

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61377-3

Première édition
First edition
2002-09

**Applications ferroviaires –
Matériel roulant –**

Partie 3:

**Essais combinés des moteurs à courant alternatif,
alimentés par un convertisseur à deux étages,
et leur régulation**

**Railway applications –
Rolling stock –**

Part 3:

**Combined testing of alternating current
motors, fed by an indirect convertor,
and their control system**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61377-3:2002

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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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**

61377-3

Première édition
First edition
2002-09

**Applications ferroviaires –
Matériel roulant –**

**Partie 3:
Essais combinés des moteurs à courant alternatif,
alimentés par un convertisseur à deux étages,
et leur régulation**

**Railway applications –
Rolling stock –**

**Part 3:
Combined testing of alternating current
motors, fed by an indirect convertor,
and their control system**

© 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	4
1 Domaine d'application et objet	6
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Conditions d'environnement	12
5 Caractéristiques d'un système combiné	12
5.1 Caractéristiques spécifiées	12
5.2 Caractéristiques déclarées	14
5.3 Caractéristiques d'un système combiné	14
5.4 Echange d'information et responsabilité	14
6 Catégories d'essais	16
6.1 Généralités	16
6.2 Essais de type	16
6.3 Essais d'investigation	16
7 Essais	16
7.1 Généralités	16
7.2 Conditions d'essais	18
7.3 Essais d'échauffement	20
7.4 Essai additionnel pour moteurs asynchrones en parallèle	20
7.5 Tolérances et essais caractéristiques	22
7.6 Essais divers	26
7.7 Essai d'investigation	28
Annexe A (normative) Accord entre l'exploitant et le fabricant	46
Figure 1 – Système combiné – parties concernées	10
Figure 2 – Transmission par traction	32
Figure 3 – Caractéristiques obligatoires – système combiné asynchrone en source de tension (deux exemples)	34
Figure 4 – Courbes obligatoires – système combiné asynchrone en source de tension	36
Figure 5 – Caractéristiques et courbes obligatoires – système combiné asynchrone en source de courant	38
Figure 6 – Caractéristiques et courbes obligatoires – système combiné synchrone en source de courant	40
Figure 7 – Disposition de banc d'essai pour l'essai en récupération d'un système combiné asynchrone	42
Figure 8 – Effet de l'écart de diamètre des roues sur la caractéristique de couple des moteurs asynchrones	42
Figure 9 – Exemple de plage de fonctionnement d'un système combiné	44
Figure 10 – Exemple de configuration de circuit pour interruption d'alimentation électrique à courant continu de courte durée	44
Figure 11 – Exemple de configuration de circuit pour variation soudaine de tension d'alimentation	44
Tableau 1 – Liste des essais	30

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope and object	7
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Environmental conditions	13
5 Combined system characteristics	13
5.1 Specified characteristics	13
5.2 Declared characteristics	15
5.3 Combined system characteristics	15
5.4 Exchange of information and responsibility	15
6 Test categories	17
6.1 General	17
6.2 Type tests	17
6.3 Investigation tests	17
7 Tests	17
7.1 General	17
7.2 Test conditions	19
7.3 Temperature-rise tests	21
7.4 Additional test for paralleled asynchronous motors	21
7.5 Characteristic tests and tolerances	23
7.6 Miscellaneous tests	27
7.7 Investigation tests	29
Annex A (normative) Agreement between user and manufacturer	47
Figure 1 – Combined system – involved parties	11
Figure 2 – Traction drive	33
Figure 3 – Mandatory characteristics – voltage stiff asynchronous combined system (two examples)	35
Figure 4 – Mandatory curves – voltage stiff asynchronous combined system	37
Figure 5 – Mandatory characteristics and curves – current stiff asynchronous combined system	39
Figure 6 – Mandatory characteristics and curves – current stiff synchronous combined system	41
Figure 7 – Test bed arrangement for back-to-back test of an asynchronous combined system	43
Figure 8 – Effect of different wheel diameter on the torque characteristic of asynchronous motors	43
Figure 9 – Example of operating range of a combined system	45
Figure 10 – Example of circuit configuration for short-time DC power supply interruption	45
Figure 11 – Example of circuit configuration for sudden variation of supply voltage	45
Table 1 – List of tests	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

Partie 3: Essais combinés des moteurs à courant alternatif, alimentés par un convertisseur à deux étages, et leur régulation

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 61377-3 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
9/693/FDIS	9/705/RVD

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette spécification.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –

**Part 3: Combined testing of alternating current motors,
fed by an indirect convertor, and their control system**

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. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61377-3 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
9/693/FDIS	9/705/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

Partie 3: Essais combinés des moteurs à courant alternatif, alimentés par un convertisseur à deux étages, et leur régulation

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux combinaisons de moteur(s), de convertisseurs indirects et de leur système de régulation, et elle a pour objet de spécifier:

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

Deux catégories de systèmes combinés peuvent être considérées:

- a) Moteurs à courant alternatif alimentés par un convertisseur sans aucune régulation entre les grandeurs mécaniques de sortie (couple, vitesse) et le convertisseur 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) Moteur(s) à courant alternatif (pouvant être alimentés ou non en parallèle) avec une régulation entre les grandeurs mécaniques et l'onduleur.

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

La présente norme s'applique à la seconde catégorie, principalement aux transmissions 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 s'applique aux équipements électroniques, la présente norme s'applique à la combinaison de moteur(s), de convertisseurs et de leur système de régulation. 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 le convertisseur. 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 convient qu'un accord soit conclu entre les parties pour éviter la duplication des essais.

Un essai combiné complet est lourd, et exige souvent une grande puissance, qui n'est pas toujours disponible en atelier. Un accord entre l'exploitant et le fabricant peut être conclu pour permettre l'essai en atelier ou bien sur le véhicule.

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

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

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –

Part 3: Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system

1 Scope and object

This International Standard applies to the combinations of motor(s), indirect convertors and their control system and its object is to specify:

- the performance characteristics of electric drives consisting of a convertor, 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 a convertor without any control between the mechanical output (torque, speed) and the convertor 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.

IEC 60349-2 applies to convertor-fed alternating current motors, IEC 61287-1 to power electronic convertors; IEC 60571 applies to electronic equipment; this standard applies to the combination of motor(s), convertors, 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 convertor. It is self-evident that some of the tests mentioned in this standard may in general 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 workshop. An agreement between user and manufacturer may be reached to allow testing either in the workshop or on the vehicle.

At the time of drafting of this standard, only the following combinations of motors and inverters have been 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.

L'entrée de ces onduleurs (voir figure 2) peut être une ligne d'alimentation à courant continu ou une liaison à courant continu intermédiaire, qui peut être obtenue par une ligne à courant alternatif au moyen d'un redresseur (2.2.1 de la CEI 61287-1) ou par une ligne à courant continu au moyen d'un hacheur (2.2.2 de la CEI 61287-1) ou par des alimentations autonomes (telles que générateurs embarqués, accumulateurs ou autres sources d'énergie électrique) (1.1 de la CEI 61287-1).

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*

CEI 60349-2:1993, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique*

CEI 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 électronique par sommation des pertes élémentaires*

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'essais*

3 Définitions

Pour la définition des termes généraux utilisés sans cette 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 60349-2.

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

système combiné

élément constitué par le convertisseur indirect, 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 un consultant (voir la figure 1).

The input of these inverters (see figure 2) can be a d.c. supply line or an intermediate d.c. link, which can be obtained from an a.c. line by means of a rectifier (2.2.1 of IEC 61287-1) or from a d.c. line by means of a chopper (2.2.2 of IEC 61287-1) or from autonomous supplies (such as on-board generators, accumulators or other electric energy sources) (1.1 of IEC 61287-1).

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 machinery*

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

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

IEC 60349-2:1993, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC 60349-3:1995, *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 60571:1998, *Electronic equipment used on rail vehicles*

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

IEC 61287-1:1995, *Power converters 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 60349-2.

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

3.1

combined system

unit consisting of the indirect convertor, 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 organisation which uses the vehicle or the equipment, unless the responsibility is delegated to a main contractor or consultant (see figure 1).

3.3

fabricant

organisme qui a la responsabilité technique de la fourniture du système combiné (voir la figure 1)

NOTE Le fabricant défini ci-dessus peut aussi bien être le fournisseur du moteur, de l'onduleur, du régulateur ou bien 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 (voir la figure 1)

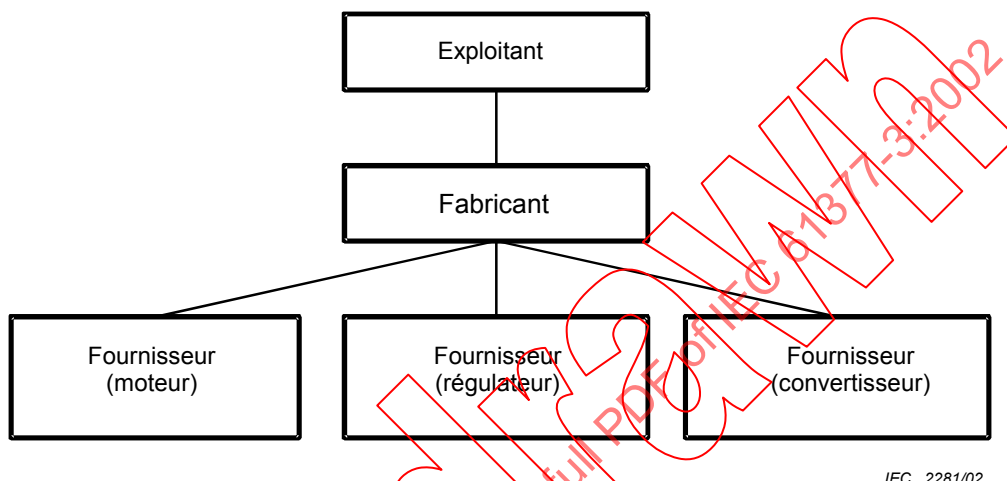


Figure 1 – Système combiné – parties concernées

3.5

ateliers de construction

lieu où les essais sont généralement effectués

3.6

service

situation 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, hors tension, ainsi que leur durée et leur ordre de succession dans le temps

3.7

cycle de service

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

3.8

profil de charge (voir également la CEI 61287-1)

principalement le courant de sortie du convertisseur ainsi que les autres paramètres correspondants, en fonction du temps, auquel le système combiné est soumis pour obtenir le service défini en 3.6

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

3.9

valeur assignée 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 du fabricant

3.3**manufacturer**

organization which has the technical responsibility for the supply of the combined system (see figure 1)

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

3.4**supplier**

organization which has the responsibility of one or more of the constituents of the combined system (see figure 1)

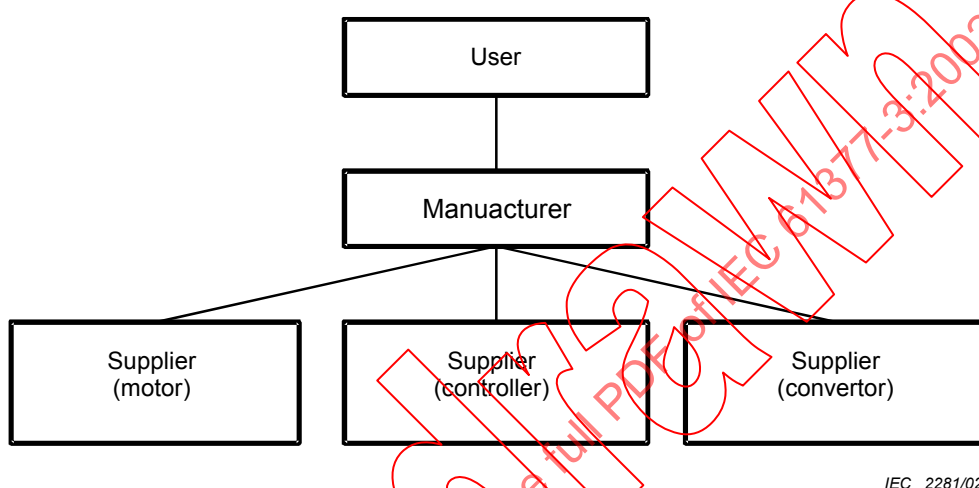


Figure 1 – Combined system – involved parties

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, as well as their duration 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 convertor output current and other relevant parameters, as a function of time, to which the combined system is subject, to obtain the duty defined in 3.6

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

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

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 60349-2 et la CEI 61287-1

NOTE Plusieurs régimes continus peuvent être spécifiés.

3.12

régime de courte durée assignée (par exemple régime uni-horaire)

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 au tableau 2 de la CEI 60349-2 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

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 il est spécifié en 6.1.6 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 de les spécifier pour de telles applications.

3.14

régime intermittent assigné

cycle de service dans 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

3.15

régime périodique assigné

cycle périodique dans 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

4 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement relatives au moteur, au convertisseur, 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

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

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 60349-2 and IEC 61287-1

NOTE Several continuous ratings may be specified.

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 60349-2 and in IEC 61287-1, starting with the combined system cold, all other requirements of the standards mentioned here 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 6.1.6 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.

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

4 Environmental conditions

Environmental conditions relative to the motor, the convertor, and the 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 a.c. or 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 convertor expected by the supplier.

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.

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 convient de les choisir de préférence parmi les valeurs normalisées de la CEI 60850.

5.2 Caractéristiques déclarées

Courbes caractéristiques obtenues à partir des résultats des essais de type effectués conformément à 7.5.

5.3 Caractéristiques d'un système combiné

Les caractéristiques spécifiées et les caractéristiques déclarées 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 et les valeurs des grandeurs d'entrée: tension, courant et puissance du système combiné.
- b) Les caractéristiques internes telles que le courant et la tension de la liaison à courant continu intermédiaire, le cas échéant, 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, le courant d'excitation pour les moteurs synchrones.
- c) Des valeurs internes telles que les transitoires de commutation, c'est-à-dire les tensions de crête entre deux points et entre un point et la terre, 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 également être présentée. Le rendement est particulièrement important pour des systèmes combinés utilisés sur du matériel roulant thermique/électrique ou des véhicules alimentés par batterie.

La caractéristique de rendement du système combiné doit prendre en compte le moteur, le convertisseur, les câbles, les ventilateurs de refroidissement, les pompes et autres composants applicables.

La mesure du rendement doit comprendre les pertes d'excitation dans le cas de machines synchrones.

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

Les figures 3 à 6 illustrent des exemples des courbes obligatoires les plus communes.

5.4 Echange d'information et responsabilité

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

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.

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:

- External characteristics such as the mechanical torque, the values of the input: voltage, current and power of the combined system.
- Internal characteristics such as current and voltage of the intermediate d.c. link, if any, 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, the excitation current for synchronous motors.
- Internal values such as switching transients, which are the point-to-point and point to earth peak voltages, 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 relevant components, such as the motor, the convertor, the cables, cooling fans and the pumps.

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

Only external characteristics, and the maximum internal repetitive switching transients are mandatory. Other internal characteristics and values may 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.

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 convertor 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 convertor.

La définition 3.3 définit le fabricant 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 remplir les prescriptions de la présente norme.

6 Catégories d'essais

6.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essais:

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

La présente norme ne concerne pas directement les essais de série. Chaque composant du système subit les essais de série selon 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 un système combiné de chaque 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 à l'essai de type, l'influence de ces modifications sur les performances du système combiné doit être évaluée. Un accord peut alors être conclu entre l'utilisateur et le fabricant pour ne pas refaire l'essai ou ne refaire que certains des essais.

Sous réserve d'accord entre l'exploitant et le fabricant, un essai de type n'est pas exigé si le fabricant fournit un rapport complet d'essai de type effectué sur un système combiné de conception similaire, avec les mêmes conditions de refroidissement, et une puissance similaire.

6.3 Essais d'investigation

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

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 de la liaison (ou le courant, en cas de convertisseur de courant), le cas échéant, le courant et la tension de sortie du convertisseur, etc., sont ceux que l'on rencontre en service.

Le fabricant doit fournir à l'exploitant avant le commencement des essais, une spécification d'essai donnant les grandes lignes des essais à entreprendre suivant cette norme afin de satisfaire aux conditions du contrat. À l'issue de ces essais, le fabricant doit fournir à l'exploitant un rapport d'essai complet.

Definition 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. An agreement may then 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 similar design, with the same cooling conditions, and similar power.

6.3 Investigation tests

The object of investigation tests is to obtain additional information either on the convertor when it feeds the motor, or on the motor when it is fed by the convertor, or on the controller of the combined system. They shall be carried out only if 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 (or current, in case of current stiff convertor), if any, the output current and voltage of the convertor, etc., are those produced in service.

The manufacturer shall provide the user before the commencement of testing with 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.

7.2 Conditions d'essais

7.2.1 Refroidissement pendant les essais

Le système combiné doit être essayé avec son refroidissement disposé comme en service, incluant les conduites et les filtres considérés comme une partie du véhicule, ou avec des dispositions donnant des conditions équivalentes. Il est possible d'effectuer les mesures de paramètres appropriés (débit, pression, températures, etc.) pour démontrer que les conditions de refroidissement sont équivalentes à celles que l'on rencontre sur le véhicule.

Le refroidissement correspondant 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 précisions relatives au refroidissement de chaque composant sont fournies par les normes correspondantes.

7.2.2 Câbles de puissance

On recommande que les câbles de puissance soient disposés pour donner, du point de vue thermique et électromagnétique, des conditions approximativement équivalentes à celles spécifiées. Il convient que les câbles de puissance soient de préférence ceux qui seront utilisés sur le véhicule, mais des câbles de puissance équivalents peuvent aussi être utilisés. Toute information sur ces câbles et sur leur disposition doit être fournie par le fabricant sur demande.

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

7.2.3 Alimentation électrique

L'alimentation électrique peut être prélevée sur l'alimentation du véhicule ou sur une autre source disponible au banc d'essai. Chaque fois que c'est applicable, les formes d'ondes, la fréquence, les inductances, les capacités et les résistances du système doivent être prises en compte.

7.2.4 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 qui est mentionnée dans les articles correspondants de la présente norme.

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

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

- du moteur, déduites de mesures sur l'entrée à courant alternatif (la CEI 60349-3 traite de la méthode de sommation des pertes; dans ce cas, la précision des mesures sera celle indiquée dans le rapport);
- du convertisseur, déduites généralement des mesures de l'entrée;
- des câbles, et, le cas échéant, des résistances et des bobines d'inductance nécessaires pour faire fonctionner le système combiné.

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 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. The manufacturer shall give all information about these cables and their arrangement 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.

7.2.3 Power supply

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

7.2.4 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 summation of losses or back-to-back method if two combined system 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 technical report deals with the method of summation of loss; in this case, the accuracy of the measurements will be that stated in the report);
- the convertor, generally derived from the input measurements;
- the cables, and, if any, the resistors, and reactors necessary to run the combined system.

7.2.5 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 défavorable (cas 1). Le régulateur peut être conçu pour maintenir tous les moteurs dans les limites de la charge qui leur serait appliquée s'il n'y avait aucun écart de diamètre des roues par réduction de l'effort de traction (cas 2). En conséquence, l'écart de diamètre des roues affecte les caractéristiques de couple, ou les échauffements des moteurs, ou encore les deux. La différence maximale admissible de diamètre des roues doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le fabricant.

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

Si le régulateur est conçu de sorte que certains des moteurs soient amenés à leur condition de charge la plus défavorable (cas 1), un essai d'échauffement additionnel des moteurs doit être effectué. Si le régulateur est conçu pour maintenir tous les moteurs dans les limites d'une charge donnée par réduction de l'effort de traction (cas 2), il convient qu'un relevé additionnel de caractéristique de couple soit obtenu par calcul ou par un essai complet, si un accord a été conclu entre l'exploitant et le fabricant.

7.3 Essais d'échauffement

7.3.1 Généralités

Les essais doivent être effectués aux régimes assignés convenus du système.

NOTE Pour les moteurs en parallèle, des essais additionnels peuvent être prescrits conformément à 7.2.5.

Dans le cas d'un essai au régime assigné continu, le temps pour atteindre la stabilisation de la température peut être raccourci en commençant l'essai à une charge accrue ou avec une ventilation réduite de certains éléments du système, pourvu que les conditions assignées soient par la suite maintenues pendant au moins 2 h, ou qu'il ait été démontré 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 fabricant du système combiné. En conséquence, il n'est pas nécessaire que le fournisseur effectue l'essai d'échauffement d'un constituant suivant la norme correspondante. Le constituant peut être considéré comme ayant satisfait aux essais d'échauffement, à condition que pendant les essais combinés, les échauffements ne dépassent pas les valeurs spécifiées dans les normes applicables. Si aucune valeur n'est spécifiée dans la norme correspondante, des valeurs peuvent alors être fixées d'un commun accord. Ceci demeure valable même si les paramètres électriques ne sont pas exactement ceux qui avaient été convenus d'un commun accord entre fournisseur et fabricant.

7.3.2 Mesure des températures

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

7.4 Essai additionnel pour moteurs asynchrones en parallèle

Les conditions d'essais additionnels font l'objet d'un accord entre l'exploitant et le fabricant.

7.2.5 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 load conditions (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 difference in wheel diameter.

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 controller 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 7.2.5.

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 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 test for paralleled asynchronous motors

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

7.4.1 Essais d'échauffement d'un moteur

Cet essai doit être effectué pour le cas 1 comme le spécifie 7.2.5.

Sauf spécification contraire, l'essai doit considérer qu'un seul un moteur entraîne une roue qui a l'écart de diamètre de roue maximal. La référence de la régulation doit être modifiée de sorte que le glissement corresponde aux conditions de charge les plus défavorables du fait de l'écart de diamètre des roues. La figure 8 présente un exemple de l'effet de l'écart de diamètre des roues sur la caractéristique de couple et l'évolution du glissement.

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 7.4.1.2);

n est le nombre de moteurs en parallèle;

$\Delta D/D$ (p.u.) est l'écart maximal de diamètre des roues.

Pour toutes les applications conçues pour un régime assigné continu et un régime assigné d'une heure (principalement les locomotives) et où le mode de freinage ne s'applique pas, on doit effectuer les essais d'échauffement pour le régime continu majoré pour tenir compte des plus mauvaises conditions de charge (concernant les différences entre les diamètres des roues). Cet essai est généralement suffisant pour montrer que le moteur convient à l'application.

Chaque fois que le mode de freinage s'applique, l'essai d'échauffement de température doit être effectué en utilisant le cycle de service spécifié afin d'atteindre les conditions de température maximales. Cet essai tient compte des conditions de charge les plus élevées en traction et les 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 l'écart maximal autorisé de diamètre des roues.

NOTE Cet essai nécessite un banc d'essai très spécial et coûteux. Chaque fois que c'est possible, il convient de le remplacer par un calcul de la réduction de l'effort de traction.

7.5 Tolérances et essais caractéristiques

7.5.1 Caractéristiques de couple

7.5.1.1 Généralités

On doit effectuer des essais pour démontrer la conformité aux caractéristiques de couple spécifiées en faisant tourner le ou les moteurs à une vitesse donnée et à une tension d'entrée nominale. La référence de couple (valeur affichée du régulateur) doit être donnée à l'élément de régulation 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 de l'entrée du convertisseur.

Les caractéristiques doivent être tracées au minimum pour la référence de couple maximale (valeur affichée du régulateur) sur la gamme entière de vitesse 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 de couple maximale à n'importe quelle vitesse, si cela été convenu entre l'exploitant et le fabricant.

NOTE Pour les moteurs en parallèle, des essais additionnels peuvent être prescrits conformément à 7.4.

7.4.1 Temperature-rise tests of one motor

This test shall be carried out for case 1 as specified in 7.2.5

The test, unless specified otherwise, 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.

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.

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 wheel 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 very special and expensive test bed. Whenever possible, it should 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 and at nominal input voltage. 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 input side of the convertor, 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 1/4, 1/2 and 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

Les limites d'erreur des instruments de mesure ne doivent pas dépasser:

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

À condition que les caractéristiques de couple mesurées pendant l'essai du système combiné satisfassent aux prescriptions de cette norme, ceci 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 le fournisseur et le fabricant, et essayés conformément à la CEI 60349-2.

La température est un paramètre important, spécialement pour les transmissions asynchrones, qui influence le couple de sortie à un niveau dépendant de la performance de régulation. La mesure des caractéristiques de couple donne l'opportunité de vérifier l'influence du chauffage sur le couple de sortie.

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 selon 7.3, qui doit entraîner vraisemblablement l'échauffement maximal de la cage du rotor d'un moteur asynchrone, ou l'échauffement maximal 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, 5 et 6). Il n'est pas nécessaire de tracer beaucoup de points. Les figures 3 à 6 fournissent des exemples du nombre de points nécessaire.

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 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 déjà été mesuré moteur chaud (point 1 des figures 3, 5 et 6). Les mesures doivent être effectuées rapidement et les températures doivent être mesurées à la fin de l'essai pour s'assurer que la température n'a pas varié de façon significative. Le couple ne doit pas être inférieur à 95 % de la valeur spécifiée.

7.5.1.4 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 vitesse maximale, tant en traction qu'en freinage le cas échéant. 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 facultatif)

Si des mesures de perte 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 et de la puissance mécanique de sortie. Un petit nombre de points est généralement approprié.

Les limites de l'erreur des instruments de mesure de la puissance d'entrée ne doivent pas être supérieures à ±0,6 %, l'instrument de mesure du couple doit avoir une précision de ±0,25 % de la référence du couple maximal à la vitesse considérée, et l'instrument de mesure de la vitesse doit avoir une précision de ±0,1 %. Ces tolérances peuvent être modifiées par accord entre exploitant et fabricant. Les limites d'erreur utilisées, ainsi que la tolérance qui en résulte sur le rendement doivent être représentées sur la caractéristique de rendement.

The limits of error of the measurement instruments shall not be greater than:

- ±2 % of the maximum mechanical torque 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 which influences the output torque to a level dependant on the control performance especially for asynchronous drives. The measurement of the torque characteristics gives the opportunity to check the influence of heating on the output torque.

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, 5 and 6). It is not necessary to plot many points. 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, 5 and 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 power input and of the mechanical output. A small number of points is generally adequate.

The limits of error of the measurement instruments of the power input shall not be greater than ±0,6 %, the torque measurement instrument shall be accurate to within ±0,25 % of the maximum torque reference at the speed considered, and the speed measurement instrument shall be accurate to within ±0,1 %. These tolerances may be varied by agreement between user and manufacturer. The limits of error used, together with the resulting efficiency tolerance, shall be shown on the efficiency characteristic.

Les méthodes de récupération et de sommation des pertes mentionnées en 7.2.4 peuvent être utilisées si un accord a été conclu entre l'exploitant et le fabricant.

NOTE Sur un équipement à fréquence élevée, il convient d'utiliser un système de mesure de précision supérieure.

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 aucune défaillance ni aucun défaut de fonctionnement du système combiné. Le système doit être capable de redémarrer de manière contrôlée lorsque les alimentations de la régulation sont rétablies.

7.6.1.2 Tension d'alimentation de transmission de traction

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

Il convient que l'alimentation électrique de l'équipement de régulation soit indépendante de la tension d'alimentation d'entrée de la transmission de traction.

7.6.1.3 Interruption de la tension d'alimentation de traction (essai de type facultatif)

L'essai peut être réalisé en faisant fonctionner deux contacteurs en séquence de manière à produire une interruption de courte durée de la tension d'alimentation de traction avec une durée spécifiée.

La figure 10 fournit un exemple d'un circuit d'essai éventuel.

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

L'essai peut être effectué en utilisant un contacteur en parallèle à une résistance raccordée comme l'illustre la figure 11, qui fournit un exemple de configuration de circuit éventuelle.

L'essai est effectué tant en traction qu'en freinage.

7.6.2 Harmoniques du courant d'entrée du convertisseur (essai de type facultatif)

Le convertisseur peut perturber le système de signalisation ferroviaire, le système d'alimentation électrique ou d'autres équipements fixes ou embarqués. Cela est provoqué par la génération de courant harmonique du côté de l'alimentation électrique du convertisseur. De ce fait, il est important de mesurer les courants d'harmonique à courant alternatif à l'entrée du convertisseur aux différentes fréquences statoriques.

L'utilisateur doit spécifier les courants harmoniques maximaux admissibles (valeur et durée), comme fonction de fréquence du courant d'entrée du système combiné.

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

The summation of losses and back-to-back methods mentioned in 7.2.4 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.

7.6.1.2 Supply voltage of traction drive

A check shall be made, by varying the supply voltage from the maximum to the 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.

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

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 10 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 11, 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 convertor (optional type test)

The convertor 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 convertor. Because of this, it is important to measure the a.c. harmonics currents on the input of the convertor 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.

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 Pour les mesures, il convient d'utiliser un capteur de courants, ainsi qu'un analyseur de fréquences.

NOTE 2 Il convient prendre en considération les harmoniques de l'alimentation électrique lors de la mesure de la teneur en harmonique totale.

7.6.3 Essai aux perturbations (essai de type facultatif)

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 61287-1, paragraphe 2.4.6.23.

7.7 Essai d'investigation

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

7.7.1 Conditions de défaillance

Perte de rétrosignal, etc.

7.7.2 Variation soudaine de charge

Condition de glissement, etc.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61377-3:2002

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 IEC 61287-1, subclause 2.4.6.23.

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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61377-3:2002

Tableau 1 – Liste des essais

Objet	Paragraphe	Essai de type	Essai d'investigation	Duplication possible d'essai avec la CEI 60349-2 et la CEI 61287-1
Essais d'échauffement	7.3	X		X
Essai additionnel pour moteurs en parallèle	7.4	Si applicable		
Caractéristique de couple, moteur chaud	7.5.1.2	X		
Caractéristique de couple, moteur froid	7.5.1.3	X		
Essai de balayage de la vitesse à couple maximal	7.5.1.4	X		
Caractéristiques de rendement	7.5.2	Facultatif		X
Alimentation de l'équipement de régulation	7.6.1.1	X		
Tension d'alimentation de transmission par traction	7.6.1.2	X		
Interruption de tension d'alimentation de traction	7.6.1.3	Facultatif		
Variation soudaine de tension d'alimentation de traction	7.6.1.4	Facultatif		
Harmoniques du courant d'entrée du convertisseur	7.6.2	Facultatif		
Essai aux perturbations	7.6.3	Facultatif		X
Conditions de défaillance	7.7.1		X	
Variation soudaine de charge	7.7.2		X	

NOTE Il convient de subordonner la réalisation de tous les essais optionnels à un accord entre utilisateur et constructeur.

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 motors	7.4	If applicable		
Torque characteristic, motor hot	7.5.1.2	X		
Torque characteristic, motor cold	7.5.1.3	X		
Sweeping speed test at full torque	7.5.1.4	X		
Efficiency characteristic	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 convertor	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	

NOTE All the optional tests should be performed based on an agreement between user and manufacturer.

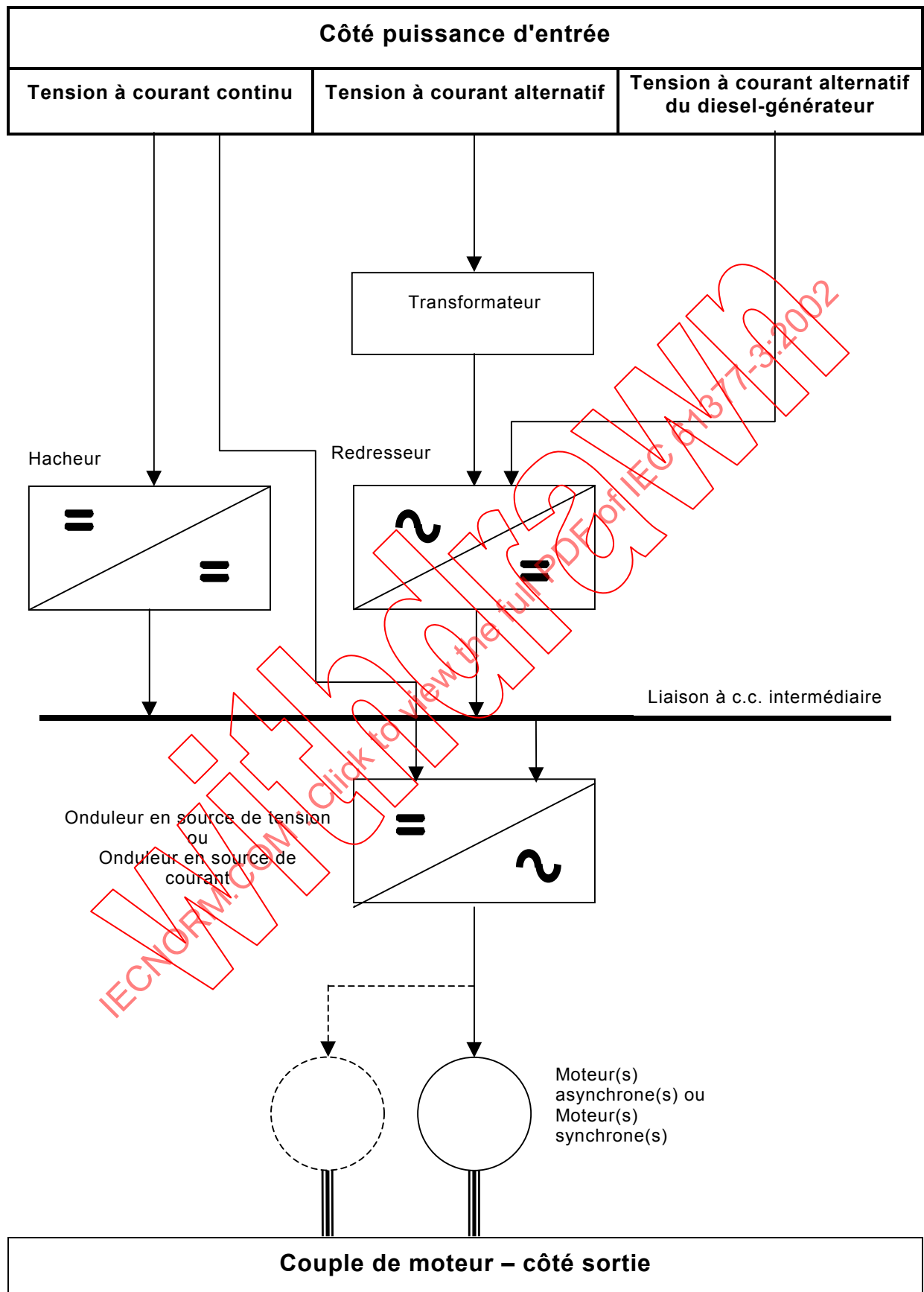


Figure 2 – Transmission par traction

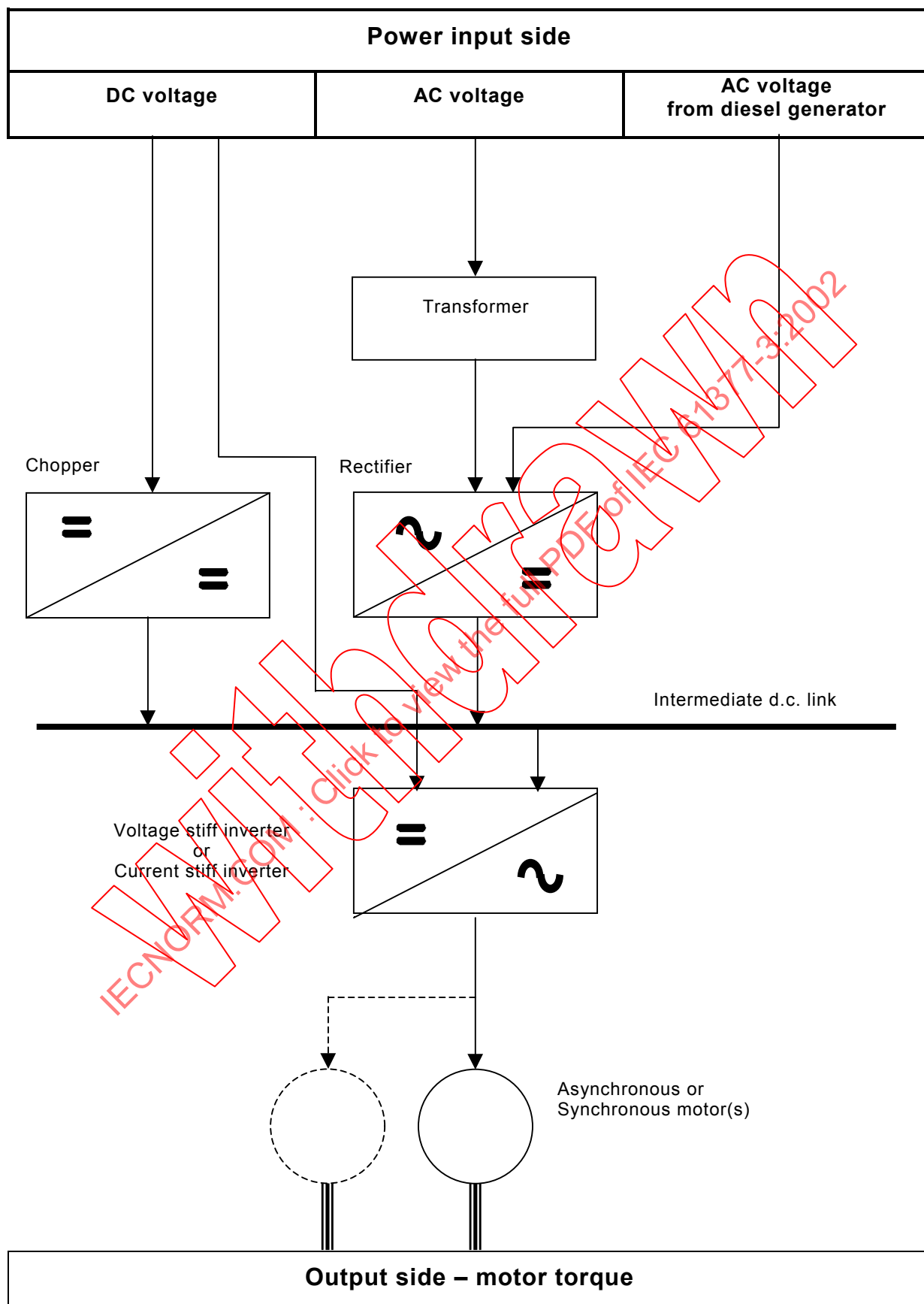
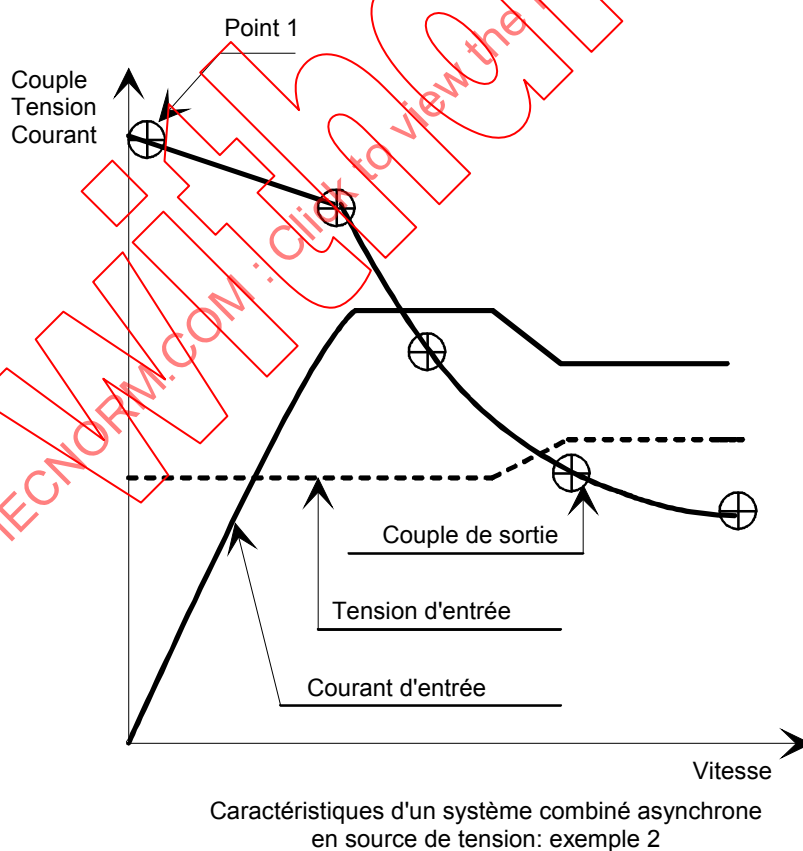
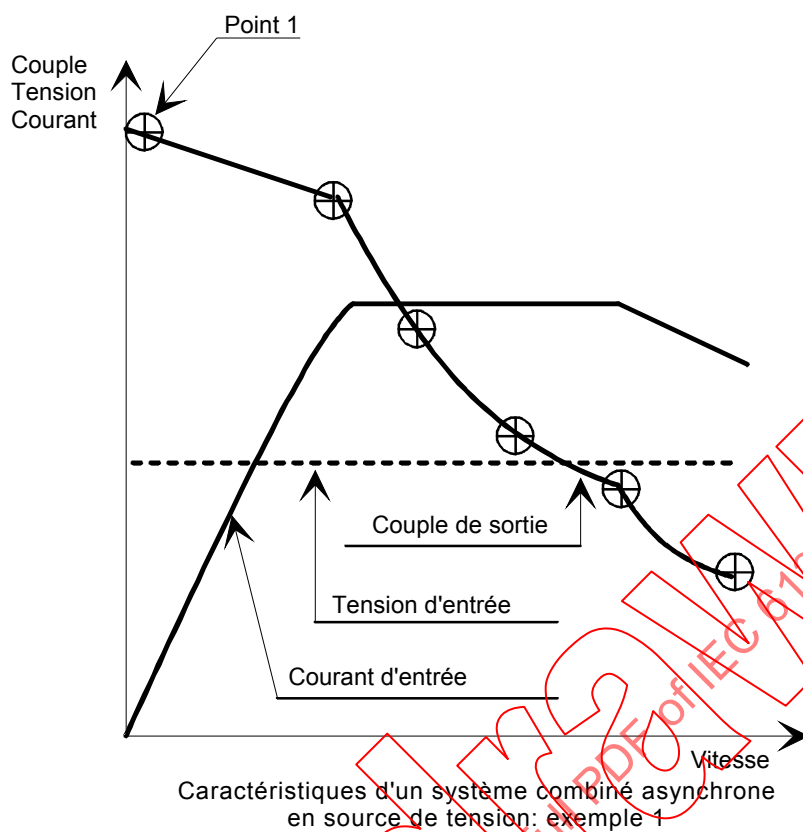
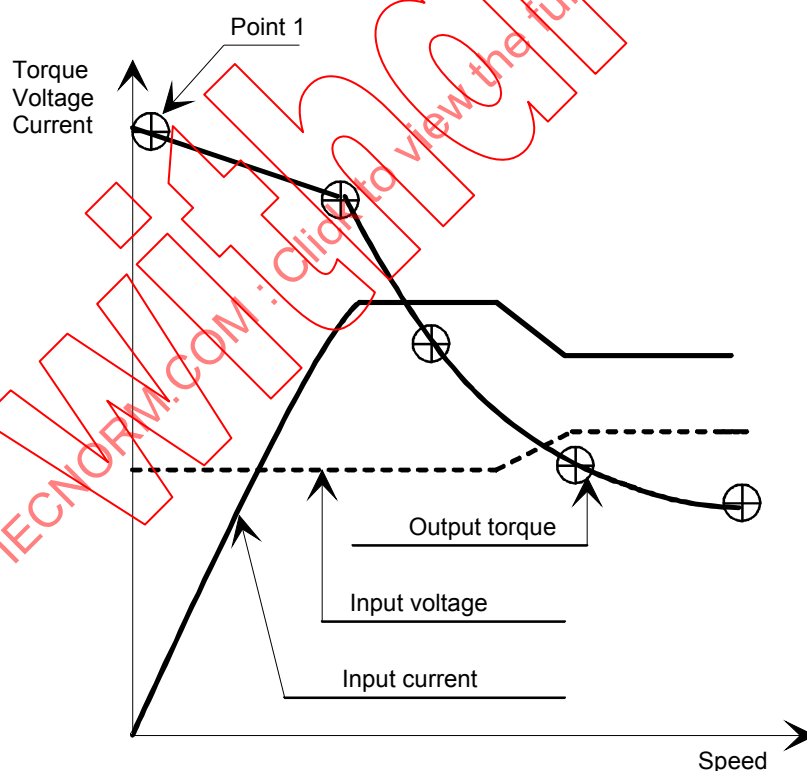
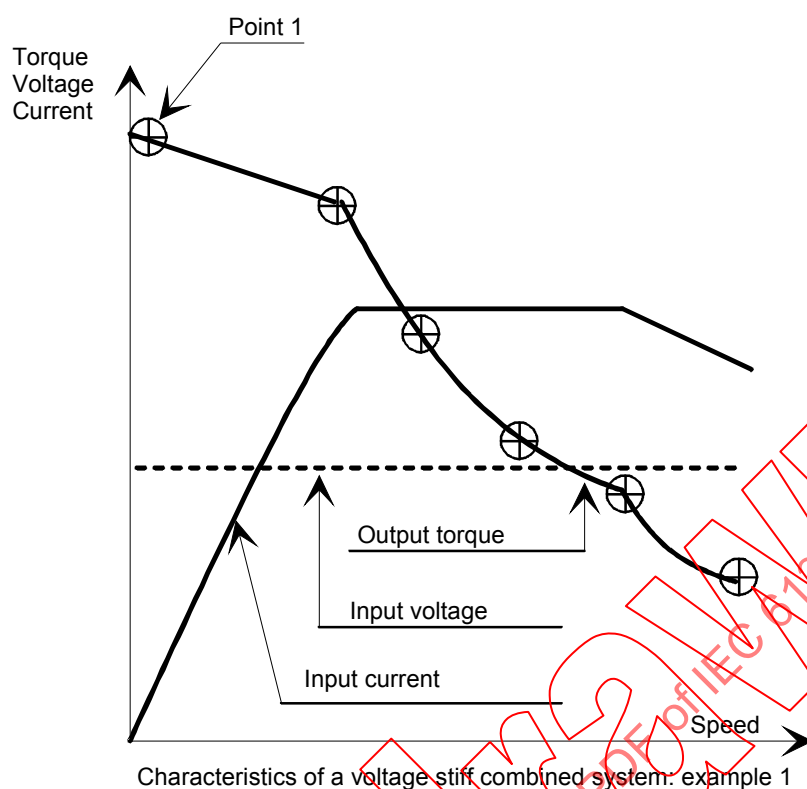


Figure 2 – Traction drive



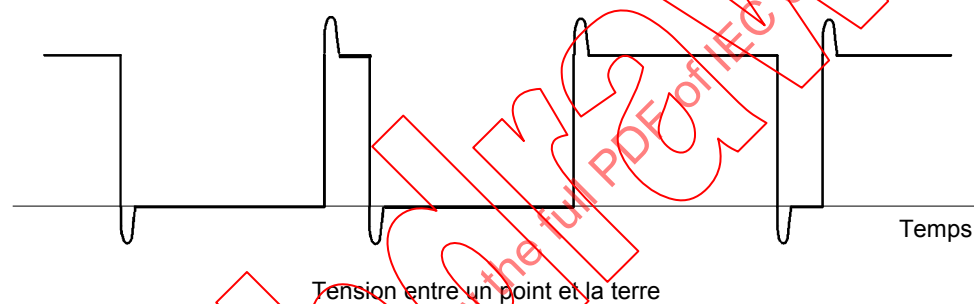
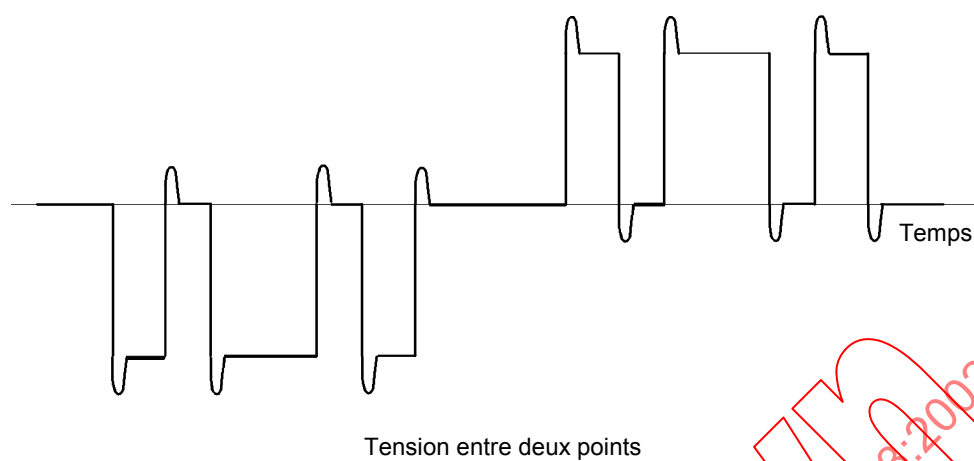
IEC 2283/02

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



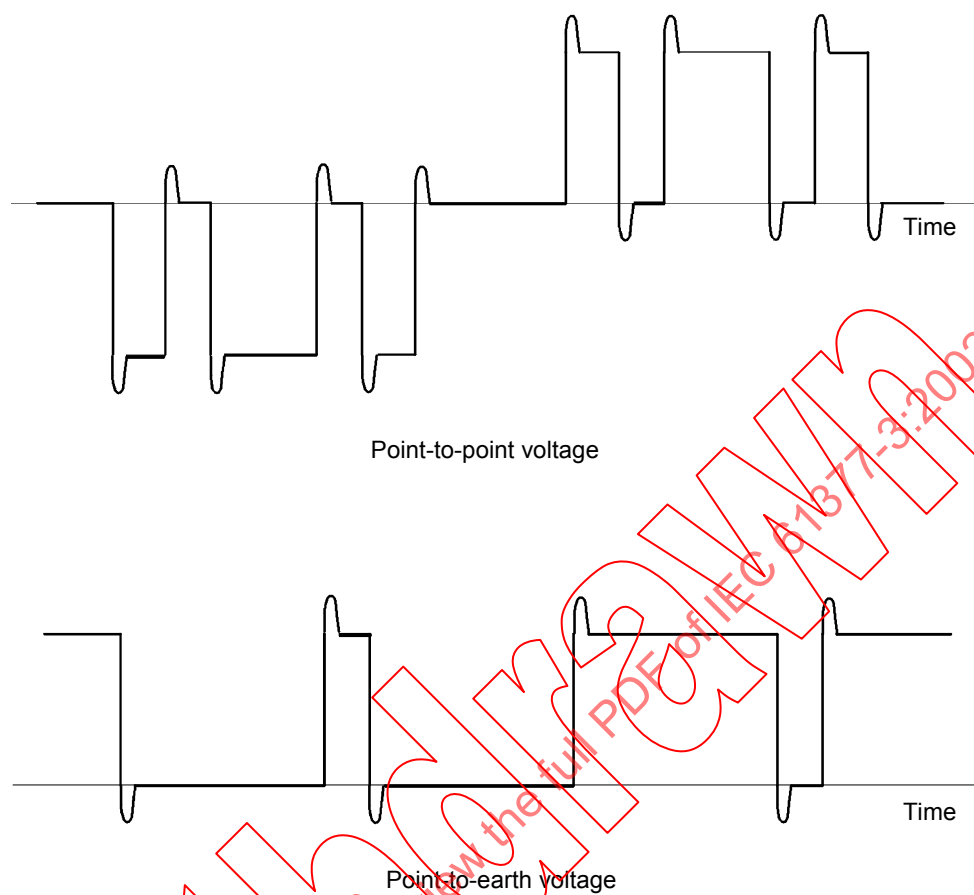
IEC 2283/02

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



IEC 2284/02

**Figure 4 – Courbes obligatoires –
système combiné asynchrone en source de tension**



IEC 2284/02

Figure 4 – Mandatory curves – voltage stiff asynchronous combined system

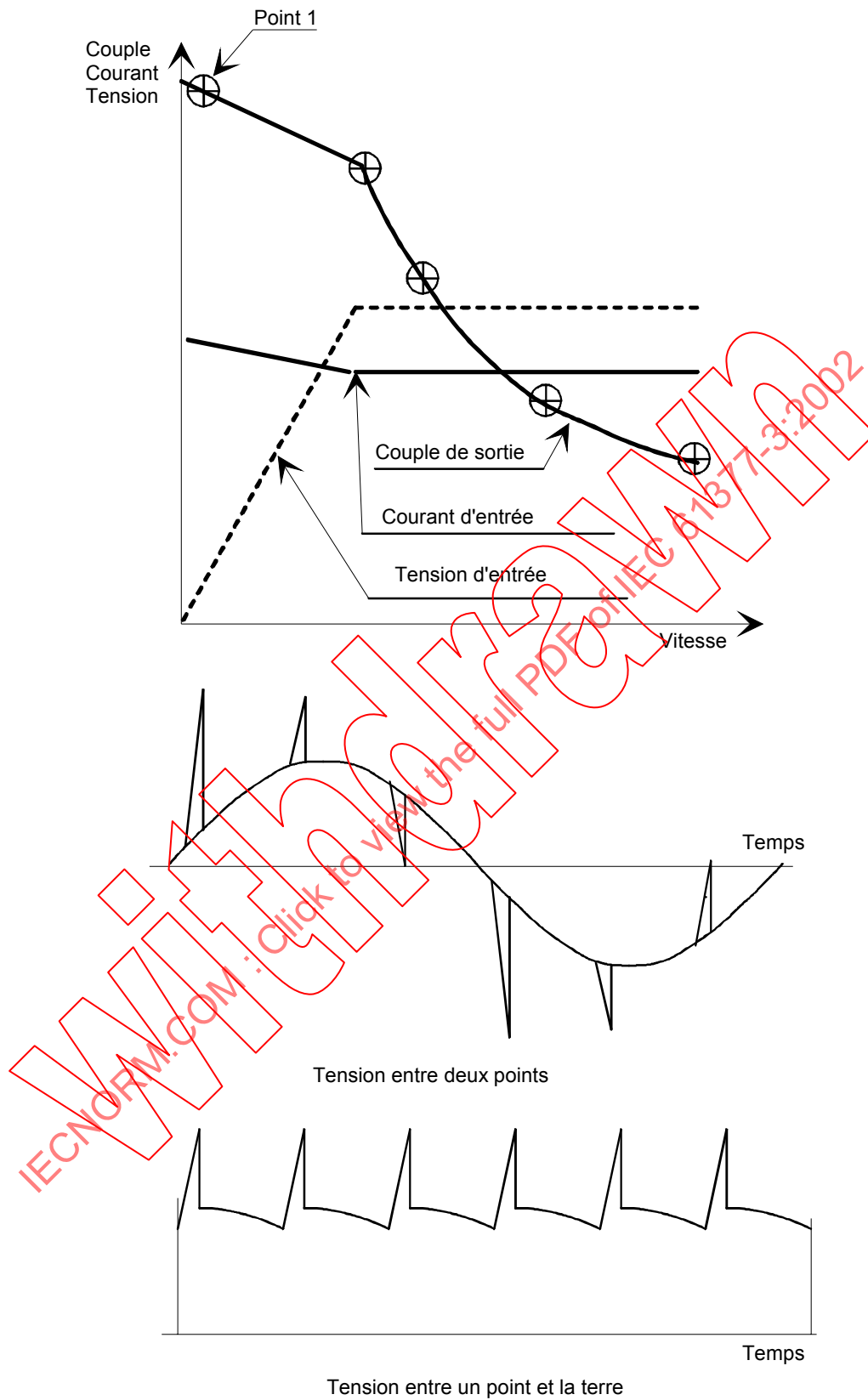


Figure 5 – Caractéristiques et courbes obligatoires – système combiné asynchrone en source de courant