

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61377-2

Première édition
First edition
2002-06

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Essais combinés –**

**Partie 2:
Moteurs de traction à courant continu
alimentés par hacheur et leur régulation**

**Railway applications – Rolling stock –
Combined testing –**

**Part 2:
Chopper-fed direct current traction
motors and their control**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61377-2:2002

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)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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
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)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61377-2

Première édition
First edition
2002-06

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Essais combinés –**

**Partie 2:
Moteurs de traction à courant continu
alimentés par hacheur et leur régulation**

**Railway applications – Rolling stock –
Combined testing –**

**Part 2:
Chopper-fed direct current traction
motors and their control**

© IEC 2002 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 Varembé, 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 Web: 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	6
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Interfaces et caractéristiques d'un système combiné	18
4.1 Interfaces spécifiées	18
4.2 Caractéristiques spécifiées	18
4.3 Caractéristiques de base	20
4.4 Caractéristiques et valeurs d'un système combiné	20
4.5 Echange d'information et responsabilité	22
5 Catégories d'essais	22
5.1 Généralités	22
5.2 Essais de type	22
5.3 Essais d'investigation	24
6 Essais	24
6.1 Généralités	24
6.2 Conditions d'essais	24
6.2.1 Refroidissement pendant les essais	24
6.2.2 Câbles de puissance	24
6.2.3 Alimentation de puissance	24
6.2.4 Mesure de la puissance mécanique de sortie	26
6.3 Essais d'échauffement	26
6.3.1 Généralités	26
6.3.2 Mesure des températures	26
6.4 Essai de commutation	26
6.5 Relevé des caractéristiques et des tolérances	28
6.5.1 Caractéristiques de couple	28
6.6 Essais des systèmes de protection	30
6.6.1 Alimentation de l'équipement de régulation du système combiné	30
6.6.2 Alimentation en courant continu	30
6.6.3 Interruption de courte durée de l'alimentation en courant continu (essai de type facultatif)	30
6.6.4 Variation soudaine de la tension d'alimentation (essai de type facultatif)	30
6.6.5 Harmoniques du courant d'entrée du hacheur (essai de type facultatif)	30
6.6.6 Essai de perturbation (essai de type facultatif)	30
6.7 Essais d'investigation	32
Annexe A (informative) Liste des articles dans lesquels on mentionne un accord entre l'exploitant et le constructeur	46

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope and object.....	11
2 Normative references.....	13
3 Definitions	15
4 Combined system interfaces and characteristics	19
4.1 Specified interfaces	19
4.2 Specified characteristics	19
4.3 Declared characteristics	21
4.4 Combined system characteristics and values	21
4.5 Exchange of information and responsibility.....	23
5 Test categories.....	23
5.1 General	23
5.2 Type tests	23
5.3 Investigation tests.....	25
6 Tests	25
6.1 General	25
6.2 Test conditions	25
6.2.1 Cooling during the tests	25
6.2.2 Power cables	25
6.2.3 Power supply	25
6.2.4 Mechanical output measurement.....	27
6.3 Temperature-rise tests.....	27
6.3.1 General	27
6.3.2 Measurement of temperatures	27
6.4 Commutation test	27
6.5 Characteristic tests and tolerances	29
6.5.1 Torque characteristics	29
6.6 Protection system testing.....	31
6.6.1 Power supply for control equipment of the combined system	31
6.6.2 DC power supply.....	31
6.6.3 Short-time d.c. power supply interruption (optional type test)	31
6.6.4 Sudden variation of the supply voltage (optional type test).....	31
6.6.5 Harmonics in the input current of the chopper (optional type test)	31
6.6.6 Interference test (optional type test)	31
6.7 Investigation tests.....	33
Annex A (informative) List of clauses in which agreement between user and manufacturer is mentioned	47

Figure 1 – Transmission pour traction	10
Figure 2 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur série en courant continu, en configuration de traction	34
Figure 3 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur à courant continu excité séparément, en configuration de traction	36
Figure 4 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur à courant continu en série ou excité séparément, en configuration de freinage	38
Figure 5 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur à courant continu série ou excité séparément, en configuration de freinage	40
Figure 6 – Exemple de configuration de freinage pour un système combiné avec moteur à courant continu excité séparément	42
Figure 7 – Montage de banc d'essai pour essais de récupération d'un hacheur et d'un système combiné à moteur à courant continu	42
Figure 8 – Exemple de configuration de circuit pour interruption d'alimentation continue de courte durée	44
Figure 9 – Exemple de configuration de circuit pour variation soudaine de la tension d'alimentation	44
Tableau 1 – Liste des essais	32

Figure 1 – Traction drive	11
Figure 2 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and d.c. series motor, in motoring configuration.....	35
Figure 3 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and separately excited d.c. motor, in motoring configuration	37
Figure 4 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and series or separately excited d.c. motor, in braking configuration	39
Figure 5 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and series or separately excited d.c. motor, in braking configuration	41
Figure 6 – Example of braking configuration for a combined system with separately excited d.c. motor	43
Figure 7 – Test-bed arrangement for back-to-back test of a chopper and d.c. motor combined system	43
Figure 8 – Example of circuit configuration for short-time d.c. power supply interruption.....	45
Figure 9 – Example of circuit configuration for sudden variation of supply voltage	45
Table 1 – List of tests.....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS COMBINÉS –

Partie 2: Moteurs de traction à courant continu alimentés par hacheur et leur régulation

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61377-2 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/676/FDIS	9/682/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ROLLING STOCK – COMBINED TESTING –****Part 2: Chopper-fed direct current
traction motors and their control**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61377-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/676/FDIS	9/682/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next revision.

Annex A is for information only.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2009.
A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61377-2:2002

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2009. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61377-2:2002

Withdrawn

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS COMBINÉS –

Partie 2: Moteurs de traction à courant continu alimentés par hacheur et leur régulation

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61377 s'applique aux combinaisons du ou des moteurs, du hacheur et de leur régulation et elle a pour objet de spécifier

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

Dans les transmissions pour traction, un système combiné avec un hacheur et un ou des moteurs à courant continu sans aucune régulation entre les grandeurs mécaniques de sortie et le hacheur n'est pas habituel, c'est pourquoi il n'est pas pris en compte dans la présente norme.

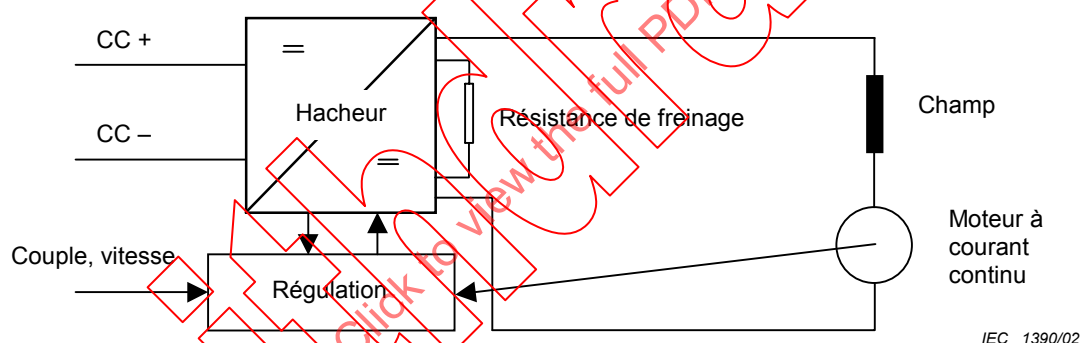
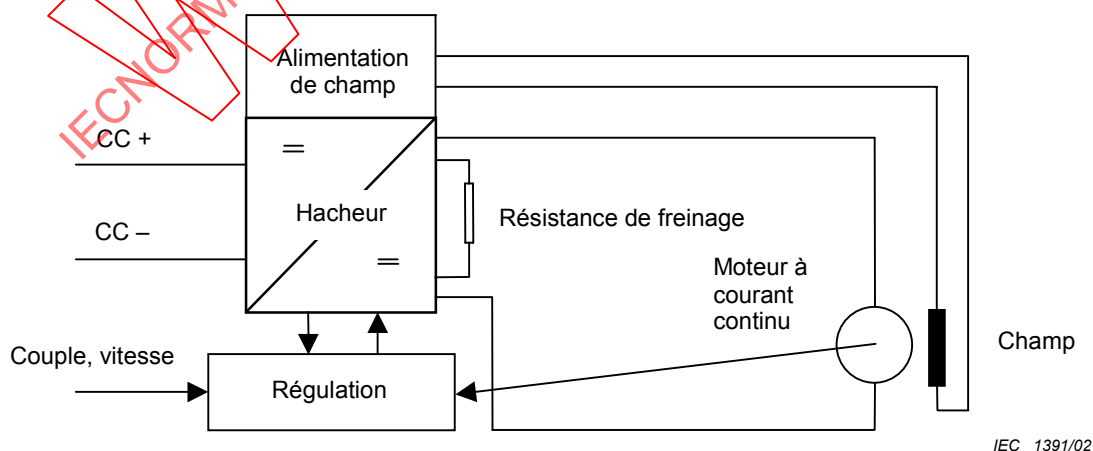


Figure 1a – Système combiné avec moteur à courant continu en série



NOTE L'inductance de lissage est considérée comme faisant partie du hacheur.

Figure 1b – Système combiné avec moteur à courant continu excité séparément

Figure 1 – Transmission pour traction

RAILWAY APPLICATIONS ROLLING STOCK – COMBINED TESTING –

Part 2: Chopper-fed direct current traction motors and their control

1 Scope and object

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

- the performance characteristics of electric drives consisting of a chopper, direct current motors, and the related control system;
- methods of verifying these performance characteristics by tests.

In traction drives, a combined system with chopper and direct current motor(s) without any control between the mechanical output and the chopper is not usual. It is not, therefore, considered in this standard.

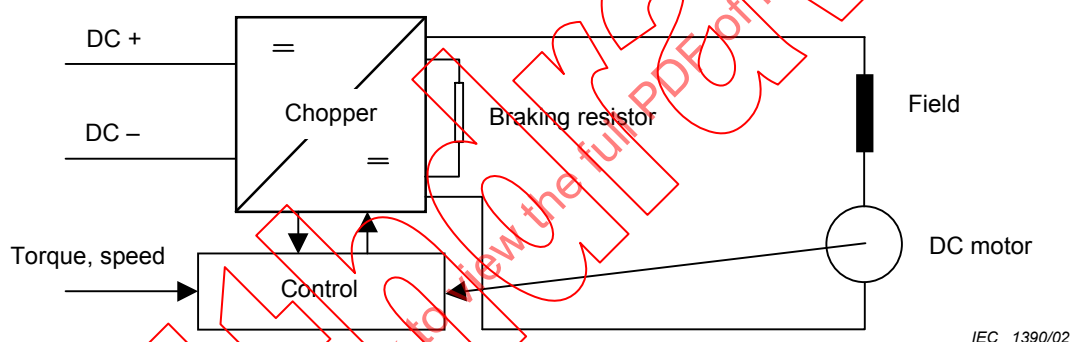
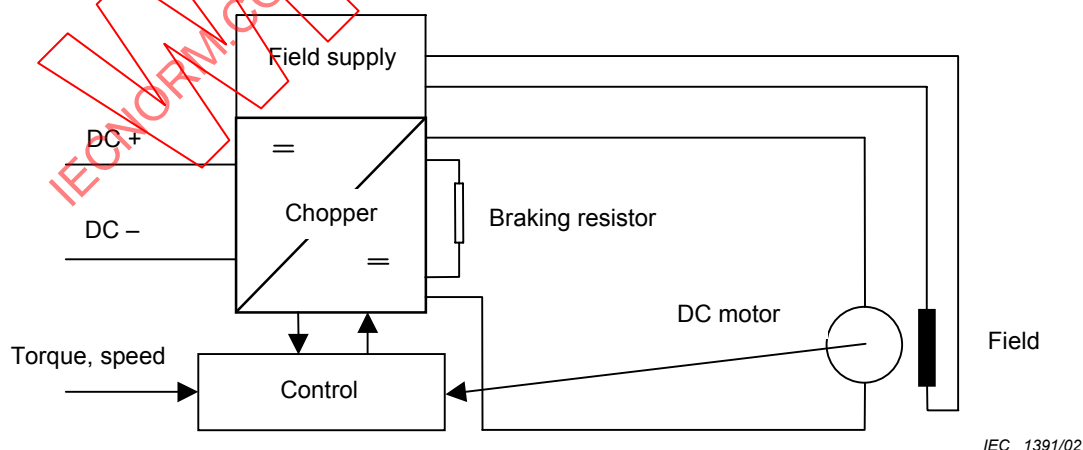


Figure 1a – Combined system with series d.c. motor



NOTE The smoothing reactor is considered as a part of the chopper.

Figure 1b – Combined system with separately excited d.c. motor

Figure 1 – Traction drive

La CEI 60349-1 s'applique aux moteurs à courant continu alimentés par hacheur, la CEI 61287-1 aux convertisseurs de puissance électroniques et la CEI 60571 aux équipements électroniques.

La présente norme s'applique à la combinaison du ou des moteurs, du hacheur et leur régulation. En conséquence, la CEI 60349-1 décrit les essais permettant de démontrer que le moteur est conforme à sa spécification, et la CEI 61287-1 fait de même pour le hacheur. Il va de soi que certains essais mentionnés dans la présente norme peuvent généralement remplacer les essais correspondants décrits dans les normes mentionnées ci-dessus. Il convient qu'un accord soit conclu entre les parties pour éviter la duplication des essais.

Un essai combiné complet est lourd et nécessite souvent une puissance élevée qui n'est pas toujours disponible en atelier. Un accord peut intervenir entre l'exploitant et le constructeur pour permettre soit l'essai en atelier soit sur le véhicule.

Au moment de la rédaction de la présente norme, seules les combinaisons suivantes de moteurs et de hacheurs sont utilisées pour les applications de traction, mais elle peut également s'appliquer à d'autres combinaisons, qui peuvent être utilisées dans le futur:

- moteurs à courant continu en série (un ou plusieurs moteurs connectés en série et/ou en parallèle) alimentés par un convertisseur de hacheur (figure 1a).
- moteurs à courant continu excités séparément (un ou plusieurs moteurs connectés en série) alimentés par un convertisseur de hacheur (figure 1b).

Dans les deux cas, les circuits de freinage électriques sont inclus, le cas échéant.

Les circuits d'excitation séparés et leur régulation ou les circuits de shuntage et leur régulation, pour les moteurs en série, sont considérés comme faisant partie du système combiné.

On peut trouver des précisions supplémentaires sur les combinaisons possibles de systèmes dans la CEI 61287-2.

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

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

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 60050-411:1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 411: Machines tournantes*

CEI 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 60050-811:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

IEC 60349-1 applies to chopper-fed direct current motors, IEC 61287-1 to power electronic convertors, and IEC 60571 to electronic equipments.

This standard applies to the combination of motor(s), chopper, and their control. As a consequence, IEC 60349-1 describes the tests to demonstrate the compliance of the motor to its specification, while IEC 61287-1 does the same for the chopper. It is self-evident that some of the tests mentioned in this standard may generally replace the corresponding ones described in the above-mentioned standards. An agreement should be reached between the parties to avoid the duplication of tests.

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

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

- direct current series motors (one or more connected in series and/or in parallel) fed by a chopper converter (figure 1a)
- direct current separately excited motors (one or more connected in series) fed by a chopper converter (figure 1b).

For both cases, electrical braking circuits, if used, are included.

The separate exciting circuits and their control, or the shunting circuit and their control, for series motors, are considered as a part of the combined system.

More details on possible system combinations can be found in IEC 61287-2.

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

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

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 amendments) applies.

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machines*

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

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

CEI 60349-1:1999, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique*

CEI/TR2 60349-3:1995, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 3: Détermination des pertes totales des moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur par sommation des pertes élémentaires*

CEI/TR 61287-2:2001, *Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant ferroviaire – Partie 2: informations techniques supplémentaires*

CEI 60571:1998, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires*

CEI 60850:2000, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

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

3 Définitions

Pour la définition des termes généraux utilisés dans la présente norme, il convient de se référer à la CEI 60050-411, la CEI 60050-551, la CEI 60050-811, la CEI 61287-1 et la CEI 60349-1.

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61377, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

système combiné

élément constitué par le hacheur, la traction et le freinage, le(s) moteur(s), leur système de régulation, 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 principale 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, du hacheur de la régulation ou de tous ces constituants, ou d'aucun d'entre eux.

3.4

fournisseur

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

IEC 60349-1:1999, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 1: Machines other than electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC/TR2 60349-3:1995, *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*

IEC/TS 61287-2:2001, *Power convertors installed on board railway rolling stock – Part 2: Additional technical information*

IEC 60571:1998, *Electronic equipment used on rail vehicles*

IEC 60850:2000, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

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

3 Definitions

For the definition of general terms used in this standard, reference should be made to IEC 60050-411, IEC 60050-551, IEC 60050-811, IEC 61287-1 and IEC 60349-1.

For the purpose of this part of IEC 61377, the following definitions apply.

3.1

combined system

unit consisting of the chopper, motoring and braking, 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

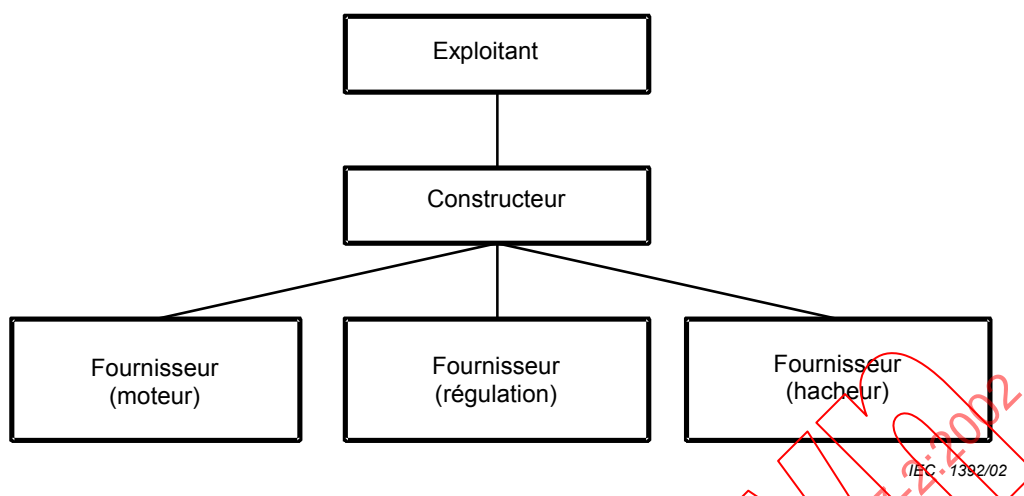
organization which has the technical responsibility for the supply of the combined system

NOTE The manufacturer as defined above may also be the supplier of the motor, of the chopper, 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



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, y compris, 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

3.7

cycle de service

variation de la charge en fonction du temps pouvant ou non se répéter, de durée insuffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint

3.8

profil de charge (voir également CEI 61287-1)

principalement le courant de sortie du hacheur et d'autres paramètres convenables, en fonction du temps auquel le système combiné est soumis pour obtenir le service défini plus haut

NOTE 1 Le profil de charge peut correspondre à un service effectif ou être un cycle théorique.

NOTE 2 La connaissance du courant de sortie du hacheur est utile pour déterminer les plus mauvaises conditions d'échauffement des composants du hacheur.

3.9

régime assigné d'un système combiné

combinaison 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

3.10

valeur assignée

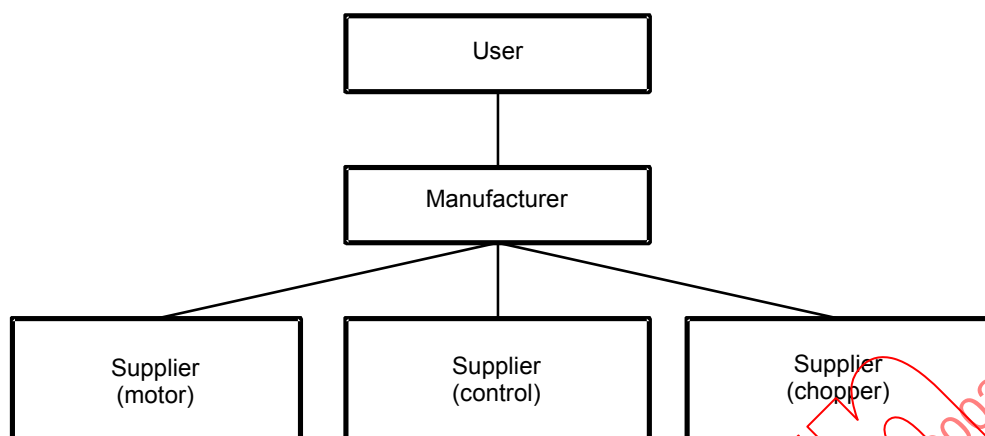
valeur numérique de toute grandeur mentionnée dans un régime assigné

3.11

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 60349-1 et la CEI 61287-1

NOTE Plusieurs régimes continus assignés peuvent être spécifiés.



IEC 1392/02

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**duty cycle**

variation of load with time which may or may not be repeated, and in which the cycle time is too short for thermal equilibrium to be attained

3.8**load profile** (see also IEC 61287-1)

mainly the chopper output current and other relevant parameters, as a function of time, to which the combined system is subject, to obtain the above-defined duty

NOTE 1 The load profile can correspond to the effective duty or be a theoretical cycle.

NOTE 2 Knowledge of the chopper output current is useful in determining the worst-case conditions of the temperature rise of chopper components.

3.9**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

3.10**rated value**

numerical value of any quantity included in a rating

3.11**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 60349-1 and IEC 61287-1

NOTE Several continuous ratings may be specified.

3.12

régime de courte durée assigné (par exemple 1 h)

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 60349-1 et dans la CEI 61287-1, en démarrant avec le système combiné froid, toutes les autres prescriptions des normes mentionnées ici étant satisfaites

3.13

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 effectué comme spécifié en 8.1.5 de la CEI 60349-1, sans dépasser les limites d'échauffement données dans le tableau 3 de la CEI 60349-1 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.

3.14

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 au tableau 2 de la CEI 60349-1 et dans la CEI 61287-1

3.15

régime périodique de service

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

4 Interfaces et caractéristiques d'un système combiné

4.1 Interfaces spécifiées

Les interfaces extérieures spécifiées d'un système combiné avec hacheur sont

- les interfaces avec la ligne d'alimentation
- les interfaces avec la puissance mécanique de sortie
- les interfaces avec le système de régulation du véhicule

Les interfaces intérieures sont:

- les interfaces entre le hacheur et le moteur
- les interfaces entre le hacheur et la régulation
- les interfaces entre le moteur et la régulation
- les interfaces avec le système de refroidissement du véhicule

4.2 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 généralement être tracées pour les valeurs d'entrée côté courant continu imposées par la régulation s'il y a un circuit intermédiaire régulé côté courant continu, la tension d'alimentation

3.12**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 60349-1 and in IEC 61287-1, starting with the cold combined system, all other requirements of the standards mentioned being satisfied

3.13**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 8.1.5 of IEC 60349-1, without exceeding the limits of temperature rise given in table 3 of IEC 60349-1 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.

3.14**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 table 2 of IEC 60349-1 and IEC 61287-1

3.15**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 table 2 of IEC 60349-1 and IEC 61287-1

4 Combined system interfaces and characteristics**4.1 Specified interfaces**

The specified external interfaces of a chopper combined system are

- interfaces with supply line
- interfaces with mechanical output
- interfaces with vehicle control system

The internal interfaces are:

- interfaces between chopper and motor
- interfaces between chopper and control
- interfaces between motor and control
- interfaces with vehicle cooling system

4.2 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 specified d.c. input values imposed by the control if there is a controlled d.c. link, the supply voltage of the traction

du réseau de traction étant à sa valeur nominale spécifiée. S'il n'y pas de circuit intermédiaire régulé côté courant continu, l'entrée continue est celle qui est obtenue lorsque la tension d'alimentation du réseau de traction est 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 du convertisseur de hacheur prévues par le fournisseur.

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.10 de la CEI 60349-1.

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

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.

4.3 Caractéristiques de base

Courbes caractéristiques obtenues à partir des résultats des essais de type effectués conformément à 6.5.

4.4 Caractéristiques et valeurs d'un système combiné

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

- a) les caractéristiques et valeurs externes telles que
 - les valeurs moyennes des grandeurs d'entrée côté courant continu: tension, courant (y compris les harmoniques) et puissance du système combiné,
 - le couple mécanique moyen,
- b) les caractéristiques et valeurs internes telles que
 - la valeur efficace du courant de sortie du hacheur,
 - la valeur d'ondulation crête à crête du courant de sortie du hacheur,
 - la valeur efficace du courant de champ pour les moteurs en série ou excités séparément,
 - les formes d'onde de tension et les transitoires de commutation, qui sont les valeurs de tension de crête maximale point-à-point ou point-à-terre du hacheur,
 - les températures, etc.

NOTE Les transitoires de commutation internes 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/électrique ou les véhicules alimentés par batterie.

Les caractéristiques de rendement du système combiné doivent prendre en compte le moteur, le hacheur, la résistance en parallèle de champ, les câbles et les autres composants appropriés.

system being at its specified nominal value. If there is no controlled d.c. link, the d.c. input is that which is obtained when the supply voltage of the traction system is 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 chopper converter expected by the supplier.

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.10 of IEC 60349-1.

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.

4.3 Declared characteristics

Characteristic curves obtained from the results of type tests carried out in accordance with 6.5.

4.4 Combined system characteristics and values

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

- a) external characteristics and values such as
 - the mean values of the d.c. input: voltage, current (including harmonics) and power of the combined system,
 - the mean mechanical torque;
- b) internal characteristics and values such as
 - the root-mean-square value of the output current of the chopper,
 - the peak-to-peak ripple value of the output current of the chopper,
 - the root-mean-square value of the field current for series or separately excited motors,
 - voltage waveforms and switching transients, which are the maximum peak voltage point-to-point or point-to-earth of the chopper,
 - temperatures, etc.

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

If 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 chopper, the field shunt resistor, the cables and other relevant components.

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 de l'application, en traction et en freinage si le freinage électrique est proposé. Elles peuvent aussi être tracées pour 1/4, 1/2 et 3/4 de la référence maximale de couple à toutes les vitesses, après accord entre l'exploitant et le constructeur.

Seules les caractéristiques externes et les transitoires de commutation maximales internes sont obligatoires. Si la mesure du rendement est demandée, elle doit inclure les pertes d'excitation. Les autres caractéristiques et valeurs internes doivent être mesurées mais les résultats ne doivent pas influencer la réception du système combiné.

Les figures 2 à 5 montrent des exemples des courbes obligatoires les plus communes.

4.5 Echange d'information et responsabilité

La CEI 60349-1 et la CEI 61287-1 mentionnent la nécessité de l'échange d'informations entre le fournisseur du moteur et celui du hacheur, pour assurer que le système combiné remplit les prescriptions des normes mentionnées ci-dessus, les documents enregistrant cet échange d'informations faisant partie intégrante de la spécification du moteur et du hacheur.

Le paragraphe 3.3 définit le constructeur comme 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 pour satisfaire aux prescriptions de la présente norme.

5 Catégories d'essais

5.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essais:

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

5.2 Essais de type

Les essais de type sont destinés à 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 soumis aux essais de type, l'influence de ces modifications sur les performances du système combiné doit être évaluée. Un accord peut ensuite être conclu entre l'exploitant et le constructeur pour ne pas refaire l'essai de type ou pour ne refaire que certains des essais.

Sous réserve d'un accord entre l'exploitant et le 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 conception et de puissance similaires.

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 1/4, 1/2 and 3/4 of the maximum torque reference at any speed, if agreed between user and manufacturer.

Only external characteristics and the maximum internal switching transients are mandatory. If the measurement of efficiency is requested, it shall include excitation losses. The other internal characteristics and values shall be measured, but the results shall not influence the acceptance of the combined system.

Figures 2 to 5 show examples of the most common mandatory curves.

4.5 Exchange of information and responsibility

IEC 60349-1 and IEC 61287-1 point out the need for the exchange of information between the motor supplier and the chopper 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 chopper.

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.

5 Test categories

5.1 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.

5.2 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. An agreement may then be reached between the user and the manufacturer that the type test is not carried out again, or that only some of the tests are carried out.

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 similar design and power.

5.3 Essais d'investigation

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

6 Essais

6.1 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 cas échéant, le courant et la tension de sortie du hacheur, etc. sont produits en service.

Le constructeur doit fournir à l'exploitant avant le début des essais, une spécification d'essai donnant les grandes lignes des essais à entreprendre suivant la présente norme pour satisfaire aux prescriptions du contrat. A la suite de l'exécution de ces essais, le constructeur doit fournir à l'exploitant un rapport d'essai complet.

6.2 Conditions d'essais

6.2.1 Refroidissement pendant les essais

Le système combiné doit être essayé avec son refroidissement monté comme en service, y compris les conduites et les filtres considérés comme une partie du véhicule ou avec des dispositions donnant des conditions équivalentes. On peut effectuer la mesure des 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.

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

6.2.2 Câbles de puissance

Il est recommandé que les câbles de puissance soient disposés pour donner, du point de vue thermique et électromagnétique, des conditions pratiquement équivalentes à celles spécifiées. Il est recommandé que les câbles de puissance soient de préférence ceux qui seront utilisés sur le véhicule, mais des câbles de puissance équivalents peuvent être utilisés. Toute information sur ces câbles et leur disposition doit être donnée par le constructeur si on le lui demande.

NOTE Il n'est pas nécessaire d'avoir exactement la même disposition de câbles que sur le véhicule, pourvu que les plus mauvaises conditions locales soient simulées sur le banc d'essai. Si on peut par exemple s'attendre raisonnablement à ce que l'échauffement le plus fort soit atteint dans une portion de 2 m du cheminement des câbles, il est recommandé que cette portion soit simulée sur le banc d'essai, mais d'autres portions du cheminement du câble peuvent être omises du point de vue thermique.

6.2.3 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. Chaque fois que cela s'applique, les inductances, les capacités et les résistances du système doivent être prises en compte.

5.3 Investigation tests

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

6 Tests

6.1 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, if any, the output current and voltage of the chopper etc., are those produced in service.

Before the commencement of testing, the manufacturer shall provide to the user a test specification outlining the tests to be undertaken from this standard to meet the contract requirements. Following the completion of testing, the manufacturer shall supply the user with a full test report.

6.2 Test conditions

6.2.1 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.

6.2.2 Power cables

It is recommended that power cables be arranged to give almost equivalent conditions for thermal and electromagnetic aspects as specified. The power cables should preferably be those which will be used on the vehicle, but equivalent power cables may be used. All information about these cables and their arrangement shall be given by the manufacturer if requested.

NOTE It is not necessary to have exactly the same arrangement of the cables, as they will be in the vehicle, provided the local worst conditions are simulated on the test bed. As an example, if the highest temperature rise can reasonably be expected in a portion of 2 m of the cable layout, this portion should be simulated on the test bed, but other portions of the cable layout may be omitted for thermal aspects.

6.2.3 Power supply

The power supply can be derived from the vehicle d.c. supply or from another source available at the test bed. Whenever relevant, system inductance, capacitance and resistance shall be taken into account.

6.2.4 Mesure de la puissance mécanique de sortie

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

En variante, sous réserve d'un accord entre l'exploitant et le constructeur, on peut aussi obtenir la puissance mécanique en faisant la somme 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 par la somme des pertes inclut l'évaluation des pertes

- du moteur, à partir des mesures sur l'entrée en courant continu du moteur (méthode d'essai spécifiée dans la CEI 60349-1);
- du hacheur, généralement déduites à partir des mesures sur l'entrée en courant continu;
- des câbles, et, le cas échéant, des résistances et inductances nécessaires pour faire fonctionner le système combiné.

6.3 Essais d'échauffement

6.3.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés aux régimes du système pour lesquels il existe un accord.

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

Dans le cas d'un essai à un régime de service périodique, le temps nécessaire pour atteindre une température stable peut être raccourci en commençant l'essai à un régime calculé équivalent et en continuant avec des cycles répétitifs.

Le paragraphe 4.4 établit la responsabilité technique du constructeur du système combiné. En conséquence, il n'est pas nécessaire que le fournisseur effectue l'essai d'échauffement sur un constituant, suivant la norme qui le régit. Le constituant peut être considéré comme ayant satisfait à l'essai d'échauffement pourvu que les échauffements pendant l'essai combiné ne dépassent pas les valeurs spécifiées dans les normes des constituants. Si aucune valeur n'est spécifiée dans la norme du constituant, les valeurs peuvent faire l'objet d'un accord. Cela reste valable même si les paramètres électriques ne sont pas exactement ceux qui ont fait l'objet d'un accord entre le fournisseur et le constructeur.

6.3.2 Mesure des températures

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

6.4 Essai de commutation

L'essai de commutation sur les moteurs en courant continu doit être réalisé conformément à la CEI 60349-1.

L'essai défini en 8.3.2 et 8.3.3, point 1(Com 1), de la CEI 60349-1, doit être réalisé à la fois en traction et en freinage, à la vitesse maximale et avec le courant maximal, avec la tension d'alimentation à la valeur capable de produire les plus mauvaises conditions d'ondulation.

L'essai défini dans les mêmes articles, point 3 (Com 3), doit être réalisé à la plus mauvaise condition d'ondulation.

6.2.4 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 the summation of losses or by the 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 d.c. input of the motor (test method as specified in IEC 60349-1);
- the chopper, generally derived from the d.c. input measurements;
- the cables, and, if any, the resistors, and inductances necessary to run the combined system.

6.3 Temperature-rise tests

6.3.1 General

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

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 4.4 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 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.

6.3.2 Measurement of temperatures

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

6.4 Commutation test

The commutation test on d.c. motors shall be carried out in accordance with IEC 60349-1.

The test defined in 8.3.2 and 8.3.3, point 1(Com 1), of IEC 60349-1, shall be carried out in both motoring and braking, at maximum speed and maximum current, with the supply voltage at the value able to generate the worst ripple condition.

The test defined in the same clauses, point 3 (Com 3), shall be carried out at the worst ripple condition.

6.5 Relevé des caractéristiques et des tolérances

6.5.1 Caractéristiques de couple

6.5.1.1 Généralités

On doit effectuer des essais pour démontrer que le système satisfait aux caractéristiques de couple spécifiées en faisant fonctionner le ou les moteurs à une vitesse donnée. La référence de couple (valeur affichée du manipulateur) doit alors être donnée à l'élément de régulation pour 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 du hacheur.

NOTE Le paragraphe 4.4 indique que "les caractéristiques de couple doivent être tracées pour la référence maximale de couple".

Les valeurs limites d'erreur de l'appareil de mesure ne doivent pas être supérieures à

- ± 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 en courant continu.

De même pour l'essai d'échauffement, le ou les moteurs peut peuvent être considérés comme ayant satisfait au relevé des caractéristiques de couple de la CEI 60349-1, sous réserve que les caractéristiques de couple mesurées pendant l'essai du système combiné satisfassent aux prescriptions de la présente norme. Ceci reste valable même si les paramètres électriques ne sont pas exactement ceux qui ont fait l'objet d'un accord entre le fournisseur et le constructeur.

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

6.5.1.2 Essai de 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, à la fois en traction et en freinage si cela est approprié. Aucun déclenchement arrêtant le système ne doit être observé. Le taux de variation de la vitesse doit être approprié à chaque application.

6.5.1.3 Caractéristiques de rendement du système combiné (caractéristiques de perte)

Si des mesures de pertes sont exigées, elles doivent être effectuées à la fin de l'essai d'échauffement décrit en 6.3. Elles doivent être déduites de la mesure de la puissance d'entrée en courant continu et de la puissance mécanique de sortie. Un faible nombre de points est généralement approprié.

Les limites de l'erreur de l'appareil de mesure de la puissance d'entrée en courant continu ne doivent pas être supérieures à ± 1 %, l'appareil de mesure du couple doit avoir une précision de $\pm 0,5$ % du couple maximal de référence à la vitesse considérée et l'appareil de mesure de la vitesse une précision de $\pm 0,1$ %. Ces tolérances peuvent varier s'il y a accord entre l'exploitant et le 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 d'addition mentionnées en 6.2.4 peuvent être utilisées si un accord a été conclu entre l'exploitant et le constructeur.

6.5 Characteristic tests and tolerances

6.5.1 Torque characteristics

6.5.1.1 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 chopper, shall then be measured.

NOTE Subclause 4.4 states that "the torque characteristics shall be drawn for the maximum torque reference".

The limits of error of the measurements instrument shall not be 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

As for the temperature-rise test, the motor(s) may be deemed to have passed the torque characteristics tests of IEC 60349-1, provided the torque characteristics measured at the combined system test meet the requirements of this standard. This remains valid, even if the electric parameters are not exactly those agreed upon between the supplier and the manufacturer.

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.

6.5.1.2 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.

6.5.1.3 Efficiency characteristics of the combined system (loss characteristics)

If loss measurements are required, they shall be carried out at the end of the temperature-rise test as described in 6.3. 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 instrument of the d.c. power input shall not be greater than ± 1 %, the torque measurement instrument shall be accurate to within $\pm 0,5$ % of the maximum torque reference at the speed considered, and the speed measurement instrument shall be accurate to within $\pm 0,1$ %. These tolerances may be varied by agreement between the user and the 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 6.2.4 may be used if agreed between the user and the manufacturer.

6.6 Essais des systèmes de protection

6.6.1 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 interruption du système ou indication de défaut. La perte d'une ou de plusieurs alimentations doit provoquer l'arrêt du hacheur sans aucune défaillance ou sans aucun fonctionnement défectueux du système combiné. Le système doit être capable de redémarrer de manière contrôlée lorsque les alimentations de la régulation sont rétablies.

6.6.2 Alimentation en courant continu

On doit vérifier, en faisant varier la source de tension continue du minimum au maximum de la plage de fonctionnement spécifiée pour le système combiné, que le système de régulation fonctionne correctement et que la sortie du système combiné est régulée et inhibée suivant la courbe acceptée.

6.6.3 Interruption de courte durée de l'alimentation en courant continu (essai de type facultatif)

Cet essai peut être réalisé en faisant fonctionner deux contacteurs l'un après l'autre de manière à générer une interruption de courte durée de l'alimentation avec une durée spécifiée.

La figure 8 donne un exemple de circuit d'essai possible.

6.6.4 Variation soudaine de la tension d'alimentation (essai de type facultatif)

Cet essai peut être réalisé en utilisant un contacteur en parallèle d'une résistance connectée comme à la figure 9, qui donne un exemple de configuration possible de circuit.

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

6.6.5 Harmoniques du courant d'entrée du hacheur (essai de type facultatif)

Le hacheur peut perturber le système de signalisation ferroviaire, le système d'alimentation ou d'autres équipements fixes ou embarqués. Cela est provoqué par la génération de courants d'harmoniques sur la ligne d'alimentation en courant continu. C'est pourquoi il est important de mesurer les courants alternatifs présents dans l'entrée en courant continu du hacheur pour différentes conditions de tension et de courant des moteurs.

L'exploitant doit spécifier le contenu harmonique maximal, en fonction de la fréquence et du courant continu d'entrée du système combiné.

Les résultats de mesure peuvent être utilisés pour améliorer le calcul du niveau total de perturbation harmonique du véhicule, en tenant compte du nombre total de hacheurs, de la conception du filtre de ligne, etc.

NOTE 1 Pour les mesures, il est recommandé d'utiliser un capteur de courant de haute précision, ainsi qu'un analyseur de fréquences.

NOTE 2 Il convient de prendre en compte les harmoniques générées par l'alimentation en courant continu pour la mesure du contenu harmonique total.

6.6.6 Essai de perturbation (essai de type facultatif)

Cet essai doit être effectué conformément à 2.4.6.23 de la CEI 61287-1.

6.6 Protection system testing

6.6.1 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 chopper 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.

6.6.2 DC power supply

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.

6.6.3 Short-time d.c. power supply interruption (optional type test)

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

Figure 8 gives an example of a possible test circuit.

6.6.4 Sudden variation of the supply voltage (optional type test)

The test may be performed by using a contactor in parallel to a resistor connected as in figure 9, which gives an example of possible circuit configuration.

The test is carried out in both motoring and braking.

6.6.5 Harmonics in the input current of the chopper (optional type test)

The chopper 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 d.c. supply line. Because of this, it is important to measure the a.c. currents on the d.c. input of the chopper at different voltage and current condition of the motors.

The user shall specify the maximum harmonic content, as a function of frequency, of the d.c. input current of the combined system.

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 choppers, 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 harmonics generated by the d.c. power supply should be considered when measuring the total harmonic content.

6.6.6 Interference test (optional type test)

The test shall be carried out in accordance with 2.4.6.23 of IEC 61287-1.

6.7 Essais d'investigation

L'essai du système combiné donne la possibilité de réaliser l'essai du comportement du système en ce qui concerne

- pour le freinage par récupération, perte soudaine de la capacité de récupération;
- conditions de défaillance: par exemple perte du signal de vitesse, etc.;
- forme d'onde de tension et de courant transitoires pendant la condition de défaillance.

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

Tableau 1 – Liste des essais

Sujet	Paragraphe	Essai de type	Essai d'investigation	Duplication possible des essais avec CEI 60349-1 et CEI 61287-1
Essais d'échauffement	6.3	X		X
Essai de commutation	6.4	X		X
Caractéristiques				
Couple	6.5.1	X		X
Essai de vitesse de balayage à couple maximal	6.5.1.2	X		
Caractéristiques de rendement	6.5.2	X ^a		X
Essais du système de protection				
Alimentation pour l'équipement de régulation	6.6.1	X ^a		
Alimentation en courant continu	6.6.2	X ^a		
Interruption de courte durée du courant continu	6.6.3	X ^a		
Variation soudaine de la tension d'alimentation	6.6.4	X ^a		
Harmoniques dans le courant d'entrée du hacheur	6.6.5	X ^a		
Essai de perturbation	6.6.6	X ^a		X
Essais d'investigation	6.7		X	X

^a Ces essais sont facultatifs.

6.7 Investigation tests

The combined system test gives the opportunity to test the behaviour of the system concerning

- in regenerative braking, sudden loss of regeneration capability;
- failure conditions: for example loss of speed signal, etc.;
- transient voltage and current waveform during failure condition.

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

Table 1 – List of tests

Subject	Subclause	Type test	Investigation test	Possible duplication of test with IEC 60349-1 and IEC 61287-1
Temperature-rise tests	6.3	X		X
Commutation test	6.4	X		X
Characteristics				
Torque	6.5.1	X		X
Sweeping speed test at full torque	6.5.1.2	X		
Efficiency characteristics	6.5.2	X ^a		X
Protection system testing				
Power supply for the control equipment	6.6.1	X ^a		
DC power supply	6.6.2	X ^a		
Short-time d.c. power interruption	6.6.3	X ^a		
Sudden variation of the supply voltage	6.6.4	X ^a		
Harmonics in the input current of the chopper	6.6.5	X ^a		
Interference test	6.6.6	X ^a		X
Investigation tests	6.7		X	X
^a These tests are optional.				

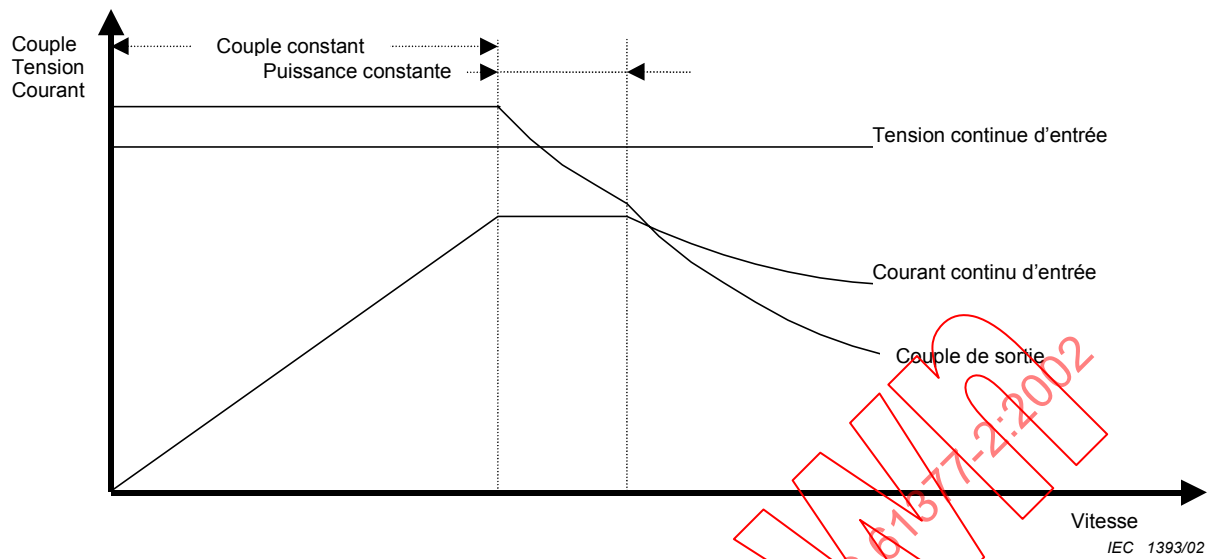


Figure 2a – Exemple de caractéristiques externes

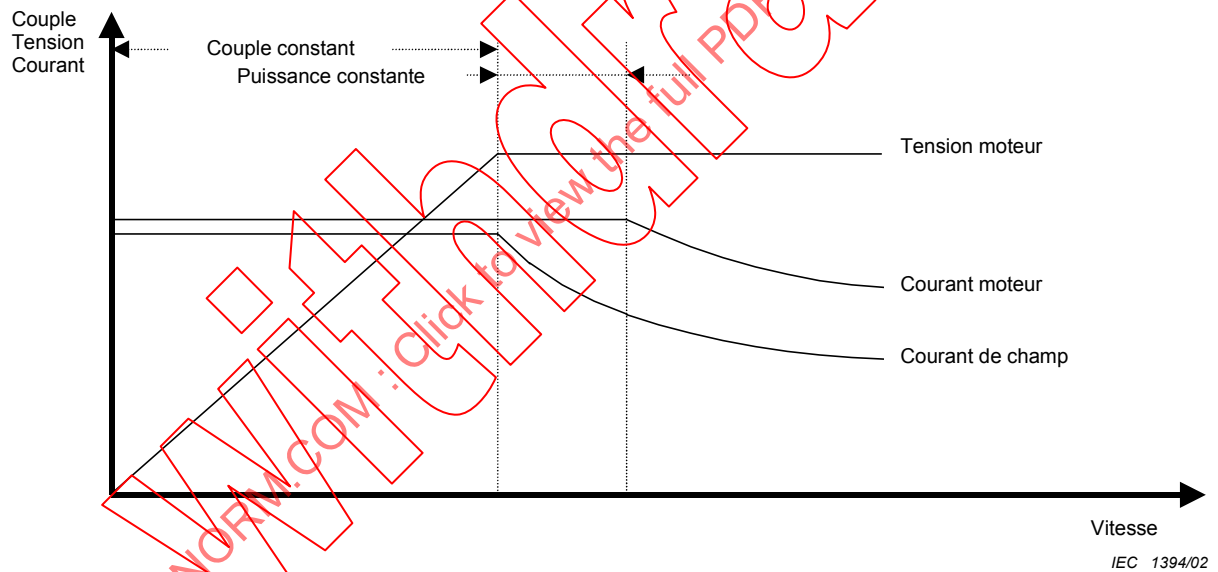


Figure 2b – Exemple de caractéristiques internes

Figure 2 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur série en courant continu, en configuration de traction

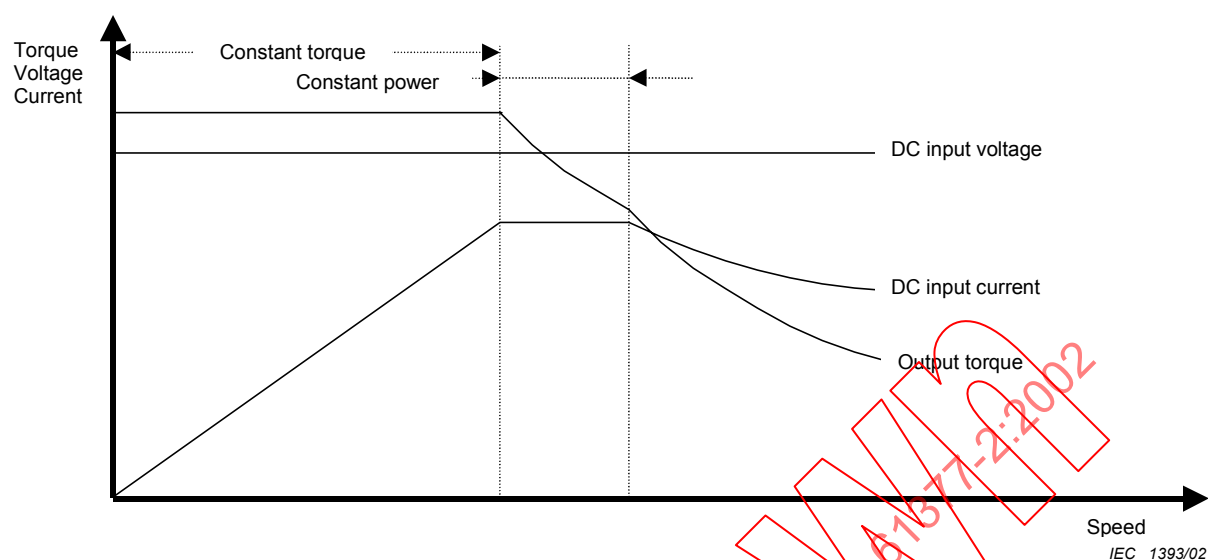


Figure 2a – Example of external characteristics

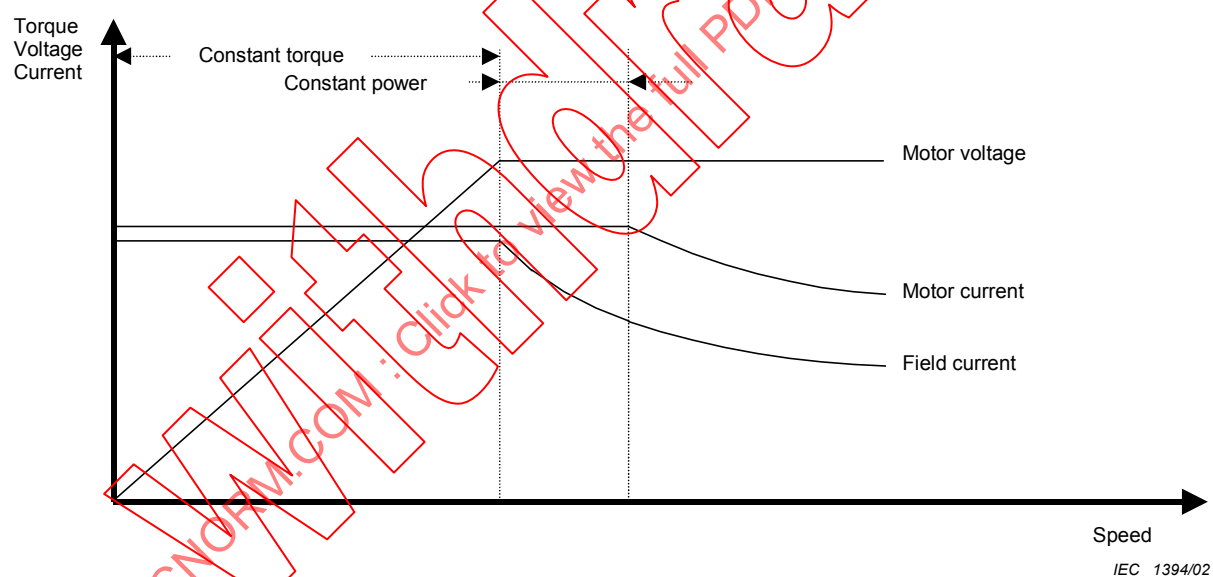


Figure 2b – Example of internal characteristics

Figure 2 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and d.c. series motor, in motoring configuration

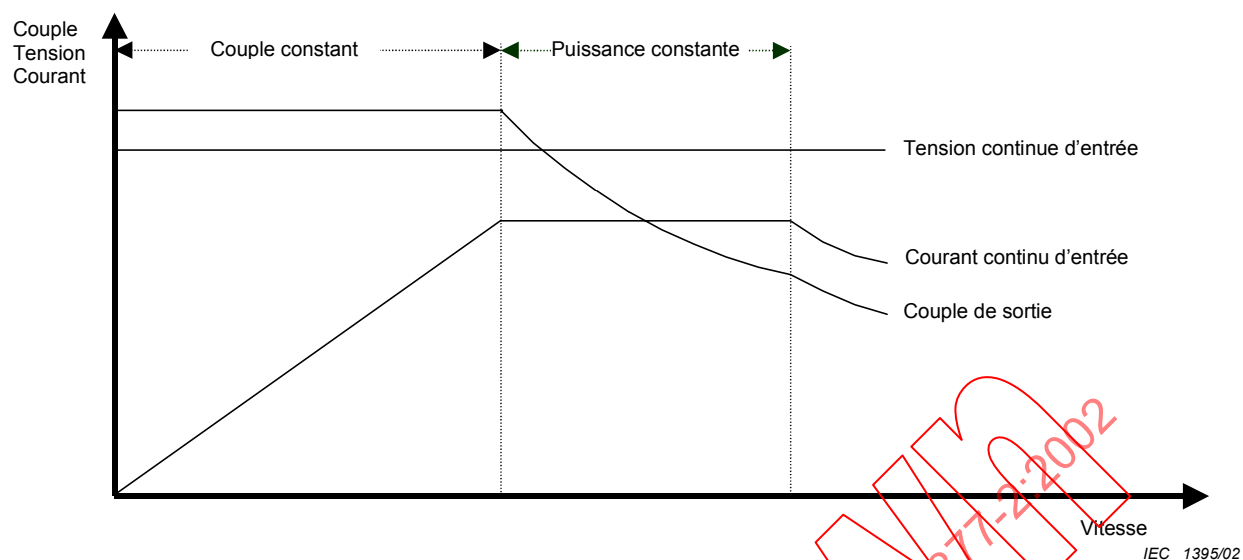


Figure 3a – Exemple de caractéristiques externes



NOTE La réduction du courant moteur dans la zone à vitesse élevée est due aux limites de commutation du moteur.

Figure 3b – Exemple de caractéristiques internes

Figure 3 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur à courant continu excité séparément, en configuration de traction

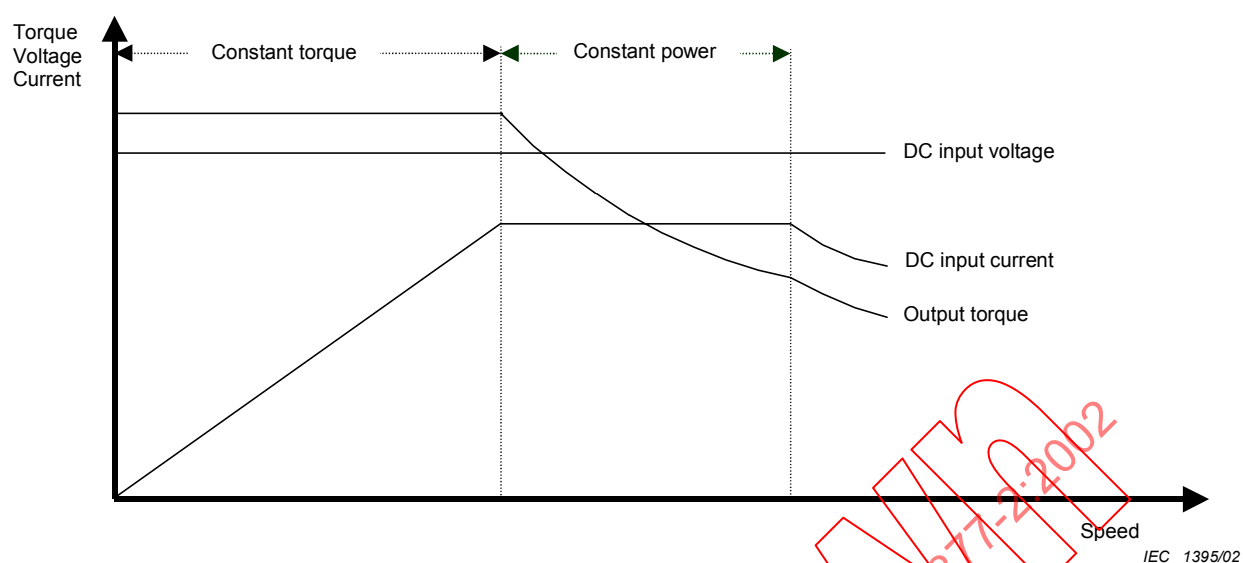


Figure 3a – Example of external characteristics



NOTE The reduction of motor current in the high speed region is due to the commutation limits of the motor.

Figure 3b – Example of internal characteristics

Figure 3 – Mandatory external characteristics and optional internal characteristics for a combined system with chopper and separately excited d.c. motor, in motoring configuration

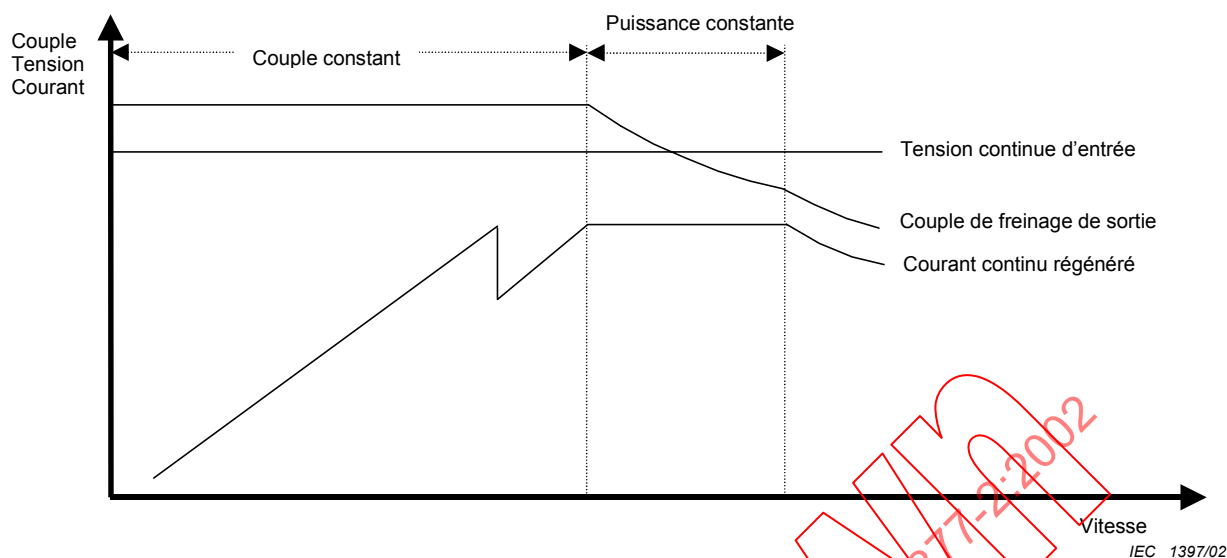
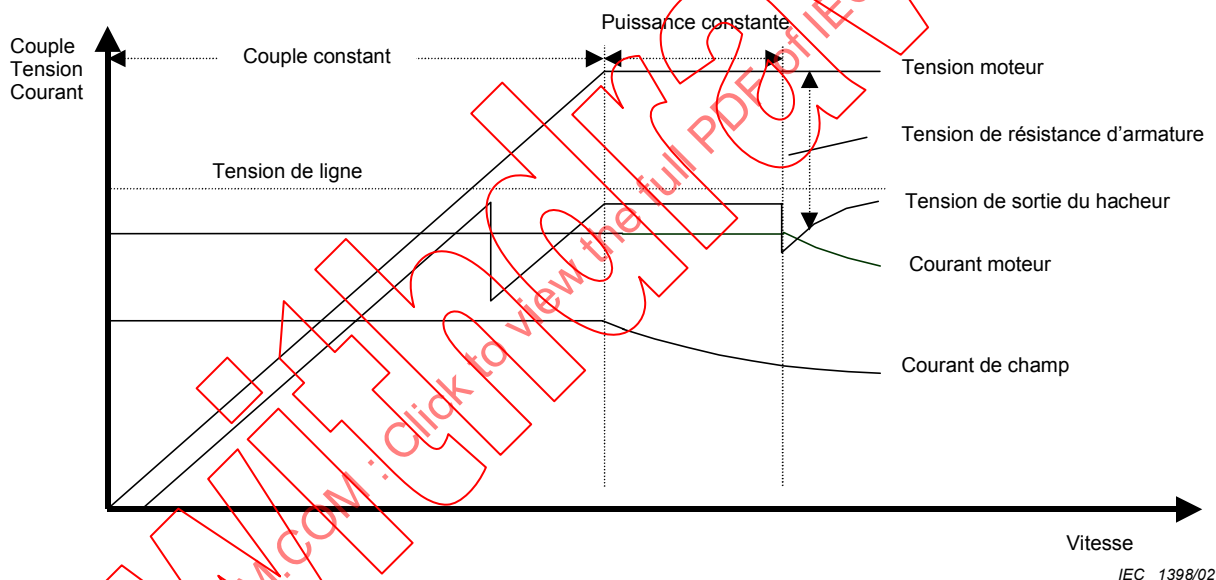


Figure 4a – Exemple de caractéristiques externes



NOTE La figure 6 montre un circuit avec résistances à deux courants en série vers le moteur.

Figure 4b – Exemple de caractéristiques internes

Figure 4 – Caractéristiques externes obligatoires et caractéristiques internes facultatives pour un système combiné avec hacheur et moteur à courant continu en série ou excité séparément, en configuration de freinage