **5 Combined system characteristics**

### **5.1 Specified characteristics**

Combined system specifications shall, as a general rule, include characteristic curves. These curves are defined as the "specified characteristics". They shall be plotted to the designed operating limits of each variable. They shall generally be drawn for the d.c. supply voltage of the traction system at its specified nominal value. They may also be drawn for the lower and higher voltage of the supply of the traction system if agreed between user and manufacturer. These characteristics shall be drawn for a reference temperature of the windings of the motor of 150 °C, and the temperature of the parts of the inverter expected by the supplier.

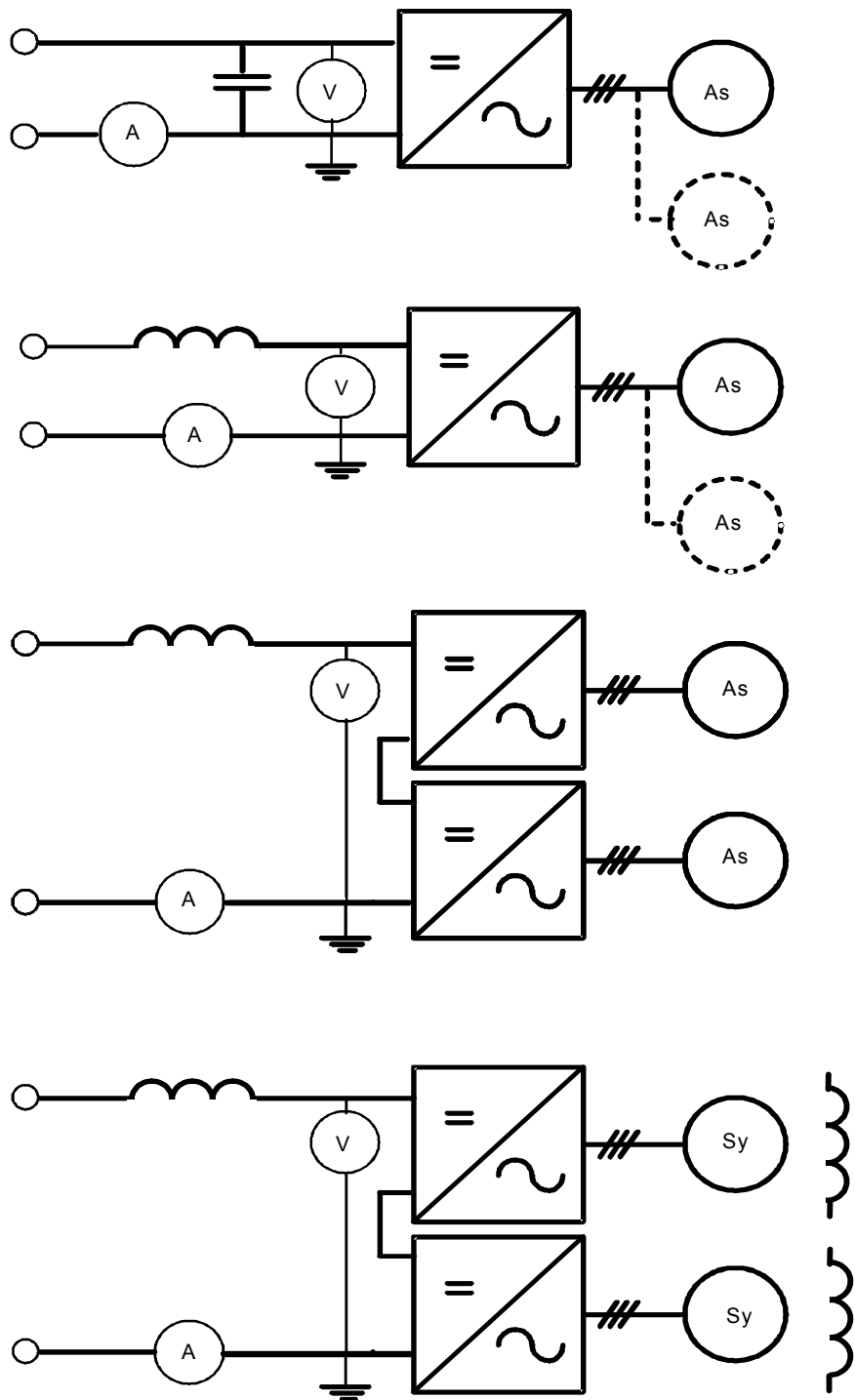
Figure 2 gives some examples of the points where d.c. voltage and current may be defined in order to have safe measurement conditions.



IEC 242/06

**Figure 2 – Exemple de points de mesure de l'alimentation continue d'entrée**

En variante au couple et à la vitesse, les caractéristiques peuvent représenter l'effort de traction aux roues et la vitesse du véhicule. Dans ce cas, le rapport d'engrenage, le diamètre des roues et les pertes de la transmission doivent être indiqués. Si des valeurs conventionnelles sont utilisées pour ces dernières, elles doivent être conformes à la Figure B.1 de la CEI 60349-2.



IEC 242/06

**Figure 2 – Example of measurement points of the d.c. input**

As an alternative to the torque and speed, the characteristics may show tractive effort at the wheels and vehicle speed. In which case, the gear ratio, wheel diameter and transmission losses shall be stated. If conventional values are used for the latter, they shall be in accordance with Figure B.1 of IEC 60349-2.

Les caractéristiques spécifiées doivent être soumises à l'exploitant avant que la commande du système combiné ne soit enregistrée, sauf autre spécification.

Les valeurs de la tension d'alimentation du réseau de traction doivent être spécifiées par l'exploitant. Il est recommandé de les choisir de préférence parmi les valeurs normalisées de la CEI 60850.

## 5.2 Caractéristiques de base

Les caractéristiques de base sont les courbes caractéristiques obtenues à partir des résultats de l'essai de type effectué suivant 7.5.

## 5.3 Caractéristiques d'un système combiné

Les caractéristiques de base et les caractéristiques spécifiées du système combiné, représentées en fonction de la vitesse, sur la plage complète de fonctionnement sont:

- a) les caractéristiques externes telles que le couple mécanique moyen et la valeur moyenne des grandeurs d'entrée côté courant continu: tension, courant et puissance du système combiné;
- b) les caractéristiques internes telles que la valeur efficace du courant de sortie de l'onduleur, la valeur efficace des composantes fondamentales du courant et de la tension de sortie de l'onduleur, le glissement pour les moteurs asynchrones et le courant d'excitation pour les moteurs synchrones;
- c) des valeurs internes telles que les transitoires, qui sont le point à point et le point à la terre des tensions de crête, températures, etc.

NOTE Les transitoires internes de commutation servent à vérifier la tension d'essai diélectrique des constituants.

Si le rendement est un paramètre important, il doit être demandé et cette caractéristique doit aussi être représentée. Le rendement est particulièrement important pour les systèmes combinés utilisés sur le matériel roulant thermique à transmission électrique ou les véhicules alimentés par batterie.

Les caractéristiques de rendement du système combiné doivent prendre en considération le moteur, l'onduleur, les câbles et tous les autres composants appropriés.

La mesure de rendement doit inclure les pertes par excitation dans le cas des machines synchrones.

Les caractéristiques doivent être tracées au moins pour la référence maximale de couple (valeur affichée du manipulateur) sur la plage complète de vitesse de fonctionnement, en traction et en freinage si le freinage électrique est proposé.

Seules les caractéristiques externes et le maximum des transitoires répétitives de commutation internes sont obligatoires. Les autres valeurs et caractéristiques internes doivent être mesurées, mais les résultats ne doivent pas influencer la réception du système combiné.

Les Figures 3 à 6 présentent des exemples des courbes obligatoires les plus communes.

The specified characteristics shall be submitted to the user before the order for the combined system is placed, unless otherwise specified.

The values of the supply voltage of the traction system shall be specified by the user. They should preferably be the standard values according to IEC 60850.

## 5.2 Declared characteristics

Characteristic curves obtained from the results of type tests carried out in accordance with 7.5.

## 5.3 Combined system characteristics

The specified and declared characteristics of the combined system shown as a function of speed, over the whole application range are:

- a) external characteristics such as the mean mechanical torque, the mean values of the d.c. input: voltage, current and power of the combined system;
- b) internal characteristics such as the root-mean-square value of the output current of the inverter, the root-mean-square of the fundamental components of the output current and voltage of the inverter, the slip of asynchronous motors, and the excitation current for synchronous motors;
- c) internal values such as switching transients, which are the point-to-point and point-to-earth peak voltage, temperatures, etc.

NOTE Internal switching transients are of use to check the dielectric test voltage of the constituents.

If the efficiency is an important parameter, it shall be requested, and this characteristic shall also be shown. Efficiency is particularly important for combined systems used on thermal/electric rolling stock, or battery-fed vehicles.

The efficiency characteristic of the combined system shall take into account the motor, the inverter, the cables and other relevant components.

The measurement of efficiency shall include excitation losses in the case of synchronous machines.

The characteristics shall be drawn at least for the maximum torque reference (main controller demand) over the entire speed range of the application, in motoring and braking if electric braking is proposed.

Only external characteristics, and the maximum internal repetitive switching transients are mandatory.. The other internal characteristics and values shall be measured, but the results shall not influence the acceptance of the combined system.

Figures 3 to 6 show examples of the most common mandatory curves.

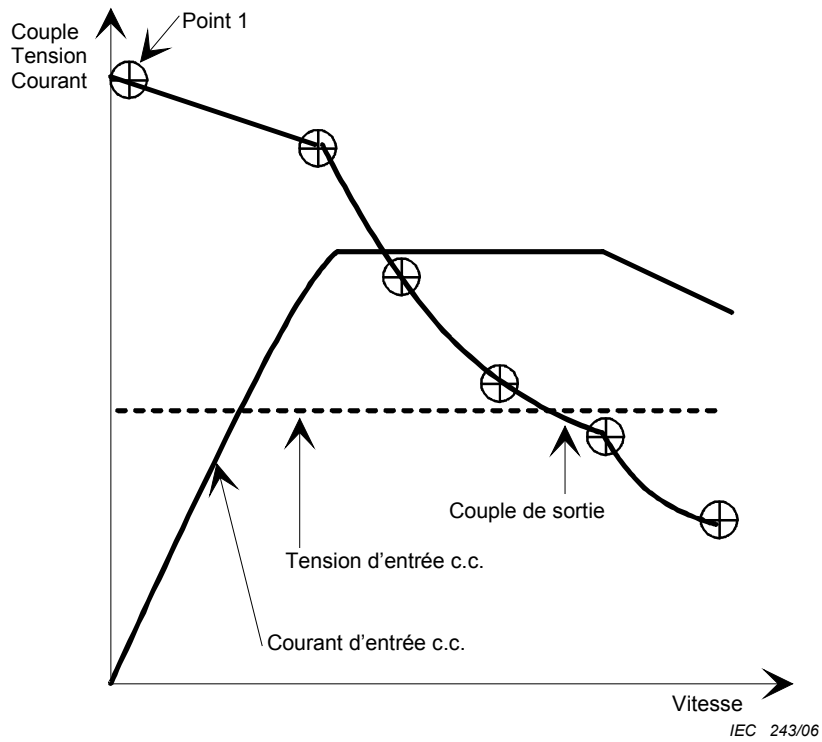


Figure 3a – Caractéristique d'un système combiné asynchrone à source de tension: exemple 1

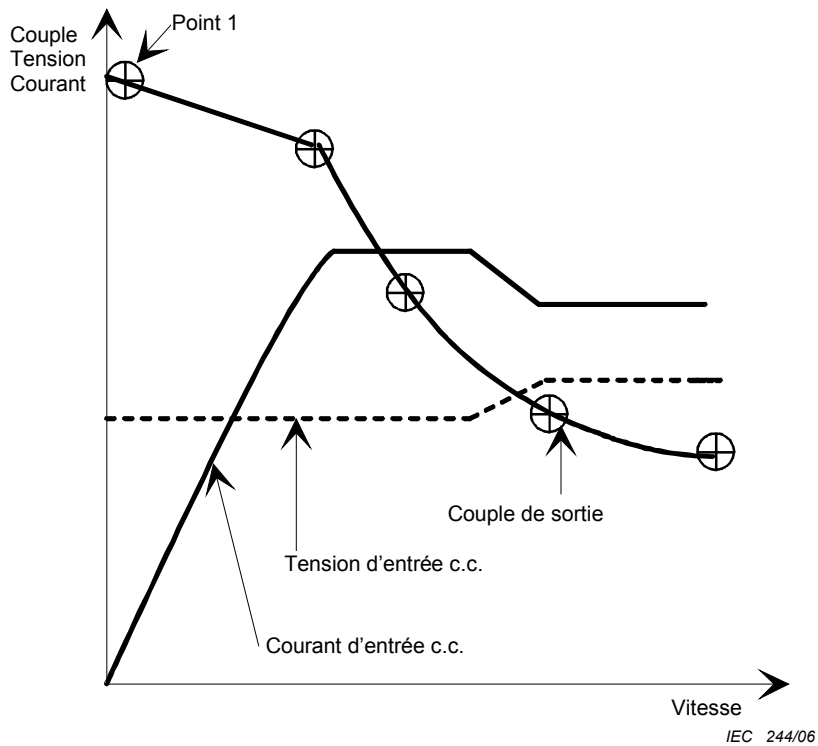


Figure 3b – Caractéristique d'un système combiné asynchrone à source de tension: exemple 2

Figure 3 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de tension (deux exemples)



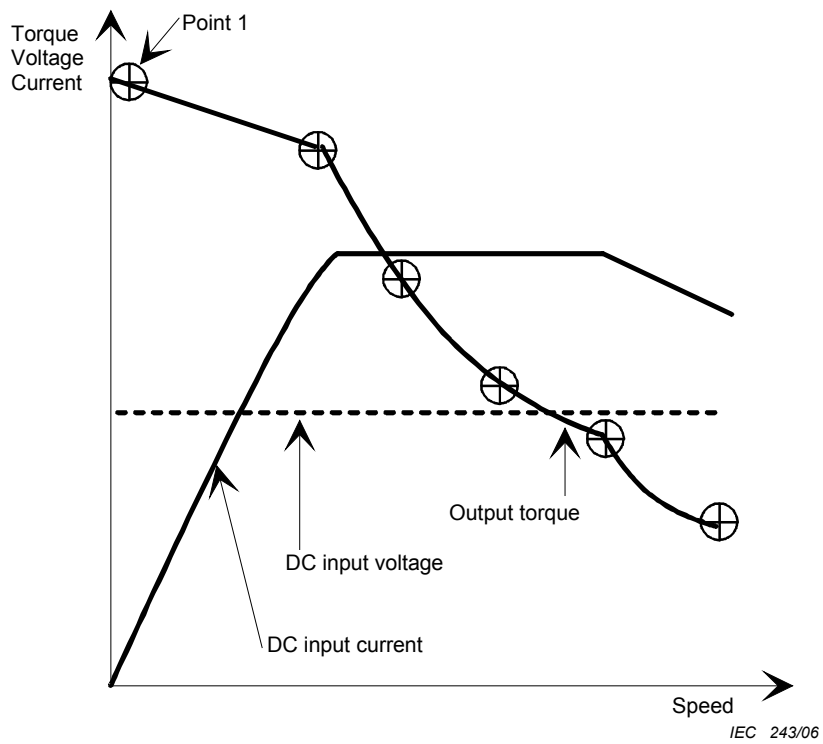


Figure 3a – Characteristics of a voltage source asynchronous combined system: example 1

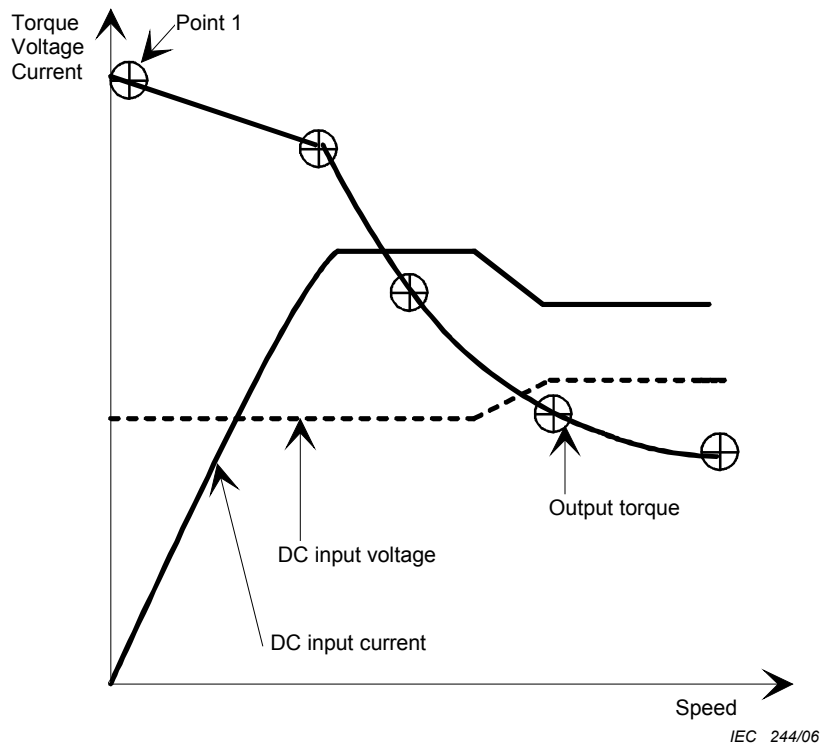
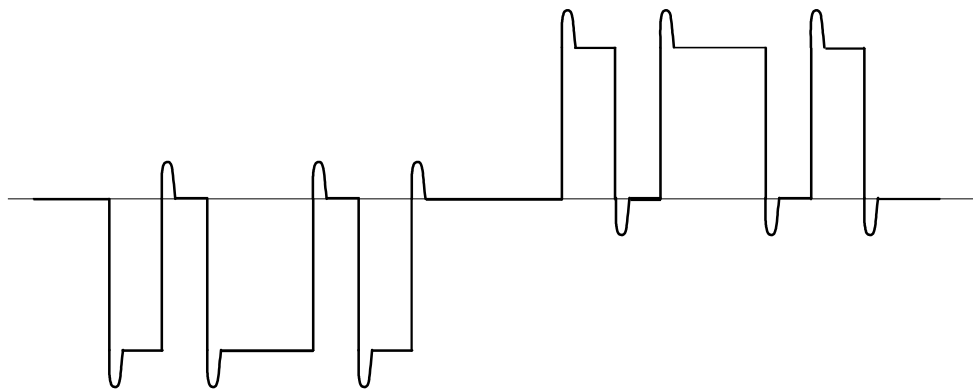
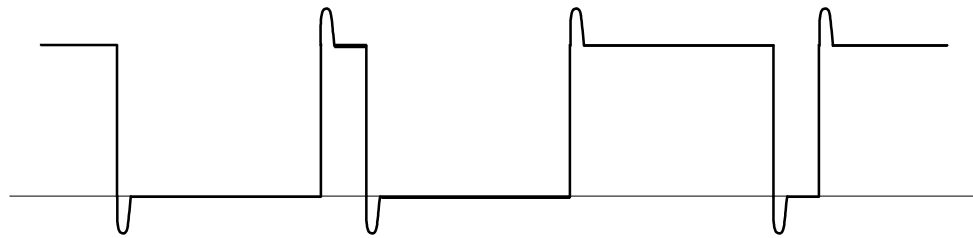


Figure 3b – Characteristics of a voltage source asynchronous combined system: example 2

Figure 3 – Mandatory characteristics – voltage source asynchronous combined system (two examples)



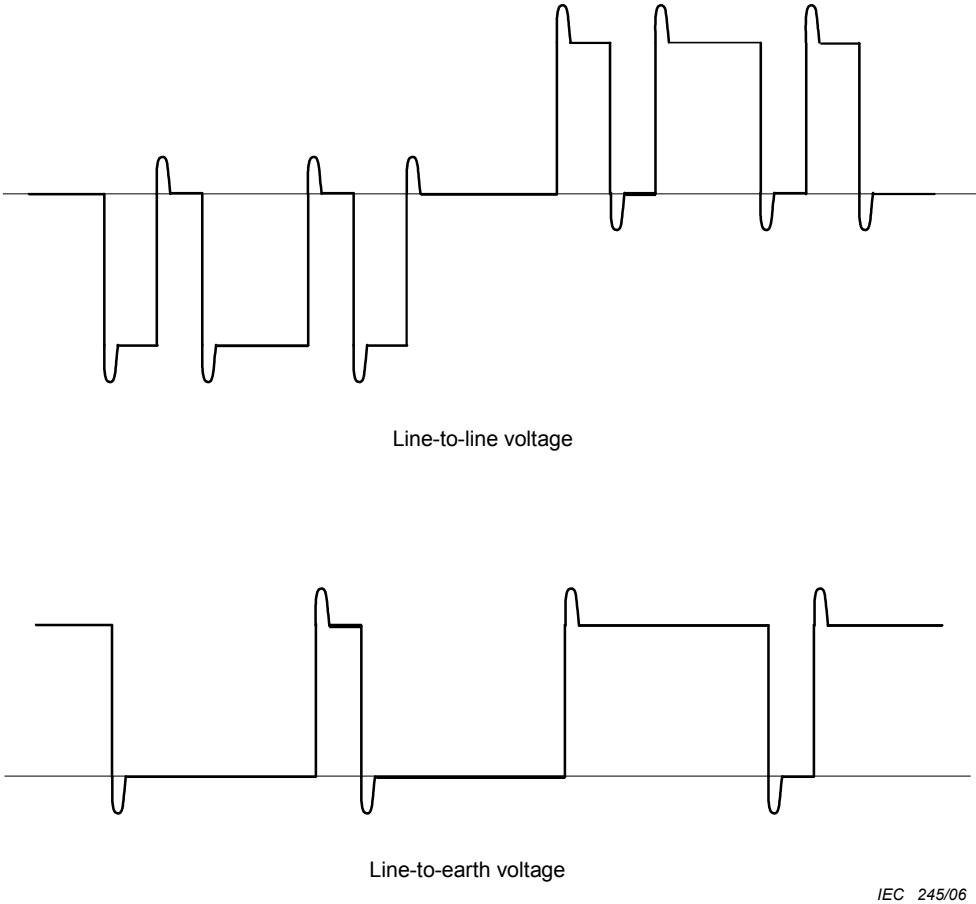
Tension ligne à ligne



Tension ligne à terre

IEC 245/06

**Figure 4 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de tension**



IEC 245/06

**Figure 4 – Mandatory characteristics – voltage source asynchronous combined system**

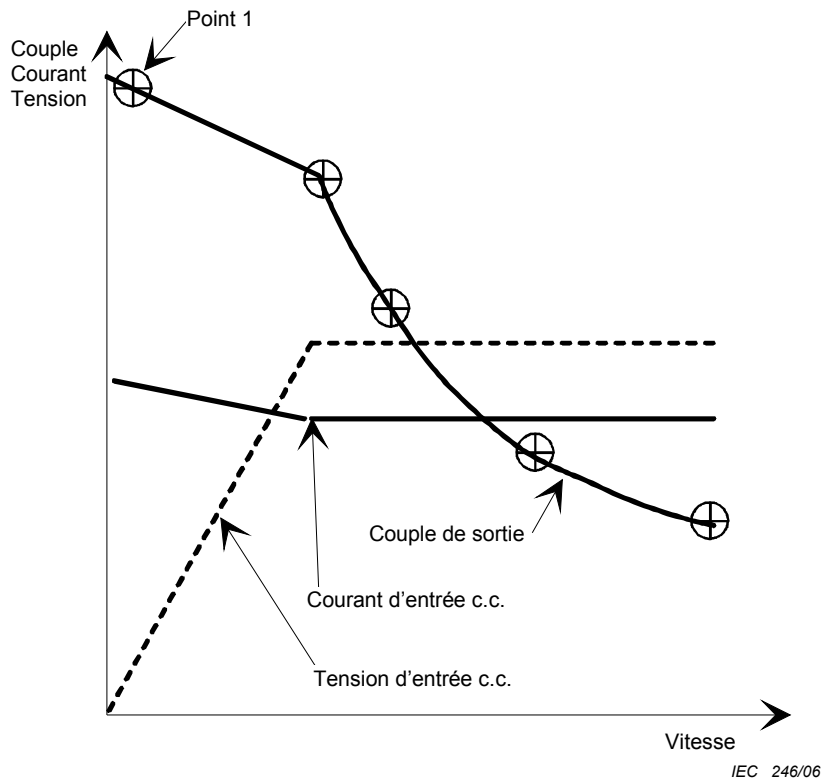


Figure 5a – Caractéristique d'un système combiné asynchrone à source de courant

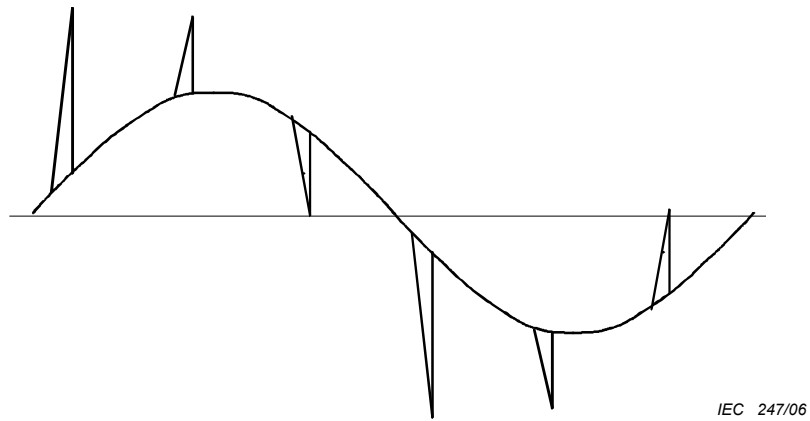


Figure 5b – Tension ligne à ligne

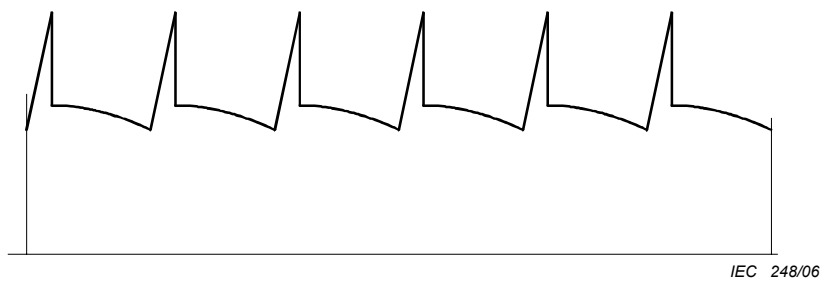


Figure 5c – Tension ligne à terre

Figure 5 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone à source de courant

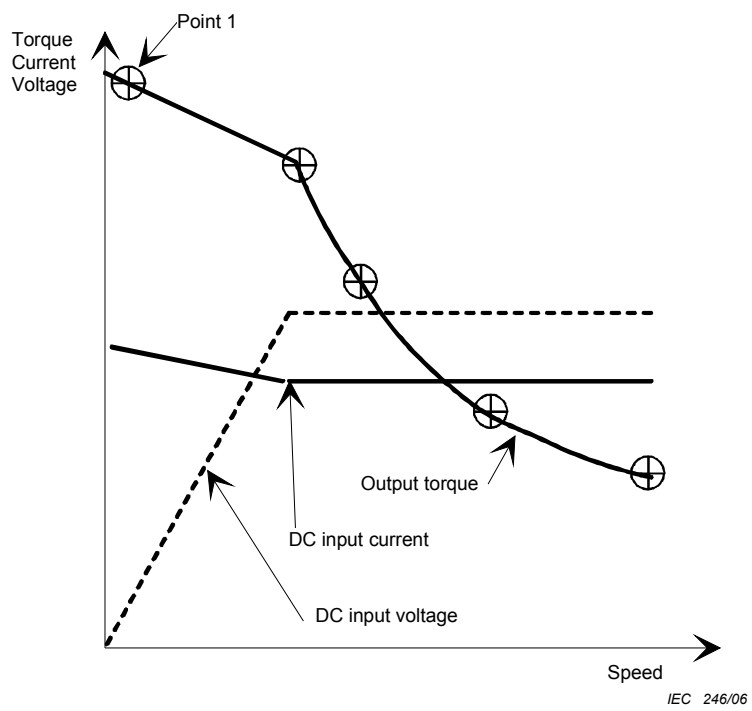


Figure 5a – Characteristics of a current source asynchronous combined system

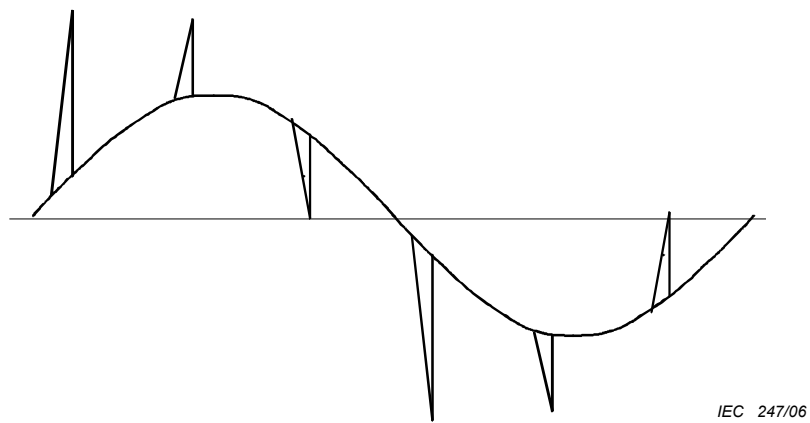


Figure 5b – Line-to-line voltage

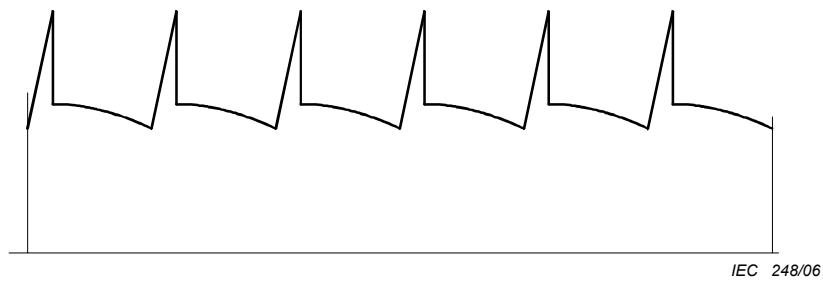


Figure 5c – Line-to-earth voltage

Figure 5 – Mandatory characteristics – current source asynchronous combined system

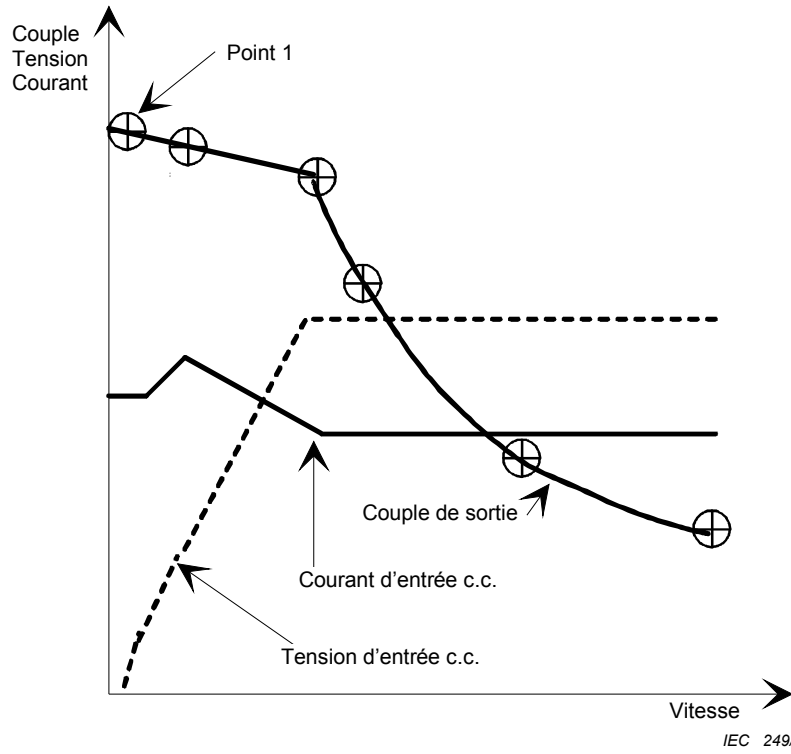


Figure 6a – Caractéristique d'un système combiné synchrone à source de courant

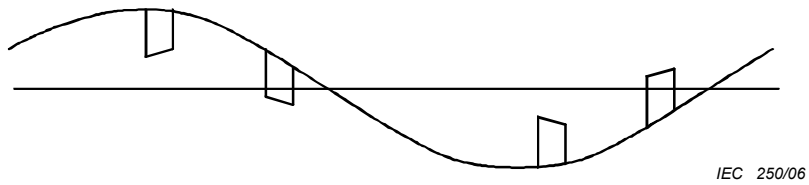


Figure 6b – Communication de charge: tension ligne à ligne

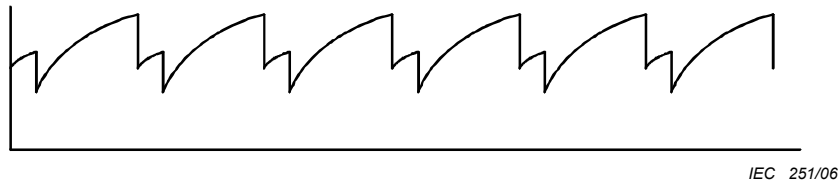


Figure 6c – Communication de charge: tension ligne à terre

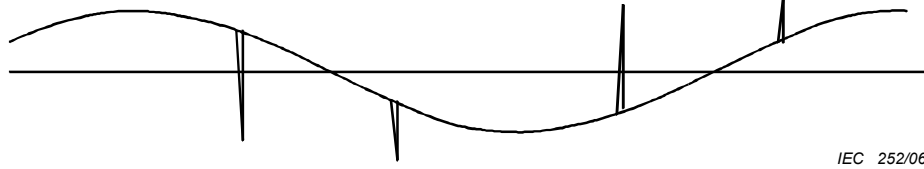


Figure 6d – Auto-communication: tension ligne à ligne

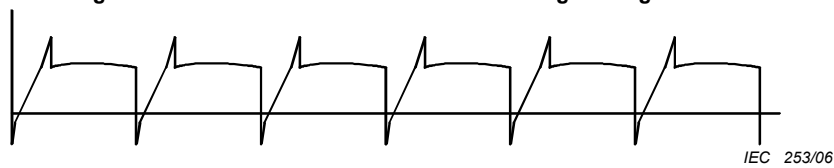


Figure 6e – Auto-communication: tension ligne à terre

Figure 6 – Caractéristiques obligatoires – système combiné synchrone à source de courant

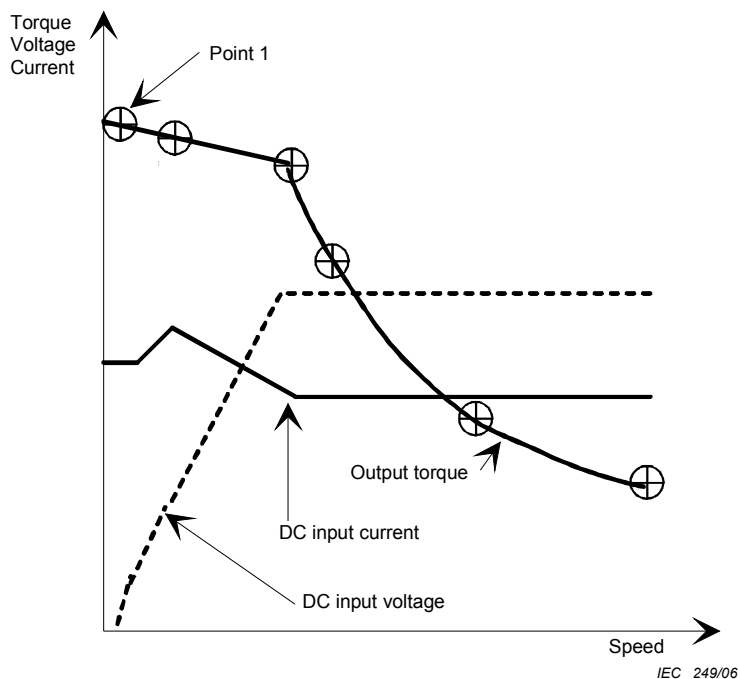


Figure 6a – Characteristics of a current source synchronous combined system

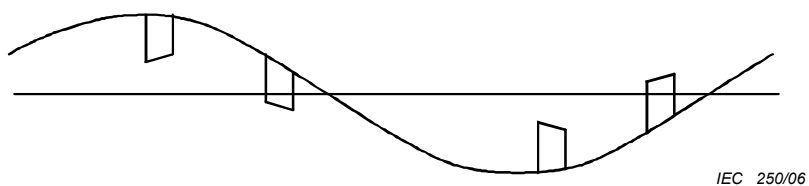


Figure 6b – Load communication: line-to-line voltage



Figure 6c – Load communication: line-to-earth voltage

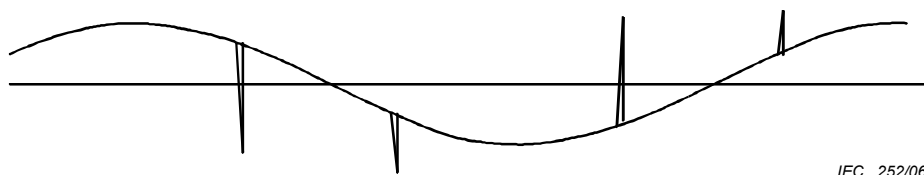


Figure 6d – Self communication: line-to-line voltage

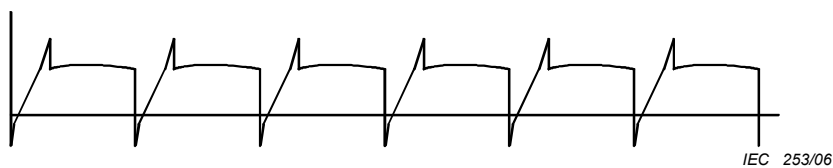


Figure 6e – Self communication: line-to-earth voltage

Figure 6 – Mandatory characteristics – current source synchronous combined system

## 5.4 Echange d'information et responsabilité

La CEI 60349-2 et la CEI 61287-1 mentionnent l'échange d'information entre le fournisseur du moteur et le fournisseur de l'onduleur afin de s'assurer que le système combiné réponde aux exigences des normes susmentionnées, les documents enregistrant cet échange d'information faisant partie intégrante de la spécification du moteur et de l'onduleur.

Le Paragraphe 3.3 définit le constructeur comme étant l'organisme qui a la responsabilité technique de la fourniture du système combiné. En conséquence, il est responsable de la spécification technique des constituants du système combiné afin de satisfaire aux exigences de la présente norme.

## 6 Catégories d'essais

### 6.1 Généralité

Il y a trois catégories d'essais:

- essais de type;
- essais d'investigation;
- essais de série.

La présente norme ne concerne pas directement les essais de série. Chaque composant du système subit les essais de série suivant la norme qui lui est propre.

### 6.2 Essais de type

Les essais de type ont pour but de valider les régimes assignés, les caractéristiques et les performances d'un nouveau système combiné. Ils doivent être effectués sur chaque système combiné de conception nouvelle.

Si des modifications de la conception ou du procédé de fabrication des constituants sont décidées après que le système combiné a été testé, l'influence de ces modifications sur les performances du système combiné doit être évaluée. Un accord peut alors être conclu entre l'exploitant et le constructeur pour ne pas refaire l'essai de type ou ne refaire que certains des essais.

Sous réserve d'accord entre exploitant et constructeur, un essai de type n'est pas exigé si le constructeur fournit un rapport complet d'essai de type effectué sur un système combiné de même étude, avec les mêmes conditions de refroidissement, au même régime ou à un régime plus élevé.

### 6.3 Essais d'investigation

Le but des essais d'investigation est d'obtenir des informations complémentaires soit sur l'onduleur lorsqu'il alimente le moteur, soit sur le moteur lorsqu'il est alimenté par l'onduleur, soit sur la régulation du système combiné. Ils seront effectués si un accord préalable a été conclu entre exploitant et constructeur. Les résultats de ces essais ne doivent pas influencer la réception du système sauf accord entre exploitant et constructeur.

## 7 Essais

### 7.1 Généralités

L'essai combiné donne l'occasion de faire fonctionner les constituants du système combiné avec les paramètres réels comme en service. Le couple du moteur, la tension continue du circuit intermédiaire, le courant et la tension de sortie de l'onduleur, etc., sont ceux qui sont rencontrés en service.



## 5.4 Exchange of information and responsibility

IEC 60349-2 and IEC 61287-1 point out the need for the exchange of information between the motor supplier and the inverter supplier, to ensure that the combined system will meet the requirements of the above-mentioned standards, the documents recording this exchange of information being an integral part of the specification of the motor and of the inverter.

Subclause 3.3 defines the manufacturer as the organization which has the technical responsibility for the supply of the combined system. As a consequence, it is responsible for the technical specification of the constituents of the combined system in order to meet the requirements of this standard.

## 6 Test categories

### 6.1 General

There are three categories of tests:

- type tests;
- investigation tests;
- routine tests.

This standard is not directly concerned with routine tests. Each component of the system is routine tested according to its relevant standard.

### 6.2 Type tests

Type tests are intended to prove the ratings, characteristics and performances of a new combined system. They shall be carried out on one combined system of every new design.

If modifications of the design, or manufacturing process of the constituents are decided after the combined system has been type-tested, the influence of these modifications on the performances of the combined system shall be evaluated. Then an agreement may be reached between user and manufacturer not to carry out the type test again, or to carry out only some of the tests.

Subject to agreement between user and manufacturer, a type test is not required if the manufacturer produces a full type test report carried out on a combined system of the same design, with the same cooling conditions, at the same rating or higher.

### 6.3 Investigation tests

The object of investigation tests is to obtain additional information on the inverter when it feeds the motor, or on the motor when it is fed by the inverter, or on the control of the combined system. They will be carried out when a previous agreement has been reached between user and manufacturer. The results of these tests shall not influence the acceptance of the system unless so agreed between user and manufacturer.

## 7 Tests

### 7.1 General

Combined testing gives the opportunity to run the constituents of the combined system with the actual parameters as in service. The torque of the motor, the d.c. link voltage, the output current and voltage of the inverter, etc., are those produced in service.

Le constructeur doit fournir à l'exploitant, avant le commencement des essais, une spécification définissant les essais à entreprendre suivant cette norme et les critères d'acceptation afin de satisfaire aux conditions du contrat. A la suite de l'exécution de ces essais, le constructeur doit fournir à l'exploitant un rapport d'essai complet.

## 7.2 Conditions d'essai

### 7.2.1 Refroidissement pendant les essais

Le système combiné doit être essayé avec son refroidissement disposé comme en service, en incluant les conduites et les filtres considérés comme une partie du véhicule, ou avec des dispositions donnant des conditions équivalentes. On peut effectuer la mesure de paramètres convenables (débit, pression, températures, etc.) pour démontrer que les conditions de refroidissement sont équivalentes à celles réalisées sur le véhicule.

Le refroidissement qui correspond au déplacement du véhicule peut être simulé pour les parties de l'équipement pour lesquelles le refroidissement naturel a de l'importance.

Toutes les simulations de refroidissement doivent faire l'objet d'un accord.

Des détails relatifs au refroidissement de chaque composant sont donnés dans les normes qui les régissent.

### 7.2.2 Alimentation de puissance

L'alimentation de puissance peut être prélevée sur l'alimentation en courant continu du véhicule ou sur une autre source disponible au banc d'essai. Les inductances, les capacités et les résistances du système doivent être prises en considération uniquement si elles présentent une influence notable sur le résultat de l'essai.

### 7.2.3 Mesure de la puissance mécanique de sortie

La puissance mécanique de sortie doit être mesurée directement (couplemètre) ou indirectement (machine tarée) sur le ou les arbres du ou des moteurs. La précision des mesures doit être celle mentionnée dans les articles appropriés de cette norme.

En variante, si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur, on peut aussi obtenir la puissance mécanique de sortie par sommation des pertes ou par une méthode de récupération si on dispose de deux systèmes combinés; ces méthodes sont en cours de confirmation (la Figure 7 donne un exemple de disposition de banc d'essai pour une méthode d'essai par récupération).

NOTE La méthode de sommation des pertes inclut l'évaluation des pertes:

- du moteur, déduites de mesures sur l'entrée côté courant alternatif (CEI 60349-3: *Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 3: Calcul des pertes totales des moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique par addition des pertes des composants*, qui est une spécification technique, traite de la méthode de sommation des pertes; dans ce cas, la précision des mesures sera celle indiquée dans ce rapport);
- de l'onduleur, déduites généralement des mesures de l'entrée côté courant continu;
- des câbles, et, s'il y en a, des résistances et inductances nécessaires pour faire fonctionner le système combiné.

The manufacturer shall provide to the user before the commencement of testing, a test specification defining the tests to be undertaken from this standard and the acceptance criteria to meet the contract requirements. Following the completion of testing, the manufacturer shall supply the user with a full test report.

## 7.2 Test conditions

### 7.2.1 Cooling during the tests

The combined system shall be tested with its cooling arranged as in service, including ducting and filters regarded as part of the vehicle, or with arrangements giving equivalent conditions. Measurements of relevant parameters (flow, pressure, temperatures, etc.) may be performed in order to show that the cooling conditions are equivalent to those encountered on the vehicle.

Cooling corresponding to that produced by the motion of the vehicle may be simulated for parts of the equipment for which natural cooling is of importance.

All simulations of cooling shall be subject to agreement.

Details about the cooling of each component are given in the relevant standards.

### 7.2.2 Power supply

The power supply can be derived from the vehicle d.c. supply or from another source available at the test bed. System inductance, capacitance and resistance shall be taken into account only if they have a valuable influence on the test result.

### 7.2.3 Mechanical output measurement

The mechanical output shall be measured directly (torquemeter) or indirectly (calibrated machine) at the motor(s) shaft(s). The accuracy of the measurements shall be that mentioned in the relevant clauses of this standard.

Alternatively, if agreed between user and manufacturer, the mechanical output may be derived by summation of losses or back-to-back method if two combined systems are available; these methods are being confirmed (Figure 7 gives an example of a test bed arrangement for a back-to-back method of test).

NOTE The summation of losses method includes the evaluation of the losses of

- the motor, derived from measurements on the a.c. input (IEC 60349-3: *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 3: Determination of the total losses of convertor-fed alternating current motors by summation of the component losses* which is a technical specification and deals with the method of summation of losses; in this case, the accuracy of the measurements will be that stated in the report);
- the inverter, generally derived from the d.c. input measurements;
- the cables, and, if any, the resistors, and inductances necessary to run the combined system.

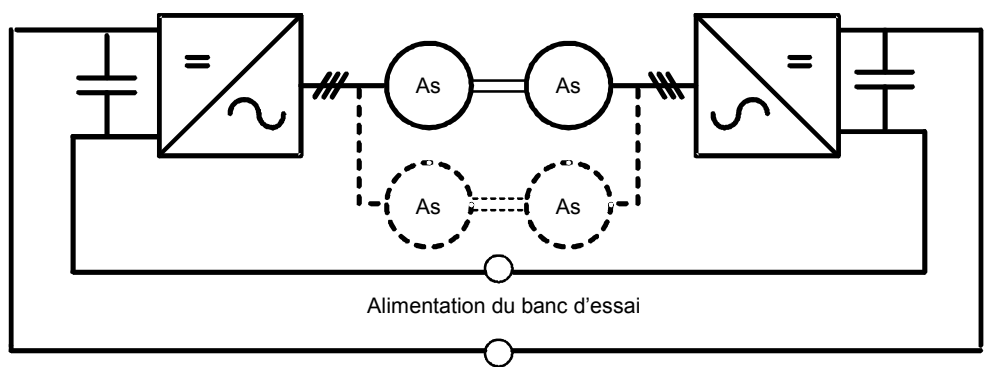


Figure 7 – Disposition de banc d'essai pour l'essai en récupération

#### 7.2.4 Conditions spéciales pour les moteurs asynchrones en parallèle

Lorsque plusieurs moteurs asynchrones sont alimentés en parallèle par un onduleur, la différence de diamètre des roues peut amener certains des moteurs à leur condition de charge la plus élevée (cas 1). La régulation peut aussi être étudiée pour maintenir tous les moteurs dans les limites de la charge qui leur serait appliquée s'il n'y avait aucune différence de diamètre des roues, par réduction de l'effort de traction (cas 2). En conséquence, la différence de diamètre des roues affecte les caractéristiques de couple, ou les échauffements des moteurs, ou les deux. La plus grande différence admissible de diamètre des roues doit faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

Les relevés de caractéristiques et les essais d'échauffement doivent être dans tous les cas effectués comme s'il n'y avait pas d'écart de diamètre des roues.

Si la régulation est prévue de sorte que certains des moteurs soient amenés à leur condition de charge la plus élevée (cas 1), un essai d'échauffement additionnel des moteurs doit être effectué. Si la régulation est prévue pour maintenir tous les moteurs dans les limites d'une charge donnée par réduction de l'effort de traction (cas 2), il est recommandé de faire un relevé additionnel de caractéristique de couple par calcul ou de l'obtenir par un essai complet si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur.

### 7.3 Essais d'échauffement

#### 7.3.1 Généralités

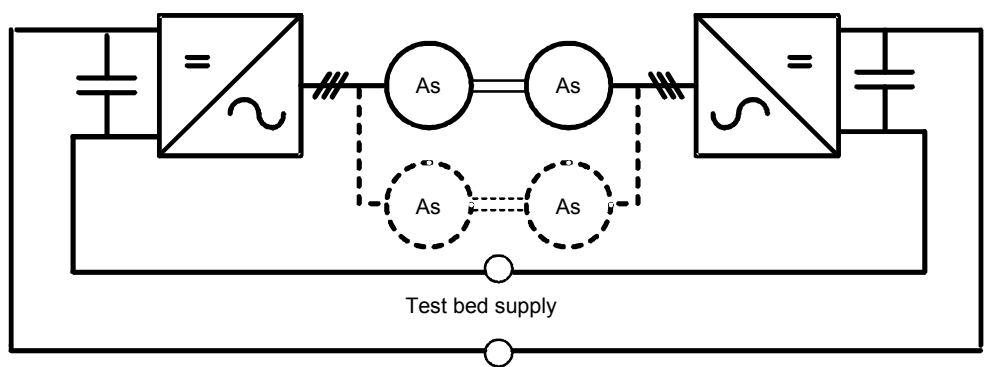
Les essais doivent être effectués aux régimes du système combiné pour lesquels un accord a été conclu.

NOTE Pour les moteurs en parallèle, des essais complémentaires suivant 7.2.4 peuvent être demandés.

Dans le cas d'un essai au régime continu assigné, le temps pour atteindre la stabilisation de la température peut être raccourci en commençant l'essai à une charge plus élevée ou avec une ventilation réduite de certains éléments du système, pourvu que les conditions assignées soient maintenues au moins 2 h ou qu'on ait montré, par des moyens appropriés, que les températures stabilisées ont été atteintes.

Dans le cas d'un essai à un régime périodique assigné, le temps pour atteindre la stabilisation de la température peut être raccourci en commençant l'essai à un régime calculé équivalent et en poursuivant avec des cycles répétitifs.

Le Paragraphe 5.4 établit la responsabilité technique du constructeur du système combiné. En conséquence, il n'est pas nécessaire que le fournisseur effectue l'essai d'échauffement d'un constituant suivant la norme qui le régit. Le constituant peut être considéré comme ayant satisfait aux essais d'échauffement pourvu que, pendant l'essai combiné, les échauffements



IEC 254/06

**Figure 7 – Test bed arrangement for back-to-back test of an asynchronous combined system**

#### 7.2.4 Special conditions for paralleled asynchronous motors

When several asynchronous motors are fed in parallel by one inverter, the difference in wheel diameter can bring some of the motors to their worst conditions of load (case 1). The controller may be designed to retain all the motors within a load which would apply if there was no difference in wheel diameter by reduction of the tractive effort (case 2). As a consequence, the effect of the difference in wheel diameter will affect the torque characteristics, or the temperature rise of the motors, or both. The maximum permissible difference in wheel diameter shall be agreed between user and manufacturer.

The characteristics and temperature-rise tests shall in any case be performed as if there was no wheel diameter mismatch.

If the controller is designed so that some of the motors are brought to their worst condition of load (case 1), an additional temperature-rise test of the motors shall be performed. If the control is designed to retain all the motors within a load by reduction of the tractive effort (case 2), an additional torque characteristic should be obtained by calculation or may be obtained by a complete test if agreed between user and manufacturer.

### 7.3 Temperature-rise tests

#### 7.3.1 General

The tests shall be carried out at the agreed ratings of the system.

NOTE For paralleled motors, additional tests may be required according to 7.2.4.

In the case of a continuous rating test, the time to reach a steady temperature may be shortened by commencing the test at an increased load or reduced ventilation of some elements of the system, provided that the rated conditions are subsequently maintained for at least 2 h, or until it is demonstrated by appropriate means that steady temperatures have been reached.

In the case of a periodic duty rating test, the time to reach a steady temperature may be shortened by commencing the test at a calculated equivalent rating, and going on with repeated cycles.

Subclause 5.4 states the technical responsibility of the manufacturer of the combined system. As a consequence, it is not necessary that the supplier carries out the temperature-rise test of a constituent, according to its relevant standard. The constituent may be deemed to have passed the temperature-rise test, provided the temperature rises during the combined testing

ne dépassent pas les valeurs spécifiées dans la norme qui le régit. Si aucune valeur n'est spécifiée dans cette norme, des valeurs peuvent alors être fixées d'un commun accord. Cela demeure valable même si les paramètres électriques ne sont pas exactement ceux qui avaient été acceptés d'un commun accord entre fournisseur et constructeur.

### 7.3.2 Mesure des températures

La mesure de la température de parties du système combiné est décrite dans les normes appropriées.

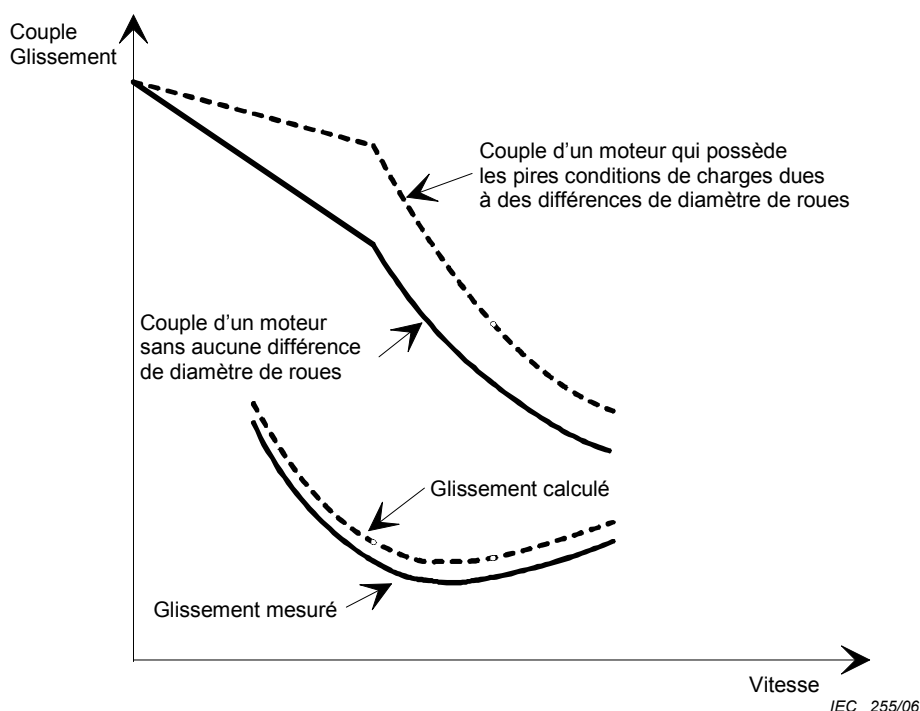
## 7.4 Essais additionnels pour des moteurs asynchrones parallèles

Les conditions d'essais additionnels font l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur:

### 7.4.1 Essai d'échauffement d'un moteur

Cet essai doit être effectué pour le cas 1 tel que spécifié en 7.2.4.

Sauf spécification contraire, cet essai doit tenir compte du fait qu'un seul moteur alimente une roue qui a la différence maximale de diamètre de roue. La référence de la régulation doit être modifiée de sorte que le glissement corresponde aux conditions de charge les plus élevées du fait de la différence dans le diamètre des roues. La Figure 8 présente un exemple de l'effet de la différence de diamètre des roues sur la caractéristique de couple et l'évolution du glissement.



**Figure 8 – Effet d'un écart de diamètre des roues sur la caractéristique de couple des moteurs asynchrones**

NOTE Le glissement correspondant vaut:

$$s \pm (\Delta D/D) [(n - 1)/n]$$

(+ en traction, – en freinage)

où

$s$  (p.u.) est le glissement mesuré au cours des relevés de caractéristiques (moteur chaud, voir 7.5.1.2);

$n$  est le nombre de moteurs en parallèle;

$\Delta D/D$  (p.u.) est la différence maximale de diamètre des roues.

do not exceed the values specified in the constituent standards. If there are no values specified in the constituent standard, then values may be agreed upon. This remains valid even if the electric parameters are not exactly those agreed upon between the supplier and the manufacturer.

### 7.3.2 Measurement of temperatures

The measurement of the temperature of the parts of the combined system is described in the relevant standards.

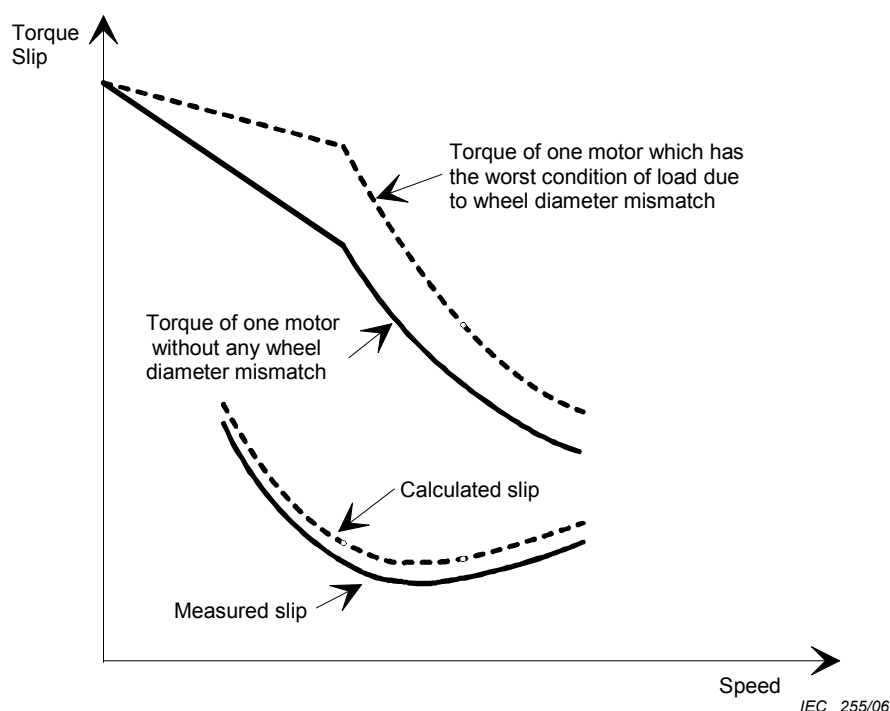
## 7.4 Additional tests for paralleled asynchronous motors

The conditions of additional tests are subject to agreement between user and manufacturer:

### 7.4.1 Temperature-rise tests of one motor

This test shall be carried out for case 1 as specified in 7.2.4.

This test, unless otherwise specified, shall consider that only one motor runs a wheel which has the maximum difference in wheel diameter. The control reference shall be modified so that the slip corresponds to the worst conditions of load due to the difference in wheel diameter. Figure 8 shows an example of the effect of the difference in wheel diameter on the torque characteristic, and the evolution of the slip.



**Figure 8 – Effect of wheel diameter mismatch on the torque characteristic of asynchronous motors**

NOTE The corresponding slip equals:

$$s \pm (\Delta D/D) [(n-1)/n]$$

(+ in motoring, – in braking)

where

- $s$  (p.u.) is the slip measured during the characteristic tests (motor hot, refer to 7.5.1.2);
- $n$  is the number of motors in parallel;
- $\Delta D/D$  (p.u.) is the maximum difference in wheel diameter.

Pour toutes les applications conçues pour des régimes soit continus soit d'une heure (principalement les locomotives) et où le fonctionnement en freinage ne s'applique pas, on doit effectuer un essai d'échauffement au régime continu majoré (pour les différences entre les diamètres des roues). Cet essai est généralement suffisant pour montrer que le moteur convient à l'application (principalement les locomotives).

Chaque fois que le fonctionnement en freinage s'applique, l'essai d'échauffement doit être effectué en utilisant le cycle de service spécifié afin d'atteindre les conditions maximales de température. Cet essai tient compte des conditions de charge plus élevées en traction et moins élevées en freinage (principalement les applications de transport urbain).

#### **7.4.2 Essai complet**

Les moteurs en parallèle doivent être alimentés par un onduleur. Sauf spécification contraire, ils doivent être chargés de sorte qu'ils aient la même vitesse, sauf l'un d'eux qui doit être chargé de sorte qu'il ait une vitesse qui corresponde à la différence maximale autorisée de diamètre des roues.

NOTE Cet essai exige un banc d'essai spécial. Si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur, il peut être remplacé par le calcul de la réduction de l'effort de traction.

### **7.5 Relevé des caractéristiques et tolérances**

#### **7.5.1 Caractéristiques de couple**

##### **7.5.1.1 Généralités**

On doit effectuer des essais pour démontrer que le système satisfait aux caractéristiques de couple spécifiées en faisant tourner le ou les moteurs à une vitesse donnée. La référence de couple (valeur affichée du manipulateur) doit alors être donnée à l'élément de réglage afin de mesurer les caractéristiques du système combiné. On doit alors mesurer le couple de sortie (moyen) du moteur, la tension (moyenne), le courant (moyen) et la puissance (moyenne) du côté continu de l'onduleur.

Les caractéristiques doivent être tracées au moins pour la référence maximale de couple (valeur affichée de la régulation) sur la plage complète de vitesse de fonctionnement, en traction et en freinage si le freinage électrique est proposé. Elles peuvent également être tracées pour  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  et  $\frac{3}{4}$  de la référence maximale de couple à n'importe quelle vitesse si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur.

NOTE Pour des moteurs en parallèle, des essais complémentaires suivant 7.4 peuvent être demandés.

La valeur limite de l'erreur de l'instrument de mesures ne doit pas dépasser:

- ±2 % du maximum du couple mécanique de référence à la vitesse considérée;
- ±1 % pour les valeurs moyennes de la tension, du courant et de la puissance côté continu;
- ±2 % pour les valeurs côté alternatif.

Dans la mesure où les relevés des caractéristiques de couple mesurés pendant l'essai du système combiné satisfont aux exigences de la présente norme, cela demeure valable, même si les paramètres électriques du moteur (flux et courant) ne sont pas exactement ceux qui avaient été acceptés d'un commun accord entre fournisseur et constructeur, et que les essais aient été faits selon la CEI 60349-2.

La température est un paramètre important qui influence le couple de sortie d'une quantité qui dépend des performances de la régulation, en particulier pour les transmissions asynchrones. Le relevé des caractéristiques de couple donne l'occasion de vérifier l'influence de l'échauffement sur le couple de sortie.



For all applications designed for continuous and one hour ratings (mainly locomotives) and where braking mode is not relevant, the temperature-rise tests for the continuous ratings, increased according to the worst load conditions (for differences between wheels diameters), shall be carried out. This is generally sufficient to show that the motor is suitable for the application.

Whenever braking mode is relevant, the temperature-rise test shall be carried out, using the specified duty cycle in order to reach the maximum temperature conditions. This takes care of higher load conditions in motoring and lower load conditions in braking (mainly mass transit applications).

#### **7.4.2 Complete test**

The paralleled motors shall be fed by one inverter. Unless otherwise specified, they shall be loaded to have the same speed, except one which shall be loaded in order to have a speed which corresponds to the maximum permissible difference in wheel diameter.

NOTE This test requires a special test bed. If agreed between user and manufacturer, it could be substituted by a calculation of the reduction of the tractive effort.

### **7.5 Characteristic tests and tolerances**

#### **7.5.1 Torque characteristics**

##### **7.5.1.1 General**

Tests to demonstrate compliance with the specified torque characteristics shall be carried out by running the motor(s) at a given speed. The torque reference (main controller demand) shall then be given to the control unit in order to measure the characteristics of the combined system. The (mean) motor output torque, the (mean) voltage, current and power, on the d.c. side of the inverter, shall then be measured.

The characteristics shall be drawn at least for the maximum torque reference (main controller demand) over the entire speed range of the application, in motoring and braking if electric braking is proposed. They may also be drawn for  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  and  $\frac{3}{4}$  of the maximum torque reference at any speed, if agreed between user and manufacturer.

NOTE For paralleled motors, additional tests may be required according to 7.4.

The limits of error of the measurement instrument shall be not greater than

- ±2 % of the maximum mechanical torque reference at the speed considered;
- ±1 % for the mean values of the d.c. voltage current and power;
- ±2 % for a.c. values.

Provided that the torque characteristics measured at the combined system test meet the requirements of this standard, this remains valid, even if the electric parameters of the motor (flux and current) are not exactly those agreed upon between the supplier and the manufacturer, and tested according to IEC 60349-2.

Temperature is an important parameter, especially for asynchronous drives, which influences the output torque to a level dependant on the control performance. The measurement of the torque characteristics gives the opportunity to check the influence of heating on the output torque.

### 7.5.1.2 Caractéristiques de couple moteur chaud

Les caractéristiques de couple doivent être mesurées à la fin de l'essai d'échauffement, effectué d'après 7.3, qui doit entraîner vraisemblablement l'échauffement maximal de la cage d'un moteur asynchrone ou la température maximale des enroulements statoriques d'un moteur synchrone afin d'obtenir les caractéristiques du système combiné à cette température. Les mesures doivent être effectuées rapidement, et doivent commencer par la plus basse vitesse réalisable sur le banc d'essais (point 1 des Figures 3 à 6). Le nombre de points tracés doit être suffisant pour obtenir une vue précise des caractéristiques avec toutes leurs discontinuités. Les Figures 3 à 6 donnent des exemples du nombre de points nécessaires.

Tolérances: le couple de base, à n'importe quelle vitesse de la caractéristique spécifiée, ne doit pas être inférieur à 95 % de la valeur spécifiée, entre les valeurs correspondant au couple maximal et à 90 % de la vitesse maximale.

### 7.5.1.3 Caractéristiques de couple moteur froid

Le moteur étant froid suivant les critères de la CEI 60349-2, Article A.1, le couple doit être mesuré à la même vitesse la plus basse que celle pour laquelle il a été mesuré moteur chaud (point 1 des Figures 3 à 6). Les mesures doivent être effectuées rapidement, et les températures doivent être mesurées à la fin de l'essai pour s'assurer qu'elles n'ont pas varié de façon significative. Le couple ne doit pas être inférieur à 95 % de la valeur spécifiée.

### 7.5.1.4 Balayage de la vitesse à couple maximal

La caractéristique de couple doit être balayée en montant et en descendant la plage de vitesse, la référence de couple étant à sa valeur maximale, tant en traction qu'en freinage si ce dernier fonctionnement est prévu. Aucun déclenchement arrêtant le système ne doit être observé. Le taux de variation de la vitesse doit être approprié à chaque application.

## 7.5.2 Caractéristiques de rendement du système combiné (essai de type optionnel)

Si des mesures de pertes sont exigées, elles doivent être effectuées à la fin de l'essai d'échauffement tel qu'il est décrit en 7.3. Elles doivent être déduites de la mesure de la puissance d'entrée en courant continu et de la puissance mécanique de sortie. Un petit nombre de points de mesure est généralement convenable.

Les limites de l'erreur de mesure de la puissance d'entrée en courant continu ne doivent pas être supérieures à  $\pm 1$  %, le dispositif de mesure du couple doit avoir une précision de  $\pm 0,5$  % du couple maximal de référence à la vitesse considérée et le dispositif de mesure de la vitesse doit avoir une précision de  $\pm 0,1$  %. Dans le cas de limites d'erreur supérieures aux limites spécifiées dans cette norme, les tolérances doivent résulter d'un accord entre exploitant et constructeur. Les limites d'erreur utilisées, ainsi que la tolérance qui en résulte sur le rendement doivent être représentées sur la caractéristique de rendement.

Les méthodes de récupération ou de sommation des pertes mentionnées en 7.2.3 peuvent être utilisées si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur.

NOTE Pour les équipements à haut rendement, un système de mesure de plus haute précision est recommandé.

## 7.6 Essais divers

### 7.6.1 Essais des systèmes de protection

#### 7.6.1.1 Alimentation de l'équipement de régulation du système combiné

Le système combiné doit fonctionner avec n'importe quelle variation de l'alimentation comprise dans la plage spécifiée, sans aucune interruption du système ou indication de défaut. La perte d'une ou de plusieurs alimentations doit provoquer l'arrêt de l'onduleur sans aucun défaut ou fonctionnement défectueux du système combiné. Le système doit être capable de redémarrer de manière contrôlée lorsque les alimentations de la régulation sont rétablies.

### 7.5.1.2 Torque characteristics, motor hot

The torque characteristics shall be measured at the end of the temperature-rise test performed according to 7.3, which is likely to produce the maximum temperature rise of the rotor cage of an asynchronous motor, or the maximum temperature rise of the stator windings of a synchronous motor, in order to obtain the characteristics of the combined system at that temperature. Measurements shall be performed quickly, and shall begin with the lowest speed achievable on the test bed (point 1 of Figures 3 to 6). The number of plotted points shall be sufficient to have a precise view of the characteristics, with all their discontinuity. Figures 3 to 6 give examples of the number of points needed.

Tolerances: the declared torque at any speed on the specified characteristic between the values corresponding to the maximum torque and 90 % of the maximum speed shall be not less than 95 % of the specified value.

### 7.5.1.3 Torque characteristics, motor cold

The motor being cold, according to IEC 60349-2, Clause A.1, the torque shall be measured at the same lowest speed for which it has already been measured motor hot (point 1 of Figures 3 to 6). Measurements shall be carried out quickly, and temperatures shall be measured at the end of the test to ensure that the temperature has not varied significantly. The torque shall not be less than 95 % of the specified value.

### 7.5.1.4 Sweeping speed test at full torque

The torque characteristic shall be swept up and down over all the speed range, the torque reference being at its maximum value, both in motoring and braking if relevant. No tripping, shutting down the system, shall be observed. The rate of change in speed shall be appropriate to each application.

## 7.5.2 Efficiency characteristics of the combined system (optional type test)

If loss measurements are required, they shall be carried out at the end of the temperature-rise test as described in 7.3. They shall be derived from the measurement of the d.c. power input and of the mechanical output. A small number of points is generally adequate.

The limits of error of the measurements of the d.c. power input shall be not greater than  $\pm 1$  %, the torque measurement device shall be accurate to within  $\pm 0,5$  % of the maximum torque reference at the speed considered, and the speed measurement device shall be accurate to within  $\pm 0,1$  %. In case of limits of error higher than the limits specified in this standard, the tolerances shall be agreed between user and manufacturer. The limits of error used, together with the resulting efficiency tolerance, shall be shown on the efficiency characteristic.

The summation of losses and back-to-back methods mentioned in 7.2.3 may be used if agreed between user and manufacturer.

NOTE In high efficiency equipment, a measurement system with higher accuracy should be used.

## 7.6 Miscellaneous tests

### 7.6.1 Protection system testing

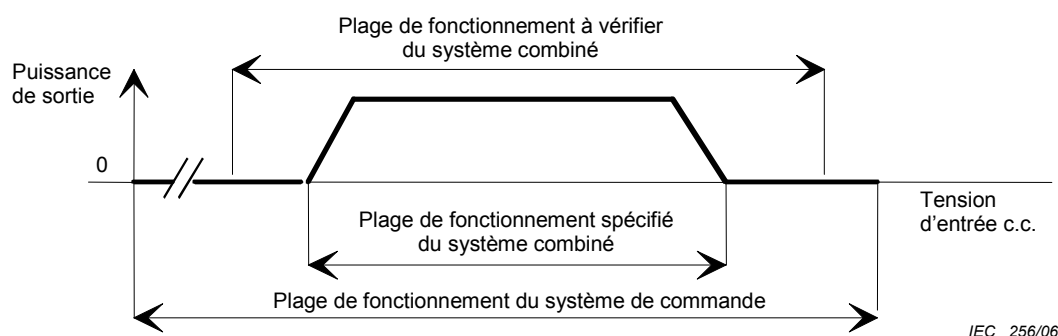
#### 7.6.1.1 Power supply for control equipment of the combined system

The combined system shall operate with any variation of the supply, within the specified range, without any interruption of the system or fault indication. The loss of one or several power supplies shall cause the off-state of the inverter without any failure or malfunction in the combined system. The system shall be able to restart in a controlled manner when the control supplies are re-established

Il est recommandé que l'alimentation de puissance de l'équipement de régulation soit indépendante de l'alimentation d'entrée.

### 7.6.1.2 Tension d'alimentation de la transmission de la traction

On doit vérifier, en faisant varier la source de tension continue du maximum au minimum de la plage de fonctionnement spécifiée du système combiné, que le système de régulation fonctionne correctement et que la sortie du système combiné est régulée et inhibée suivant la courbe acceptée. La Figure 9 montre un exemple de la plage de fonctionnement d'un système combiné à source de tension.



**Figure 9 – Exemple de plage de fonctionnement d'un système combiné à source de tension**

### 7.6.1.3 Interruption de la tension d'alimentation de la transmission de la traction (essai de type optionnel)

L'essai peut être réalisé en manœuvrant successivement deux contacteurs de façon à provoquer une courte interruption de la tension d'alimentation de la transmission de la traction d'une durée spécifiée.

La Figure 8 de la CEI 61377-2 ou la Figure 10 de la CEI 61377-3 donnent un exemple d'un circuit d'essai possible.

### 7.6.1.4 Variation soudaine de la tension d'alimentation de la transmission de la traction (essai de type optionnel)

Cet essai peut être réalisé en utilisant un contacteur relié en parallèle avec une résistance comme indiqué dans la Figure 9 de la CEI 61377-2 ou dans la Figure 11 de la CEI 61377-3, qui donnent un exemple de configuration de circuit possible.

L'essai est réalisé à la fois en traction et en freinage.

## 7.6.2 Harmoniques du courant d'entrée de l'onduleur (essai de type optionnel)

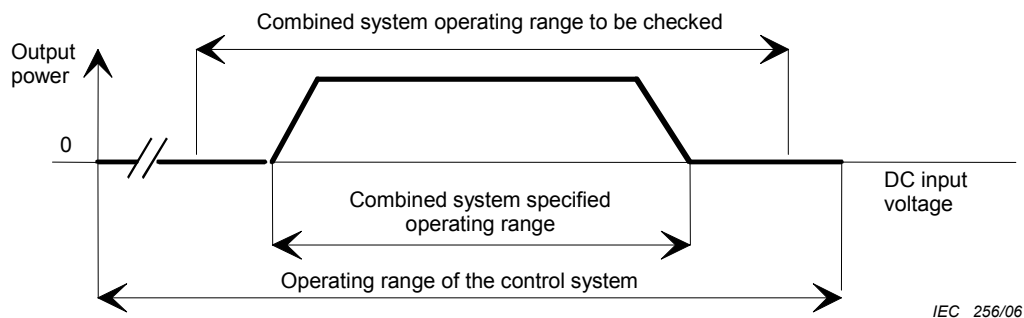
L'onduleur peut perturber le système de signalisation ferroviaire, le système d'alimentation de puissance ou d'autres équipements fixes ou embarqués. Cela est provoqué par la génération de courants harmoniques du côté continu de l'onduleur. Par suite, il est important de mesurer les composantes alternatives présentes dans l'entrée continue de l'onduleur pour différentes fréquences statoriques.

L'utilisateur doit spécifier le maximum de courant harmonique autorisé (valeur et durée) comme une fonction de fréquence, du courant d'entrée du système combiné.

The power supply of the control equipment should be independent from the input supply voltage of the traction drive.

### 7.6.1.2 Supply voltage of the traction drive

A check shall be made, by varying the d.c. supply voltage from maximum to minimum of the specified operating range for the combined system, that the control system operates correctly, and that the combined system output is regulated and inhibited in accordance with the agreed curve. Figure 9 shows an example of the operating range of a voltage source combined system.



**Figure 9 – Example of operating range of a voltage source combined system**

### 7.6.1.3 Traction supply voltage interruption (optional type test)

The test may be performed by operating two contactors in sequence such as to generate a short-time interruption of the traction supply voltage with a specified duration.

Figure 8 of IEC 61377-2 or Figure 10 of IEC 61377-3 gives an example of a possible test circuit.

### 7.6.1.4 Sudden variation of traction supply voltage (optional type test)

The test may be performed by using a contactor in parallel to a resistor connected as in Figure 9 of IEC 61377-2 or Figure 11 of IEC 61377-3, which gives an example of possible circuit configuration.

The test is carried out in both motoring and braking.

## 7.6.2 Harmonics in the input current of the inverter (optional type test)

The inverter may interfere with the railway signalling system, the power supply system, or other stationary and on-board equipment. This is due to harmonic current generation on the power supply side of the inverter. Because of this, it is important to measure the a.c. harmonics currents on the input of the inverter at different stator frequencies.

The user shall specify the maximum allowable harmonic currents (value and time duration), as a function of frequency, of the input current of the combined system.

Les résultats des mesures peuvent être utilisés pour améliorer le calcul du niveau total de perturbation harmonique du véhicule en prenant en considération le nombre total d'onduleurs, la conception du filtre de ligne, etc.

NOTE 1 Pour les mesures, il est recommandé d'utiliser un capteur de courant de haute précision associé à un analyseur de fréquence.

NOTE 2 Il est recommandé de prendre en considération les harmoniques de l'alimentation de puissance en courant continu au cours de la mesure du contenu harmonique total.

### 7.6.3 Essai d'interférence (essai de type optionnel)

L'essai doit être réalisé selon 4.2.8 de la CEI 61287-1.

## 7.7 Essais d'investigation

Ces essais doivent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

### 7.7.1 Conditions d'échec

Perte du signal de réaction, etc.

### 7.7.2 Variation soudaine de charge

Condition de glissement, etc.

**Tableau 1 – Liste des essais**

Sujet	Paragraphe	Essai de type	Essai d'investigation	Duplication possible des essais avec la CEI 60349-2 et la CEI 61287-1
Essais d'échauffement	7.3	X		X
Essais additionnels pour des moteurs asynchrones parallèles	7.4	Si applicable		
Caractéristiques de couple moteur chaud	7.5.1.2	X		
Caractéristiques de couple moteur froid	7.5.1.3	X		
Balayage de la vitesse à couple maximal	7.5.1.4	X		
Caractéristiques de rendement	7.5.2	Optionnel		X
Alimentation de l'équipement de régulation	7.6.1.1	X		
Tension de la transmission pour la traction	7.6.1.2	X		
Interruption de la tension de la transmission pour la traction	7.6.1.3	Optionnel		
Soudaine variation de la tension de la transmission pour la traction	7.6.1.4	Optionnel		
Harmoniques dans le courant d'entrée de l'onduleur	7.6.2	Optionnel		
Essai d'interférence	7.6.3	Optionnel		X
Conditions de défauts	7.7.1		X	
Soudaine variation de charge	7.7.2		X	

The measurement results may be used to improve the calculation of the total harmonic interference level from a vehicle, taking into consideration the total number of inverters, line filter design, etc.

NOTE 1 For the measurements, a high precision current sensor, together with a frequency analyser, should be used.

NOTE 2 The power supply harmonics should be considered when measuring the total harmonic content.

### 7.6.3 Interference test (optional type test)

The test shall be carried out in accordance with 4.2.8 of IEC 61287-1.

## 7.7 Investigation tests

These tests shall be subject to agreement between user and manufacturer.

### 7.7.1 Failure conditions

Loss of feedback signal, etc.

### 7.7.2 Sudden variation of load

Slipping condition, etc.

**Table 1 – List of tests**

Subject	Subclause	Type test	Investigation test	Possible duplication of test with IEC 60349-2 and IEC 61287-1
Temperature-rise tests	7.3	X		X
Additional test for paralleled asynchronous motors	7.4	If applicable		
Torque characteristics, motor hot	7.5.1.2	X		
Torque characteristics, motor cold	7.5.1.3	X		
Sweeping speed test at full torque	7.5.1.4	X		
Efficiency characteristics	7.5.2	Optional		X
Power supply for control equipment	7.6.1.1	X		
Supply voltage of traction drive	7.6.1.2	X		
Traction supply voltage interruption	7.6.1.3	Optional		
Sudden variation of traction supply voltage	7.6.1.4	Optional		
Harmonics in the input current of the inverter	7.6.2	Optional		
Interference test	7.6.3	Optional		X
Failure conditions	7.7.1		X	
Sudden variation of load	7.7.2		X	

## **Annexe A** (normative)

### **Accords entre exploitant et constructeur**

#### **A.1 Exigences spéciales que l'exploitant doit spécifier et qui doivent faire l'objet d'un accord avec le constructeur**

*Paragraphe* *Sujet*

	Domaine d'application et objet
	Duplication d'essais
	Essai réalisé soit en atelier ou sur le véhicule
5.1	Tracé des caractéristiques pour la tension la plus haute et la plus basse d'alimentation de traction
6.2	Cas dans lesquels un essai de type n'est pas exigé ou ne doit pas être refait
6.3	Essais d'investigation
7.2.1	Simulation du refroidissement
7.2.3	Mesure de la puissance mécanique de sortie par sommation des pertes ou par une méthode de récupération back method
7.2.4	Différence maximale admise de diamètre des roues
7.2.4	Caractéristiques additionnelles de couple dans certaines utilisations de moteurs en parallèle
7.3.1	Essais d'échauffement
7.4	Essais additionnels pour des moteurs asynchrones parallèles
7.5.1.1	Nombre de caractéristiques à tracer
7.5.2	Caractéristiques de rendement: tolérances et méthode d'essai
7.7	Essais d'investigation
Tableau 1	Note: essais optionnels

---



## **Annex A**

(normative)

### **Agreement between user and manufacturer**

#### **A.1 Special requirements of the user to be specified and agreed with the manufacturer**

Subclause	Subject
	Scope and object
	Duplication of tests
	Test either in workshop or on the vehicle
5.1	Drawing of characteristics for the lower and higher voltage of the traction supply
6.2	Cases in which a type test is not required or shall not be performed again
6.3	Investigation tests
7.2.1	Simulation of cooling
7.2.3	Measurement of the mechanical output by summation of losses or back-to-back method
7.2.4	Maximum permissible difference in wheel diameter
7.2.4	Additional torque characteristic in some uses of paralleled motors
7.3.1	Temperature-rise tests
7.4	Additional tests for paralleled asynchronous motors
7.5.1.1	Number of characteristics to be drawn
7.5.2	Efficiency characteristics: tolerances and method of test
7.7	Investigation tests
Table 1	Note: optional tests

---

www.intel.com



## Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé  
1211 Genève 20  
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)  
**International Electrotechnical Commission**  
3, rue de Varembé  
1211 GENEVA 20  
Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)

.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres (1) inacceptable, (2) au-dessous de la moyenne, (3) moyen, (4) au-dessus de la moyenne, (5) exceptionnel, (6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



.....

ISBN 2-8318-8522-1



9 782831 885223

---

**ICS 45.060**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND