

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
349-2**

Première édition  
First edition  
1993-03

---

---

**Traction électrique –  
Machines électriques tournantes des véhicules  
ferroviaires et routiers –**

**Partie 2:**  
Moteurs à courant alternatif alimentés par  
convertisseur électronique

**Electric traction –  
Rotating electrical machines for rail and  
road vehicles –**

**Part 2:**  
Electronic convertor-fed alternating  
current motors



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 349-2: 1993

## Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
349-2**

Première édition  
First edition  
1993-03

---

---

**Traction électrique –  
Machines électriques tournantes des véhicules  
ferroviaires et routiers –**

**Partie 2:  
Moteurs à courant alternatif alimentés par  
convertisseur électronique**

**Electric traction –  
Rotating electrical machines for rail and  
road vehicles –**

**Part 2:  
Electronic convertor-fed alternating  
current motors**

© CEI 1993 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**U**

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	6
<b>SECTION 1: GÉNÉRALITÉS</b>	
Articles	
1.1 Domaine d'application et objet .....	8
1.2 Références normatives .....	10
1.3 Conditions d'environnement .....	12
<b>SECTION 2: DÉFINITIONS</b>	
2.1 Généralités .....	14
2.2 Régime assigné d'un moteur .....	14
2.3 Tension assignée .....	16
2.4 Vitesse assignée .....	16
2.5 Tension maximale .....	16
2.6 Tension de crête répétitive .....	16
2.7 Courant maximal .....	16
2.8 Vitesse maximale d'utilisation .....	16
<b>SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES</b>	
3.1 Echange d'informations .....	18
3.2 Température de référence .....	18
3.3 Caractéristiques spécifiées .....	18
3.4 Caractéristiques de base .....	18
3.5 Caractéristique de rendement .....	20
3.6 Caractéristiques des moteurs de traction .....	20
3.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires .....	20
<b>SECTION 4: MARQUAGE</b>	
4.1 Plaque signalétique .....	22
4.2 Marquage des câbles et des bornes .....	22
<b>SECTION 5: CATÉGORIES D'ESSAIS</b>	
5.1 Catégories d'essais .....	24
5.2 Résumé des essais .....	26

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
<b>SECTION 1: GENERAL</b>	
Clause	
1.1 Scope and object .....	9
1.2 Normative references .....	11
1.3 Environmental conditions .....	13
<b>SECTION 2: DEFINITIONS</b>	
2.1 General .....	15
2.2 Rating of a motor .....	15
2.3 Rated voltage .....	17
2.4 Rated speed .....	17
2.5 Maximum voltage .....	17
2.6 Repetitive peak voltage .....	17
2.7 Maximum current .....	17
2.8 Maximum working speed .....	17
<b>SECTION 3: CHARACTERISTICS</b>	
3.1 Exchange of information .....	19
3.2 Reference temperature .....	19
3.3 Specified characteristics .....	19
3.4 Declared characteristics .....	19
3.5 Efficiency characteristics .....	21
3.6 Traction motor characteristics .....	21
3.7 Auxiliary motor characteristics .....	21
<b>SECTION 4: MARKING</b>	
4.1 Nameplate .....	23
4.2 Terminal and lead marking .....	23
<b>SECTION 5: TEST CATEGORIES</b>	
5.1 Test categories .....	25
5.2 Summary of tests .....	27

Articles	Pages
<b>SECTION 6: ESSAIS DE TYPE</b>	
6.1 Essais d'échauffement .....	28
6.2 Relevé des caractéristiques et tolérances .....	32
6.3 Essai de survitesse .....	34
<b>SECTION 7: ESSAIS DE SÉRIE</b>	
7.1 Généralités .....	36
7.2 Essai de courte durée à chaud .....	36
7.3 Relevé des caractéristiques et tolérances .....	36
7.4 Essai de survitesse .....	38
7.5 Essais diélectriques .....	38
7.6 Essais de vibration .....	40
<b>Annexes</b>	
A – Mesure de température .....	42
B – Valeurs conventionnelles des pertes des transmissions des moteurs de traction .....	48
C – Mesure du bruit et limites .....	50
D – Tension d'alimentation des réseaux de traction .....	56
E – Accords entre exploitant et constructeur .....	58
<b>Tableaux</b>	
1 Liste des essais .....	26
2 Limites d'échauffement pour les régimes continus ou autres régimes assignés .....	30
3 Limites d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée .....	32
4 Tensions d'essais diélectriques .....	38
C.1 Limite de niveau de bruit aérien moyen généré par les moteurs auxiliaires .....	54
<b>Figures</b>	
B.1 Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction .....	48
C.1 Limite de niveau de bruit aérien moyen généré par les moteurs de traction .....	52

Clause	Page
<b>SECTION 6: TYPE TESTS</b>	
6.1 Temperature-rise tests .....	29
6.2 Characteristic tests and tolerances .....	33
6.3 Overspeed test .....	35
<b>SECTION 7: ROUTINE TESTS</b>	
7.1 General .....	37
7.2 Short-time heating run .....	37
7.3 Characteristic tests and tolerances .....	37
7.4 Overspeed tests .....	39
7.5 Dielectric tests .....	39
7.6 Vibration tests .....	41
<b>Annexes</b>	
A – Measurement of temperature .....	43
B – Conventional values of traction motor transmission losses .....	49
C – Noise measurement and limits .....	51
D – Supply voltages of traction systems .....	57
E – Agreement between user and manufacturer .....	59
<b>Tables</b>	
1 Summary of tests .....	27
2 Limits of temperature rise for continuous and other ratings .....	31
3 Limits of temperature rise for short-time overload ratings .....	33
4 Dielectric test voltage .....	39
C.1 Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by auxiliary motors .....	55
<b>Figures</b>	
B.1 Conventional values of traction motor transmission losses .....	49
C.1 Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction motors .....	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRACTION ÉLECTRIQUE -

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES  
FERROVIAIRES ET ROUTIERS -

Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés  
par convertisseur électronique

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 349-2 a été établie par le Comité d'Etudes n° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique, et adoptée par le Comité mixte international du Matériel de Traction électrique (CMT).

Cette norme constitue la première édition de la CEI 349-2 et remplace les parties de la CEI 349 (deuxième édition, 1991) relatives aux moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques.

Conformément aux décisions prises à Stockholm en 1991, la CEI 349-2 sera complétée par les deux documents suivants qui sont en préparation:

- a) un rapport technique de type 2 concernant la détermination du rendement des moteurs par sommation des pertes (voir 6.2.1, deuxième alinéa);
- b) un document relatif aux essais combinés des ensembles moteurs à courant alternatif - convertisseurs.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
09(BC)297	09(BC)300

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ELECTRIC TRACTION –

ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND  
ROAD VEHICLES –Part 2: Electronic convertor-fed alternating  
current motors

## FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard IEC 349-2 has been prepared by IEC Technical Committee No. 9: Electric traction equipment, and adopted by the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment (CMT).

It constitutes the first edition of IEC 349-2 and supersedes the parts of IEC 349 (second edition, 1991) relating to electronic convertor-fed alternating current motors.

According to decisions made in Stockholm in 1991, IEC 349-2 will be completed by the following two documents which are in preparation:

- 1) a technical report of type 2 concerning the determination of the efficiency of motors by summation of losses (see 6.2.1, second paragraph);
- b) a document on combined tests on alternating current motor-convertor assemblies.

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

DIS	Report on Voting
09(CO)297	09(CO)300

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

# TRACTION ÉLECTRIQUE - MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS -

## Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique

### SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

#### 1.1 Domaine d'application et objet

1.1.1 La présente partie de la CEI 349 s'applique aux moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur qui font partie de l'équipement des véhicules ferroviaires et routiers à propulsion électrique.

L'objet de cette partie est de permettre de vérifier, par des essais, les performances d'un moteur, de servir de base à l'estimation de son aptitude à assurer un service donné, et de fournir une base de comparaison avec d'autres moteurs.

L'attention est attirée sur la nécessité de collaboration entre les concepteurs du moteur et du convertisseur qui lui est associé, comme cela est indiqué en détail dans l'article 3.1.

#### NOTES

- 1 La présente partie s'applique également aux moteurs installés sur les remorques attelées aux véhicules moteurs.
- 2 Les prescriptions de base de la présente partie peuvent s'appliquer aux moteurs des véhicules à usages spéciaux comme les locomotives de mine, mais cette partie ne couvre pas les dispositifs antidéflagrants ou autres équipements spéciaux qui pourraient être prescrits.
- 3 Il n'est pas prévu que la présente partie s'applique aux moteurs de petits véhicules routiers, tels que les camionnettes de livraison alimentées par batterie, les chariots d'usine, etc. Elle ne s'applique pas non plus aux très petites machines telles que les moteurs d'essuie-glaces qui peuvent être utilisées sur tous les types de véhicules.
- 4 Les moteurs industriels conformes à la CEI 34 peuvent convenir pour certaines fonctions auxiliaires, pourvu qu'il soit démontré que le fonctionnement en alimentation par convertisseur satisfasse aux prescriptions de l'application considérée.

1.1.2 Le régime de moteurs de traction alimentés en parallèle par un convertisseur commun doit tenir compte des effets de la différence de diamètre des roues et des caractéristiques des machines sur la répartition des charges entre elles, ainsi que du transfert de charge lors d'un fonctionnement à fort coefficient d'adhérence. L'exploitant doit être informé de la différence maximale admissible de diamètre des roues pour l'application considérée.

1.1.3 L'alimentation électrique à l'entrée des moteurs concernés par la présente partie provient d'un convertisseur électronique.

NOTE - Au moment de la rédaction de la présente partie, seules les combinaisons de moteurs et de convertisseurs dont la liste est donnée ci-dessous ont été utilisées pour les applications de la traction, mais il se peut qu'elle s'applique à d'autres combinaisons qui pourraient être utilisées à l'avenir:

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

**ELECTRIC TRACTION –  
ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND  
ROAD VEHICLES –**

**Part 2: Electronic convertor-fed alternating  
current motors**

**SECTION 1: GENERAL**

**1.1 Scope and object**

1.1.1 This part of IEC 349 applies to convertor-fed alternating current motors forming part of the equipment of electrically propelled rail and road vehicles.

The object of this part is to enable the performance of a motor to be confirmed by tests and to provide a basis for assessment of its suitability for a specified duty and for comparison with other motors.

Particular attention is drawn to the need for collaboration between the designers of the motor and its associated convertor as detailed in clause 3.1.

**NOTES**

- 1 This part also applies to motors installed on trailers hauled by powered vehicles.
- 2 The basic requirements of this part may be applied to motors for special purpose vehicles such as mine locomotives but this part does not cover flameproof or other special features that may be required.
- 3 It is not intended that this part should apply to motors on small road vehicles, such as battery-fed delivery vehicles, factory trucks, etc. This part also does not apply to minor machines such as windscreen wiper motors, etc. that may be used on all types of vehicles.
- 4 Industrial type motors complying with IEC 34 may be suitable for some auxiliary drives, providing that it is demonstrated that operation on a convertor supply will meet the requirements of the particular application.

1.1.2 The rating of traction motors fed in parallel by a common convertor shall take account of the effect on load-sharing of differences of wheel diameter and of motor characteristics and also of weight transfer when operating at high coefficients of adhesion. The user shall be informed of the maximum permissible difference in wheel diameter for the particular application.

1.1.3 The electrical input to motors covered by this part shall be from an electronic convertor.

**NOTE** - At the time of drafting this part only the following combinations of motors and convertors had 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 source convertors;
- asynchronous motors fed by current source convertors;
- synchronous motors fed by current source convertors.

1.1.4 Les moteurs couverts par la présente partie sont classés comme suit:

1.1.4.1 *Moteurs de traction*

Moteurs utilisés pour la propulsion des véhicules ferroviaires ou routiers.

1.1.4.2 *Moteurs auxiliaires non couverts par la CEI 34*

Moteurs utilisés pour l'entraînement de compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires et autres machines auxiliaires.

## 1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 349. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 349 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 34-2: 1972, *Machines électriques tournantes – Partie 2: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)*.

CEI 34-5: 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 5: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines électriques tournantes (code IP)*.

CEI 34-8: 1972, *Machines électriques tournantes – Partie 8: Marques d'extrémités et sens de rotation des machines tournantes*.

CEI 34-14: 1988, *Machines électriques tournantes – Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire*.

CEI 50 (131): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*.

CEI 50 (151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*.

CEI 50 (411): 1973, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 411: Machines tournantes*.

CEI 50 (811): 1991, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 811: Traction électrique*.

CEI 85: 1984, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*.

CEI 411-5: 1991, *Convertisseurs électroniques de puissance à sortie polyphasée embarqués sur le matériel roulant ferroviaire*.

CEI 850: 1988, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction*.

ISO/R70, 1680: 1970, *Acoustique – Code d'essai pour le mesurage du bruit aérien émis par les machines électriques tournantes*.

1.1.4 The motors covered by this part are classified as follows:

1.1.4.1 *Traction motors*

Motors for propelling rail or road vehicles.

1.1.4.2 *Auxiliary motors not covered by IEC 34*

Motors for driving compressors, fans, auxiliary generators or other auxiliary machines.

## 1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 349. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 349 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 34-2: 1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*.

IEC 34-5: 1991, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating machines (IP code)*.

IEC 34-8: 1972, *Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation of rotating machines*.

IEC 34-14: 1988, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of the vibration severity*.

IEC 50 (131): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*.

IEC 50 (151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*.

IEC 50 (411): 1973, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 411: Rotating machines*.

IEC 50 (811): 1991, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 811: Electric traction*.

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*.

IEC 411-5: 1991, *Electronic power converters with multiphase output installed onboard railway rolling stock*.

IEC 850: 1988, *Supply voltages of traction systems*.

ISO/R70, 1680: 1970, *Acoustics – Test code for the measurement of the airborne noise emitted by rotating electrical machinery*.

### 1.3 Conditions d'environnement

En l'absence de spécification particulière de l'exploitant, on admet que les conditions d'environnement sont les suivantes:

a) Altitude

L'altitude au-dessus du niveau de la mer ne dépasse pas 1 200 m.

b) Température

La température ne dépasse pas 40 °C à l'ombre.

Si les moteurs sont appelés à fonctionner dans des régions où l'une ou plusieurs de ces limites sont dépassées, des prescriptions spéciales peuvent être adoptées après accord entre exploitant et constructeur.

De plus, le constructeur doit être informé par l'exploitant de toute condition d'environnement particulièrement sévère telle que poussière, humidité, température, neige, effets dynamiques, etc. dans lesquelles les moteurs sont destinés à fonctionner.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349-2:1993  
Without watermark

### 1.3 Environmental conditions

Unless otherwise specified by the user, the following environmental conditions are assumed:

a) Altitude

Height above sea level not exceeding 1 200 m.

b) Temperature

Temperature in the shade not exceeding 40 °C.

Whenever motors are intended to operate where one or both of these limits will be exceeded, special requirements may be agreed between user and manufacturer.

Furthermore, the user shall inform the manufacturer of any particularly severe environmental condition such as dust, humidity, temperature, snow, dynamic effects, etc. to which the motors will be subjected.

Withdrawing  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349-2:1993

## SECTION 2: DÉFINITIONS

### 2.1 Généralités

Pour la définition des termes généraux utilisés dans la présente partie, il convient de se reporter aux CEI 50(131), 50(151), 50(411) et 50(811).

Pour les besoins de la présente partie, les définitions suivantes s'appliquent:

**2.2 régime assigné d'un moteur:** Ensemble des valeurs simultanées des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribuées au moteur par le constructeur.

**2.2.1 valeur assignée:** Valeur numérique de toute grandeur mentionnée dans un régime assigné.

**2.2.2 régime continu assigné:** Puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pour une durée illimitée, dans les conditions spécifiées en 6.1, sans dépasser les limites d'échauffement données au tableau 2, toutes les autres prescriptions de la présente partie étant également satisfaites.

Plusieurs régimes continus assignés peuvent être spécifiés.

**2.2.3 régime de courte durée assigné (unihoraire par exemple):** Puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pendant la durée fixée, sans dépasser les limites d'échauffement données au tableau 2. L'essai étant effectué dans les conditions spécifiées en 6.1 avec le moteur froid au démarrage, toutes les autres prescriptions de la présente partie étant également satisfaites.

**2.2.4 régime de surcharge de courte durée assigné:** Puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pendant la durée fixée, sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au tableau 3, l'essai étant commencé et mené dans les conditions spécifiées en 6.1.9.

**NOTE** - Les régimes de surcharge de courte durée concourent à déterminer l'aptitude des moteurs à assurer des services qui comprennent des périodes d'utilisation de durées relativement longues à un régime inférieur au régime continu assigné, suivies de périodes assignées 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. Ils ne doivent pas être prescrits pour de telles applications.

**2.2.5 régime intermittent assigné:** Cycle de charge pour lequel le moteur peut fonctionner sans que l'échauffement d'aucun point ne dépasse les limites données au tableau 2.

**2.2.6 régime équivalent assigné:** Régime continu assigné caractérisé par des valeurs constantes de la tension, du courant et de la vitesse, et considéré, du point de vue échauffement, comme équivalent au cycle de charge intermittent que le moteur doit supporter en service. Ce régime assigné doit faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

## SECTION 2: DEFINITIONS

**2.1 General**

For definition of general terms used in this part reference should be made to IEC 50(131), 50(151), 50(411) and 50(811).

For the purpose of this part of IEC 349, the following definitions apply:

**2.2 rating of a motor:** Combination of simultaneous values of electrical and mechanical quantities, with their duration and sequence, assigned to the motor by the manufacturer.

**2.2.1 rated value:** Numerical value of any quantity included in a rating.

**2.2.2 continuous rating:** Mechanical output that the motor can deliver on the test bed for an unlimited time under the conditions specified in clause 6.1 without exceeding the limits of temperature rise given in table 2, all other appropriate requirements in this part also being satisfied.

Several continuous ratings may be specified.

**2.2.3 short-time rating (for example, one hour):** Mechanical output that the motor can deliver on the test bed for the stated time without exceeding the limits of temperature rise given in table 2, the test being carried out as specified in 6.1 starting with the motor cold, all other appropriate requirements in this part being also satisfied.

**2.2.4 short-time overload rating:** Mechanical output that the motor can deliver on the test bed for the stated time without exceeding the limits of temperature rise given in table 3, the test being started and carried out as specified in 6.1.9.

NOTE - Short-time overload ratings are of value in determining the suitability of motors 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 the repeated short load cycles of rapid transit and similar duties, and should not be specified for such applications.

**2.2.5 intermittent duty rating:** Duty cycle on which the motor may be operated without the temperature rises at any point exceeding the limits given in table 2.

**2.2.6 equivalent rating:** Continuous rating with constant values of voltage, current and speed that, as far as temperature rise is concerned, is equivalent to the intermittent duty cycle which the motor has to withstand in service. This rating shall be agreed between user and manufacturer.

**2.2.7 régime garanti assigné:** Régime assigné garanti par le constructeur.

**2.2.7.1 régime garanti assigné d'un moteur de traction:** Normalement le régime continu assigné mais, dans des cas spéciaux, un régime assigné de courte durée ou un régime intermittent assigné peuvent être utilisés comme régime garanti assigné après accord entre exploitant et constructeur.

**2.2.7.2 régime garanti assigné d'un moteur auxiliaire:** Régime continu assigné sauf spécification contraire.

**2.3 tension assignée:** Valeur efficace du fondamental de la tension appliquée entre phases du moteur lorsqu'il fonctionne à un régime garanti assigné. Pour les moteurs alimentés directement ou indirectement à partir d'une ligne de contact, la tension assignée est en général la tension la plus élevée (en excluant les transitoires) qui peut être appliquée au moteur quand il prélève son courant assigné, sous la tension nominale de la ligne de contact, comme elle est définie dans l'annexe C.

**2.4 vitesse assignée:** Vitesse à un régime garanti assigné.

**2.5 tension maximale:** La plus grande valeur efficace du fondamental de la tension entre phases de l'alimentation que le moteur est appelé à supporter en service.

**2.6 tension de crête répétitive:** Valeur de crête de la tension de sortie du convertisseur, sans prendre en considération les crêtes aléatoires provenant de la tension de la ligne ou de toute autre cause.

**2.7 courant maximal:** Valeur maximale du courant porté sur la caractéristique spécifiée telle qu'elle est définie dans l'article 3.3.

**2.8 Vitesse maximale d'utilisation**

**2.8.1 vitesse maximale d'utilisation d'un moteur de traction:** La plus grande vitesse de rotation du moteur attribuée par le constructeur.

NOTE - Si le moteur est destiné à équiper un véhicule dont les caractéristiques sont spécifiées, cette vitesse ne devra pas être inférieure à celle qui correspond à la vitesse maximale en service du véhicule, en admettant que le diamètre des roues motrices correspond à l'état usé dans le cas de roues métalliques ou est égal au diamètre minimal de roulement dans le cas de pneumatiques.

**2.8.2 vitesse maximale d'utilisation d'un moteur auxiliaire:** La plus grande vitesse de rotation fixée par le constructeur.

NOTE - Pour des applications spécifiques, il devra être tenu compte, pour fixer la vitesse maximale, des conditions les plus défavorables de tension, fréquence, charge, etc., qui peuvent exister en service.

**2.2.7 guaranteed rating:** Rating guaranteed by the manufacturer.

**2.2.7.1 guaranteed rating of a traction motor:** Normally the continuous rating but in special cases the user and manufacturer may agree that it be a short-time or intermittent rating.

**2.2.7.2 guaranteed rating of an auxiliary motor:** Continuous rating unless otherwise specified.

**2.3 rated voltage:** Root-mean-square value of the fundamental component of the line-to-line voltage applied to a motor when it is operating at a guaranteed rating. For motors fed directly or indirectly from a contact system it is normally the highest voltage (excluding transients) which can be applied to the motor when it is drawing the rated current, with the contact system at its nominal voltage as defined in annex C.

**2.4 rated speed:** Speed at a guaranteed rating.

**2.5 maximum voltage:** Highest root-mean-square value of the fundamental component of the line-to-line supply voltage which can be applied to the motor in service.

**2.6 repetitive peak voltage:** Peak value of the waveform of the convertor output voltage, any random transient peaks arising from line voltage transients or other causes being disregarded.

**2.7 maximum current:** Maximum current shown on the specified characteristic as defined in clause 3.3.

**2.8 maximum working speed**

**2.8.1 maximum working speed of a traction motor:** Highest rotational speed assigned to the motor by the manufacturer.

NOTE - When the characteristics of the vehicle for which a motor is intended are specified, this speed is not less than that corresponding to the maximum service speed of the vehicle assuming fully worn metallic wheels or the minimum rolling diameter of rubber tyres.

**2.8.2 maximum working speed of an auxiliary motor:** Highest rotational speed assigned to the motor by the manufacturer.

NOTE - For specific applications account should be taken, when assigning this speed, of the most unfavourable conditions of voltage, frequency, loading, etc., that can occur in service.

## SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES

### 3.1 Echange d'informations

Les concepteurs du moteur et du convertisseur doivent collaborer pour fournir toutes les informations techniques nécessaires pour permettre que l'ensemble satisfasse aux prescriptions de la présente partie de la CEI 349.

Pour remplir cette exigence, le concepteur du moteur doit fournir au concepteur du convertisseur toutes les informations nécessaires à l'évaluation complète de l'interaction entre le moteur et le convertisseur.

Le concepteur du convertisseur doit aussi fournir au concepteur du moteur les caractéristiques montrant par exemple la tension entre phases du convertisseur (comprenant les crêtes de tensions répétitives), le courant, la fréquence fondamentale, les harmoniques et la puissance sur toute la plage de fonctionnement de l'application, en incluant le fonctionnement aux valeurs maximale et minimale de la tension de ligne du système.

Les documents qui enregistrent cet échange d'informations doivent constituer une partie intégrante de la spécification du moteur et du convertisseur.

NOTE - Cette prescription relative à l'échange d'informations est aussi incluse dans la CEI 411-5.

### 3.2 Température de référence

Toutes les caractéristiques, quelle que soit la classe d'isolation utilisée pour le moteur, doivent être tracées pour une température de bobinage de référence de 150 °C qui doit être portée sur la caractéristique.

### 3.3 Caractéristiques spécifiées

Les spécifications du moteur doivent inclure en général les courbes caractéristiques respectant les articles convenables de la présente partie. Ces courbes définies comme les «caractéristiques spécifiées» doivent être tracées jusqu'aux limites de fonctionnement pour chaque variable. Sauf accord contraire entre exploitant et constructeur, les caractéristiques doivent représenter les performances de la machine à la tension nominale du réseau d'alimentation définie en annexe D, et doivent être soumises à l'exploitant avant que la commande ne soit enregistrée.

### 3.4 Caractéristiques de base

A la fin des essais de type pratiqués suivant 6.2.1, on obtient à partir des résultats, des «caractéristiques de base», comme indiqué en 6.2.2.

Sauf accord préalable, les caractéristiques de base de moteurs électromagnétiquement identiques à tout moteur fabriqué antérieurement pour le même exploitant ou la même application doivent être celles du moteur existant. Dans ce cas, la conformité des caractéristiques doit être démontrée par des essais de série seulement.

## SECTION 3: CHARACTERISTICS

### 3.1 Exchange of information

The motor and converter designers shall collaborate to produce all the technical information necessary to ensure that the combined unit will meet the requirements of this part of IEC 349.

To fulfil this requirement, the motor designer shall provide the converter designer with all the information necessary to fully evaluate the interaction between the motor and the converter.

The converter designer shall also provide the motor designer with a characteristic showing, for example, the converter line-to-line output voltage (including the repetitive voltage peaks), current, fundamental frequency, harmonics and power over the whole range of the application, including operation at the maximum and minimum values of the contact-system voltage.

The documents recording this exchange of information shall form an integral part of the specification of the motor and of the converter.

NOTE - This requirement for the exchange of information is also included in IEC 411-5.

### 3.2 Reference temperature

All characteristics, irrespective of the class of insulation used on the motor to which they apply, shall be drawn for a winding reference temperature of 150 °C which shall be stated on the characteristic.

### 3.3 Specified characteristics

Motor specifications shall, as a general rule, include characteristic curves in accordance with the relevant clauses of this part. These curves, defined as the "specified characteristics", shall be plotted to the designed operating limits of each variable. Unless otherwise agreed between user and manufacturer the characteristics shall show the machine performance at the nominal voltage of the supply system as defined in annex D, and shall be submitted to the user before the order for the motors is placed.

### 3.4 Declared characteristics

Declared characteristics are derived from the results of type tests carried out in accordance with 6.2.1 and shall meet the requirements of 6.2.2.

Unless previously agreed, the declared characteristics of motors electromagnetically identical with any previously manufactured for the same user or application shall be those of the existing motors. In which case compliance with the characteristics shall be demonstrated by routine tests only.

### 3.5 Caractéristique de rendement

Les caractéristiques de rendement doivent tenir compte des pertes provenant des harmoniques de l'alimentation fournie par le convertisseur. La puissance prélevée pour l'excitation des moteurs synchrones doit être incluse dans les pertes, sauf si on en tient compte d'une autre façon (par exemple comme une puissance auxiliaire), auquel cas son omission doit être mentionnée sur la caractéristique.

### 3.6 Caractéristiques des moteurs de traction

Les caractéristiques spécifiées et de base d'un moteur de traction doivent être les caractéristiques en alimentation par convertisseur à fréquence variable qui doivent représenter la tension entre phases, le courant, la fréquence, le couple moyen et le rendement, en fonction de la vitesse sur toute la plage d'utilisation du moteur. Les caractéristiques d'un moteur asynchrone doivent mentionner le glissement et celles d'un moteur synchrone le courant d'excitation. La tension portée sur les courbes doit être la valeur efficace de la composante fondamentale. Les courbes de courant doivent inclure la valeur efficace de la composante fondamentale et la valeur efficace totale. Des caractéristiques semblables doivent être tracées pour les moteurs utilisés en freinage. Elles doivent représenter le couple d'entrée et la puissance électrique de sortie en fonction de la vitesse du moteur.

NOTE 1 - L'article 3.1 fait référence à la nécessité d'échange d'informations entre les concepteurs du moteur et celui du convertisseur.

Les caractéristiques peuvent représenter en variante l'effort de traction au rail et la vitesse du véhicule. Dans ce cas, on doit mentionner le rapport d'engrenage, le diamètre des roues et les pertes de la transmission. Si on utilise pour ces dernières des valeurs conventionnelles, elles doivent être en accord avec la figure B.1.

NOTE 2 - 1.1.2 fait référence à la nécessité de tenir compte des effets des différences de diamètres de roues pour les moteurs alimentés en parallèle et du transfert de charge entre les essieux.

### 3.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires

Les caractéristiques de base et les caractéristiques spécifiées d'un moteur auxiliaire doivent être les caractéristiques en alimentation par convertisseur. Elles doivent représenter la tension entre phases, le courant, la vitesse et le couple moyen en fonction de la puissance de sortie du moteur pour chaque fréquence de fonctionnement sur toute la plage d'utilisation du moteur. Les caractéristiques de moteurs qui fonctionnent à fréquence variant de façon continue doivent être tracées seulement pour les fréquences maximale et minimale.

Les caractéristiques d'un moteur asynchrone doivent mentionner le glissement et celles d'un moteur synchrone l'excitation. La tension portée sur les courbes doit être la valeur efficace de la composante fondamentale. Les courbes de courant doivent inclure la valeur efficace de la composante fondamentale et la valeur efficace totale. Les caractéristiques doivent tenir compte des pertes supplémentaires provenant des harmoniques de l'alimentation et doivent mentionner le rendement au régime garanti.

En variante, les caractéristiques peuvent être tracées en fonction de la vitesse de rotation.

NOTE - L'article 3.1 fait référence à la nécessité d'échange d'informations entre les concepteurs du moteur et du convertisseur.

### 3.5 Efficiency characteristics

Efficiency characteristics shall take account of losses arising from the harmonics in the supply from the convertor. Power used for excitation of synchronous motors shall also be included in the losses unless otherwise accounted for, (e.g. as an auxiliary load), in which case the omission shall be stated on the characteristic.

### 3.6 Traction motor characteristics

The specified and declared characteristics of a traction motor shall be the convertor-fed variable frequency characteristics, which shall show motor line-to-line voltage, current, frequency, mean torque and efficiency as a function of speed over the whole range of application of the motor. Characteristics of asynchronous motors shall show slip and those of synchronous motors shall show the excitation current. Voltage curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component. Current curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component and the total root-mean-square value. For motors used in the braking mode, similar characteristics shall be produced showing the torque input and the electrical output as a function of motor speed.

NOTE 1 – Clause 3.1 refers to the need for the exchange of information between the designers of the motor and of the convertor.

As an alternative to motor torque and speed the characteristics may show tractive effort at the rail 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.

NOTE 2 – 1.1.2, refers to the need to consider the effect on parallel-fed motors of differing wheel diameters and of weight transfer between axles.

### 3.7 Auxiliary motor characteristics

The specified and declared characteristics of auxiliary motors shall be the convertor-fed characteristics, which shall show the motor line-to-line voltage, current, speed and mean torque as a function of motor output for each operating frequency over the whole range of application of the motor. The characteristics of motors which operate at continuously variable frequency shall be plotted for the maximum and minimum frequencies only.

Characteristics of asynchronous motors shall show slip and those of synchronous motors shall show the excitation current. Voltage curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component. Current curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component and the total root-mean-square value. The characteristics shall take account of the additional losses arising from the supply harmonics and the efficiency at the guaranteed rating shall be stated.

Alternatively, the characteristics may be plotted as a function of speed.

NOTE - Clause 3.1 refers to the need for the exchange of information between the designers of the motor and of the convertor.

## SECTION 4: MARQUAGE

### 4.1 Plaque signalétique

Tous les moteurs couverts par la présente partie de la CEI 349 doivent être munis d'une plaque signalétique comportant au minimum les informations suivantes:

- 1) Nom du constructeur.
- 2) Désignation du type du moteur.
- 3) Numéro de fabrication du moteur.
- 4) Année de fabrication.

De plus, un numéro de fabrication doit être porté à la fois sur le stator et sur le rotor de chaque moteur et, dans le cas de moteurs destinés à ne tourner que dans un seul sens de rotation, une flèche indiquant le sens normal de rotation doit être apposée.

NOTE - La flèche indiquant le sens de rotation et le numéro de fabrication du moteur doivent être facilement lisibles lorsque le moteur est monté sur le véhicule.

### 4.2 Marquage des câbles et des bornes

Le marquage des câbles et des bornes doit être en accord avec la CEI 34-8, sauf accord particulier.

## SECTION 4: MARKING

### 4.1 Nameplate

All motors covered by this part of IEC 349 shall carry a nameplate including at least the following information:

- 1) Manufacturer's name.
- 2) Motor type designation.
- 3) Motor serial number.
- 4) Year of manufacture.

Furthermore, a serial number shall be punched on both the stator and rotor of every motor, and motors designed for unidirectional rotation shall carry an arrow indicating the direction of rotation.

NOTE - The motor serial number and rotation arrow should be easily readable when the motor is installed in the vehicle.

### 4.2 Terminal and lead marking

Terminal and lead markings shall be in accordance with IEC 34-8 unless otherwise agreed.

## SECTION 5: CATÉGORIES D'ESSAIS

### 5.1 Catégories d'essais

#### 5.1.1 Généralités

Il y a trois catégories d'essais:

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

#### 5.1.2 Essais de type

Les essais de type ont pour but de vérifier les régimes assignés, les caractéristiques et les performances de nouveaux types de moteurs. Ils doivent être effectués sur un moteur pour chaque conception nouvelle. Le moteur doit être l'un des dix premiers moteurs fabriqués, sauf accord contraire.

Si chaque moteur est alimenté par son propre convertisseur, l'essai de type doit être conduit de préférence avec le convertisseur qui doit être employé en service, mais on peut utiliser, à titre de remplacement, une alimentation dont la forme d'onde et les harmoniques sont très voisins de ceux rencontrés sur le véhicule.

Si plusieurs moteurs sont alimentés en parallèle à partir d'un convertisseur unique, l'essai de type doit être effectué sur un seul moteur, avec une alimentation dont la forme d'onde et le contenu harmonique sont très voisins de ceux rencontrés sur le véhicule.

Si l'exploitant le demande, le constructeur doit démontrer la similitude entre l'alimentation utilisée pour l'essai et celle rencontrée sur le véhicule et établir l'influence vraisemblable que toute différence entre elles peut avoir sur le moteur.

Sauf accord particulier contraire, un essai de type n'est pas demandé, si le constructeur produit un certificat d'essai de type effectué sur un moteur ayant la même spécification électrique, alimenté par un convertisseur de mêmes caractéristiques, au même régime ou à un régime supérieur, pour autant que les résultats des essais de série soient dans les tolérances établies sur les moteurs précédents.

Sauf accord particulier, les essais de type doivent être refaits si les caractéristiques électriques de sortie du convertisseur sont changées.

#### 5.1.3 Essais de série

Les essais de série ont pour but de démontrer qu'un moteur a été correctement monté, qu'il peut supporter l'essai diélectrique approprié, et est en bon ordre de marche électriquement et mécaniquement.

## SECTION 5: TEST CATEGORIES

**5.1 Test categories****5.1.1 General**

There are three categories of tests:

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

**5.1.2 Type tests**

Type tests are intended to prove the ratings, characteristics and performance of new types of motor. They shall be carried out on one motor of every new design. Unless otherwise agreed, the motor shall be one of the first ten manufactured.

If each motor is fed by its own convertor the type test shall preferably be carried out using the convertor to be employed in service, but, as an alternative, a supply closely resembling in waveform and harmonics the supply from the vehicle convertor may be employed.

If several motors are fed in parallel from a single convertor, the type test shall be carried out on a single motor using a supply closely resembling in waveform and harmonics the supply from the vehicle convertor.

If requested by the user, the manufacturer shall demonstrate the similarity of the test and service supplies, and shall state the likely effect on the performance of the motor of any difference between them.

Subject to agreement and to the routine test results being within the tolerances established on the previous motors, a type test is not required if the manufacturer produces a certificate of a type test carried out on a motor of the same electromagnetic design supplied by a convertor of the same output characteristics, at the same or a higher rating.

Unless otherwise agreed, the type test shall be repeated if the electrical output characteristics of the convertor are changed.

**5.1.3 Routine tests**

Routine tests are intended to demonstrate that a motor has been assembled correctly, is able to withstand the appropriate dielectric tests, and is in sound working order both mechanically and electrically.

Les essais de série spécifiés dans la section 7 doivent être normalement effectués sur tous les moteurs mais, avant qu'une commande ne soit signée, l'exploitant et le constructeur peuvent se mettre d'accord pour adopter une autre procédure d'essais (par exemple, dans le cas de moteurs produits en grande quantité, avec une procédure d'assurance de la qualité très stricte). Cet accord peut permettre d'effectuer des essais de série réduits sur tous les moteurs, ou peut permettre que des essais complets ne soient pratiqués que sur une partie des moteurs choisis au hasard parmi ceux fabriqués pour la commande. Tout accord de ce type implique que les essais diélectriques spécifiés en 7.5 soient effectués sur tous les moteurs.

#### 5.1.4 Essais d'investigation

Les essais d'investigation sont des essais spéciaux facultatifs permettant d'obtenir des informations complémentaires. Ils ne doivent être effectués que si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur avant la signature de la commande de fabrication des moteurs. Les résultats de ces essais ne doivent pas influencer l'acceptation d'un moteur sauf si un accord contraire a été conclu.

## 5.2 Résumé des essais

Le tableau 1 donne la liste des essais prescrits pour la conformité à la présente partie de la CEI 349.

Tableau 1 – Liste des essais

Type de moteur	Catégorie d'essai	Article						
		Echauffement	Echauffement de courte durée	Caractéristiques	Survitesse	Diélectrique	Vibration *	Bruit *
Asynchrone	Type	6.1	—	6.2	6.3	—	—	Annexe C
	Série	—	7.2	7.3.1	7.4	7.5	7.6	—
Synchrone	Type	6.1	—	6.2	6.3	—	—	Annexe C
	Série	—	7.2	7.3.2	7.4	7.5	7.6	—

Tous les moteurs, y compris les moteurs soumis à l'essai type, subiront les essais de série.

Les essais marqués d'un \* sont facultatifs et doivent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

The routine tests specified in section 7 shall normally be carried out on all motors but, before placing an order, the user and manufacturer may agree to adopt an alternative test procedure (e.g. in the case of motors produced in large quantities under a strict quality assurance procedure). This may permit reduced routine testing of all motors or may require the full tests on a proportion of motors chosen at random from those produced on the order. Any such agreement shall require the dielectric tests specified in 7.5 to be carried out on all motors.

#### 5.1.4 Investigation tests

Investigation tests are optional special tests performed to obtain additional information. They shall be carried out only if agreement between user and manufacturer has been reached before placing the order for manufacture of the motors. The results of these tests shall not influence acceptance of a motor unless similarly agreed.

## 5.2 Summary of tests

Table 1 lists the tests required for compliance with this part of IEC 349.

Table 1 – Summary of tests

Type of motor	Test category	Article						
		Temperature rise	Short-time heating durée	Characteristics	Over speed	Dielectric	Vibration *	Noise *
Asynchronous	Type	6.1	—	6.2	6.3	—	—	Annex C
	Routine	—	7.2	7.3.1	7.4	7.5	7.6	—
Synchronous	Type	6.1	—	6.2	6.3	—	—	Annex C
	Routine	—	7.2	7.3.2	7.4	7.5	7.6	—

All motors, including those type tested, shall be routine tested.

Tests marked \* are optional and subject to agreement between user and manufacturer.

## SECTION 6: ESSAIS DE TYPE

### 6.1 Essais d'échauffement

#### 6.1.1 Généralités

Les essais doivent être effectués aux régimes garantis assignés du moteur.

La puissance mécanique assignée peut être mesurée directement ou indirectement sur l'arbre du moteur ou bien peut être obtenue sans mesure en alimentant le moteur aux tension, courant et fréquence de la caractéristique de base produisant cette puissance mécanique assignée.

Pour l'essai au régime continu assigné, le temps nécessaire pour atteindre la stabilisation de la température peut être raccourci en commençant l'essai à une charge augmentée ou avec une ventilation réduite pourvu que les valeurs assignées soient maintenues pendant au moins 2 h ou qu'on ait montré, grâce à des moyens appropriés, que les températures stabilisées ont été atteintes.

NOTE - La température est considérée comme stabilisée lorsque l'échauffement ne varie pas de plus de 2 K pendant la dernière heure de l'essai.

#### 6.1.2 Ventilation pendant les essais d'échauffement

Le moteur doit être essayé avec sa ventilation disposée comme en service, avec tous les éléments en place qui peuvent affecter l'échauffement, y compris les canalisations et les filtres considérés comme une partie du véhicule, ou avec une disposition donnant des conditions équivalentes.

Lorsque le refroidissement se fait par ventilation forcée, la pression statique et le débit d'air doivent être mesurés à l'entrée du moteur de sorte qu'on puisse établir un tableau donnant la relation entre ces deux quantités.

En général, aucune ventilation correspondant à celle qui est produite par le mouvement du véhicule ne doit être prévue; toutefois, dans des cas spéciaux tels que celui des moteurs de traction entièrement fermés où l'effet de cette ventilation est particulièrement important, elle peut être utilisée, pourvu qu'elle ait fait l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

#### 6.1.3 Mesure de température

La température doit être mesurée conformément à l'annexe A.

#### 6.1.4 Appréciation des résultats

Les échauffements des enroulements et des bagues, à l'instant «origine de refroidissement» tel que défini à l'annexe A.4 ne doivent pas dépasser les valeurs données au tableau 2.

#### 6.1.5 Limites d'échauffement

Les différentes classes d'isolation sont définies dans la CEI 85.

Le tableau 2 donne les limites d'échauffements admissibles mesurés au banc d'essai, par rapport à l'air de refroidissement, pour les enroulements et autres parties isolées avec les matériaux utilisés actuellement dans la construction des moteurs auxquels s'applique la présente partie.

## SECTION 6: TYPE TESTS

### 6.1 Temperature-rise tests

#### 6.1.1 General

The tests shall be carried out at the guaranteed ratings of the motor.

The rated mechanical output may be measured directly or indirectly at the motor shaft, or be obtained without measurement by supplying the motor at the voltage, current and frequency shown on the declared characteristic as producing the rated mechanical output.

In the case of continuous rating tests the time to reach a steady temperature may be shortened by commencing the test at an increased load or reduced ventilation 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.

NOTE - Steady temperature is defined as a change in temperature rise of less than 2 K during the final hour of the test.

#### 6.1.2 Ventilation during rating tests

Motors shall be tested with the ventilation arranged as in service with all those parts in place which would affect the temperature rise, including any ducting and filters regarded as part of the vehicle, or with an arrangement giving equivalent conditions.

If cooling is by forced ventilation the static pressure and the air flow shall be measured at the inlet to the motor so that a table giving the relationship between these two quantities may be drawn up.

In general, no cooling corresponding to that produced by the motion of the vehicle shall be provided but, in special cases, such as totally enclosed traction motors where this cooling is particularly important, it may be provided subject to agreement between user and manufacturer.

#### 6.1.3 Measurement of temperature

The temperature shall be measured in accordance with annex A.

#### 6.1.4 Judgement of results

The temperature rises of the windings and slip rings at the "commencement of cooling" as defined in A.4 shall not exceed the values given in table 2.

#### 6.1.5 Limits of temperature rise -

The different classes of insulation are defined in IEC 85.

Table 2 gives the permissible limits of temperature rise, measured on the test bed above the temperature of the cooling air, for windings and other parts insulated with materials of the classes at present used in the construction of motors to which this part applies.

Si diverses parties de la même machine sont isolées avec des matériaux de classes différentes, les limites d'échauffements relatives à chaque partie doivent être celles des classes d'isolation correspondantes.

Tableau 2 – Limites d'échauffement pour les régimes continus ou autres régimes assignés

Partie	Méthode de mesure	Classe d'isolation			
		B	F	H	200
Enroulements stator Enroulements tournants d'excitation de moteurs synchrones	Résistance	130 K	155 K	180 K	200 K
Bagues	Thermomètre électrique	120 K	120 K	120 K	120 K
Cages de rotors et enroulements amortisseurs	Thermomètre électrique	L'échauffement doit être tel qu'il n'endommage pas un enroulement ou toute autre partie de la machine.			

Pour les moteurs complètement fermés, les limites ci-dessus sont augmentées de 10 K.

Lorsque les moteurs sont directement ou indirectement exposés à la chaleur provenant d'un engin thermique ou de toute autre source de chaleur, l'adoption de limites d'échauffements plus basses que celles spécifiées au tableau 2 peuvent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

#### 6.1.6 Essai au régime de surcharge de courte durée

Si des régimes de surcharge de courte durée sont spécifiés, ils doivent être vérifiés par un ou plusieurs essais conduits comme suit.

A la fin d'un essai d'échauffement antérieur, l'échauffement de «début d'essai» donné au tableau 3 peut être obtenu en poursuivant le relevé de la courbe de refroidissement pour l'enroulement critique considéré jusqu'à l'instant où son échauffement, obtenu par extrapolation de la courbe pour une période de temps maximal de 5 min avant la dernière lecture, atteint la valeur de «début d'essai» donnée au tableau 3 (voir notes 1 et 2). La surcharge spécifiée doit être appliquée à cet instant avec les conditions normales de ventilation. Elle doit être maintenue pendant la durée spécifiée, jusqu'au point où l'essai doit être arrêté et l'échauffement mesuré suivant 6.1.3.

Si l'échauffement mesuré ne s'écarte pas de plus de 20 K de la valeur finale donnée au tableau 3, le courant assigné ou la durée peuvent être modifiés par le calcul pour obtenir une valeur d'échauffement estimée conforme au tableau 3. Si l'échauffement mesuré diffère de la valeur du tableau 3 de plus de 20 K, l'essai doit être répété avec des valeurs modifiées du courant ou de la durée.

If different parts of the same machine have different classes of insulation, the temperature-rise limit of each part shall be that of its individual class.

Table 2 – Limits of temperature rise for continuous and other ratings

Part	Method of measurement	Insulation class			
		B	F	H	200
Stator windings Rotating field windings of synchronous motors	Resistance	130 K	155 K	180 K	200 K
Slip rings	Electrical thermometer	120 K	120 K	120 K	120 K
Cage rotors and damping windings	Electrical thermometer	The temperature rise shall not be sufficient to endanger any windings or other parts.			

For totally enclosed motors the above limits are increased by 10 K.

Where the motors are directly or indirectly exposed to the heat from an engine or from any other source, the adoption of temperature rises lower than those specified in table 2 may be agreed between user and manufacturer.

#### 6.1.6 Short-time overload test

If short-time overload ratings are specified they shall be verified by one or more tests carried out as follows.

At the conclusion of a previous temperature-rise test the "starting" temperature rise given in table 3 may be obtained by continuing to plot the cooling curve for the critical winding until the time at which its temperature rise will reach the "start" value given in table 3 can be predicted by extrapolating the curve for a period not exceeding 5 min ahead of the last reading (see notes 1 and 2). The specified overload shall be applied at this predicted time with normal ventilation conditions and shall be maintained for the specified duration, at which point the test shall be concluded and the temperature rise measured in accordance with 6.1.3.

If the measured temperature rise is within 20 K of the final value given in table 3, either the rated current or duration may be amended by calculation to a value estimated to give the table 3 temperature rise. If the measured temperature rise differs from the table 3 value by more than 20 K, the test shall be repeated with amended values of either current or duration.

Tableau 3 – Limites d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée

Partie		Classe d'isolation			
		B	F	H	200
Enroulements stator Enroulements tournants d'excitation de moteurs synchrones	Au départ de l'essai	85 K	100 K	120 K	130 K
	A la fin de l'essai	130 K	155 K	180 K	200 K

**NOTES**

- 1 Pour les moteurs entièrement fermés, les échauffements donnés ci-dessous doivent être augmentés de 10 K.
- 2 Une autre méthode pour obtenir l'échauffement de départ peut être utilisée si un accord existe entre exploitant et constructeur.
- 3 Les températures d'autres parties du moteur peuvent être mesurées (par exemple la cage du rotor, les amortisseurs, les roulements, etc.) si un accord a été conclu entre constructeur et exploitant.

## 6.2 Relevé des caractéristiques et tolérances

### 6.2.1 Généralités

Des essais pour démontrer que le moteur produit les caractéristiques spécifiées doivent être effectués en mesurant les grandeurs électriques d'entrée et la puissance mécanique de sortie. Cette dernière peut être mesurée directement ou calculée à partir de la puissance de sortie d'une machine électrique entraînée dont on connaît le rendement.

En variante, et si un accord a été conclu entre constructeur et exploitant, la puissance mécanique d'entrée ou de sortie du moteur essayé peut être obtenue par sommation des pertes.

Les essais en charge doivent être faits à une température de moteur voisine de la température de référence pour laquelle les résultats doivent être corrigés si la correction est notable. Des lectures d'essais suffisantes doivent être relevées pour permettre de tracer la caractéristique de base.

Les grandeurs électriques d'entrée du convertisseur doivent être mesurées par une méthode ayant fait l'objet d'un accord, mais elles ne doivent pas entraîner le refus du moteur.

Les grandeurs électriques d'entrée du moteur, telles qu'elles ont été spécifiées, peuvent être alors modifiées d'un commun accord entre les constructeurs du moteur et de son onduleur associé. Cette modification implique que les échauffements de toutes les parties du moteur et du convertisseur restent dans leurs limites respectives lors du fonctionnement au régime garanti, et que les pertes restent dans les tolérances spécifiées en 6.2.2.

Le courant d'excitation spécifié d'un moteur synchrone peut aussi être modifié de la même manière.

Les essais ne seront effectués que dans un seul sens de rotation.

Table 3 – Temperature rises for short-time overload ratings

Part		Insulation class			
		B	F	H	200
Stator windings Rotating field windings of synchronous motors	At start of test	85 K	100 K	120 K	130 K
	Final	130 K	155 K	180 K	200 K

NOTES

- 1 For totally enclosed motors the temperature rises given above are increased by 10 K.
- 2 An alternative method of obtaining the starting temperature rise may be employed if agreed between manufacturer and user.
- 3 If agreed between user and manufacturer the temperatures of other motor parts (e.g. the rotor cage, damping windings, bearings, etc.) may be measured.

## 6.2 Characteristic tests and tolerances

### 6.2.1 General

Tests to demonstrate compliance with the specified characteristics shall be carried out by measuring the electrical input to the motor and the mechanical output from it. The output may either be measured directly or be calculated from the measured output of a driven electrical machine of known efficiency.

Alternatively, and if agreed between user and manufacturer, either the output or input of the motor being tested may be derived by summation of the losses.

Load tests shall be carried out with the motor at approximately the temperature of reference to which the results shall be corrected if the correction is significant. Sufficient test readings shall be taken to enable the declared characteristic of the motor to be plotted.

The electrical input to the converter shall be measured by an agreed method but it shall not influence the acceptance of the motor.

The electrical input to the motor may be modified from that shown on the specified characteristic by agreement between the manufacturers of the motor and its associated converter, subject to the temperature rises of all parts of the motor and converter being within their respective limits when operating at the guaranteed rating and the motor losses being within the tolerance specified in 6.2.2.

The specified excitation current of a synchronous motor may be similarly modified.

The tests shall be carried out in one direction of rotation only.

Les instruments utilisés pour mesurer les ondes de forme complexe, à l'entrée du moteur, doivent indiquer, avec une précision suffisante, les courants, tensions, et puissances permettant de vérifier la conformité avec les tolérances spécifiées.

## 6.2.2 Tolérances

### 6.2.2.1 Moteurs de traction

Sur la caractéristique de base, depuis le couple maximal jusqu'à la valeur du couple correspondant à 90 % de la vitesse maximale, le couple mesuré ne doit pas être inférieur à 95 % de la valeur sur la caractéristique spécifiée.

Les pertes du moteur au régime garanti ne doivent pas dépasser la valeur qui ressort de la caractéristique spécifiée de plus de 15 %.

### 6.2.2.2 Moteurs auxiliaires

Le couple mesuré au régime garanti sur la caractéristique de base ne doit pas être inférieur à la valeur spécifiée.

Le courant mesuré au régime garanti ne doit pas dépasser la valeur spécifiée.

Le courant nécessaire pour produire le couple de démarrage spécifié ne doit pas dépasser la valeur qui a été spécifiée au constructeur du convertisseur, en accord avec 3.1.

## 6.3 Essai de survitesse

Un essai de type de survitesse doit être réalisé sur tous les types de moteurs alimentés par convertisseurs. Les moteurs doivent être entraînés à chaud pendant 2 minutes à 1,2 fois la vitesse maximale de service définie en 2.8. Comme alternative, les rotors pourront être testés avant montage dans le stator sous réserve que des moyens soient prévus pour que les rotors soient chauffés à une température approximativement égale à celle obtenue à la fin de l'essai au régime garanti assigné. Dans les deux cas des mesures doivent être relevées avant et après l'essai, afin de déterminer l'importance de toute déformation du rotor.

The instruments used to measure the complex waveforms of the input to the motor shall indicate the value of the current, voltage and power with sufficient accuracy to enable compliance with the specified tolerances to be demonstrated.

### 6.2.2 Tolerances

#### 6.2.2.1 Traction motors

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

The motor losses at the guaranteed rating shall not exceed the value derived from the specified characteristic by more than 15 %.

#### 6.2.2.2 Auxiliary motors

The torque shown on the declared characteristic at the guaranteed rating shall be not less than the specified value.

The current at the guaranteed rating shall not exceed the specified value.

The current to produce the specified starting torque shall not exceed the value specified to the convertor manufacturer in accordance with 3.1.

### 6.3 Overspeed test

An overspeed type test shall be carried out on all types of convertor-fed motors. Motors shall be run for 2 minutes when hot at 1.2 times the maximum working speed as defined in 2.8. Alternatively rotors may be tested before assembly in the stator subject to means being provided to heat them to approximately the same temperature as at the end of the guaranteed rating test. In both cases measurements shall be taken before and after the test to determine the extent of any distortion of the rotor.

## SECTION 7: ESSAIS DE SÉRIE

### 7.1 Généralités

Les essais de série doivent être effectués avec une alimentation sinusoïdale à la fréquence industrielle ou à une fréquence utilisée en service, pour un seul sens de rotation.

Les fréquences utilisées pour les différents essais (par exemple à vide et en court-circuit) ne sont pas nécessairement les mêmes mais, une fois choisies, elles ne doivent plus être changées. Les valeurs de base retenues pour les points d'essais doivent être les moyennes des valeurs des essais de quatre moteurs, dont l'un est celui qui a subi les essais de type. Afin de réduire l'effet des variations de température, l'essai doit être effectué en suivant la même séquence sur tous les moteurs. Ni les mesures de rendement, ni les essais en freinage ne sont demandés.

### 7.2 Essai de courte durée à chaud

Chaque moteur doit fonctionner pendant un bref laps de temps dans des conditions telles que la température de l'enroulement stator atteigne au moins 150 °C à la fin de l'essai.

L'obtention de la température doit être vérifiée par des mesures sur les deux premiers moteurs essayés. Si les conditions sont modifiées, une vérification doit être refaite. Une fois que l'obtention de la température a été vérifiée sur deux moteurs, aucune mesure de température ultérieure n'est demandée.

### 7.3 Relevé des caractéristiques et tolérances

#### 7.3.1 Moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones doivent être essayés dans les deux conditions suivantes:

- a) A vide, à une tension calculée de sorte que le moteur fonctionne au flux magnétique maximal pouvant se produire en tout point compris entre 10 % et 100 % de la vitesse indiquée sur la caractéristique de base.

Le courant ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 10$  % de la valeur de base établie d'après 7.1.

- b) Rotor bloqué, avec une tension donnant approximativement le courant du régime garanti. Cette tension doit être fixée à partir des essais des premiers moteurs et doit être utilisée pour tous les essais ultérieurs.

Le courant ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 5$  % de la valeur de base établie d'après 7.1.

#### 7.3.2 Moteurs synchrones

Les moteurs synchrones doivent être essayés dans les conditions suivantes:

- a) Entraînés en génératrice, excités pour produire la tension à vide correspondant au flux magnétique maximal pouvant se produire dans le moteur en tout point de la caractéristique de base.

Le courant d'excitation ne doit pas s'écarter de plus de 15 % de la valeur de base établie d'après 7.1.

- b) Entraînés en court-circuit, avec l'excitation ajustée pour donner le courant au régime garanti assigné.

Le courant d'excitation ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 5$  % de la valeur de base établie d'après 7.1.

## SECTION 7: ROUTINE TESTS

**7.1 General**

Routine tests shall be carried out in one direction of rotation using a sinusoidal supply at power frequency or at a frequency used in service.

The frequencies used for different tests (e.g. no-load and locked rotor tests) need not be the same but, once established, they shall not be changed. The declared values for the test points shall be the average of the tests on four motors, one of which shall be the machine which has been type-tested. In order to reduce the effect of temperature variations, the tests shall be carried out in the same sequence on all motors. Efficiency measurements are not required nor are tests in the braking mode.

**7.2 Short-time heating run**

Each motor shall be run for a short time under conditions which produce a stator winding temperature of at least 150 °C at the end of the test.

Attainment of the temperature shall be verified by measurements on the first two motors tested. If the conditions are altered, the verification shall be repeated. Once attainment of the temperature has been verified on two motors, no further temperature measurements are required.

**7.3 Characteristic tests and tolerances****7.3.1 Asynchronous motors**

Asynchronous motors shall be tested under the following two conditions:

a) On no-load at a voltage calculated to produce the maximum magnetic flux occurring in the motor at any point between 10 % and 100 % of the speed shown on the declared characteristic.

The current shall not vary from the declared value established in accordance with 7.1 by more than  $\pm 10$  %.

b) With a locked rotor at a voltage giving approximately the guaranteed rating current. This voltage shall be established on the first motor to be tested and shall be used for all subsequent tests.

The current shall not vary from the declared value established in accordance with 7.1 by more than  $\pm 5$  %.

**7.3.2 Synchronous motors**

Synchronous motors shall be tested under the following conditions:

a) Driven as a generator excited to produce an open-circuit voltage corresponding to the maximum magnetic flux occurring in the motor at any point on the declared characteristic.

The excitation current shall not vary from the declared value established in accordance with 7.1 by more than  $\pm 15$  %.

b) Driven on short circuit with the excitation adjusted to give the guaranteed rating current.

The excitation current shall not vary from the declared value established in accordance with 7.1 by more than  $\pm 5$  %.

### 7.4 Essai de survitesse

Les essais de survitesse de série doivent normalement être effectués seulement sur les moteurs à rotor bobiné, mais un accord peut être conclu pour les étendre aux moteurs à cage, ou les omettre dans tous les cas.

Les moteurs soumis à un essai de survitesse doivent être entraînés à chaud pendant 2 minutes à 1, 2 fois la vitesse maximale en service définie en 2.8. Ils subiront alors l'essai diélectrique spécifié en 7.5.

NOTE - Des précautions peuvent être nécessaires pour effectuer l'essai de survitesse de série, afin d'éviter de détériorer les roulements par suite d'un fonctionnement à grande vitesse sans charge (par exemple réduction de la vitesse d'essai à une vitesse qui ne peut être inférieure à la vitesse maximale en service).

### 7.5 Essais diélectriques

Les essais doivent normalement être effectués en utilisant une onde alternative de forme approximativement sinusoïdale, de fréquence comprise entre 25 Hz et 100 Hz, mais des essais en courant continu peuvent être effectués si un accord entre exploitant et constructeur a été conclu avant signature de la commande.

La tension d'essai doit être appliquée successivement entre les enroulements de chaque circuit et la carcasse, les enroulements de tous les autres circuits étant connectés à la carcasse. La valeur totale de la tension ne doit être appliquée qu'à des moteurs neufs, avec toutes leurs parties en place comme en fonctionnement normal. L'essai doit être effectué sur le moteur chaud, immédiatement après les essais de série spécifiés dans l'article précédent.

La tension d'essai doit être la plus élevée des valeurs indiquées au tableau 4 pour la méthode d'essai choisie et doit être appliquée progressivement, en commençant par une valeur ne dépassant pas le tiers de la valeur finale. Une fois atteinte, cette valeur doit être maintenue 60 s.

Tableau 4 – Tensions d'essais diélectriques

Groupe	Enroulement	Tension d'essais	
1	Tous les enroulements autres que ceux du groupe 2	Essais en c.a.	$2 \times U_{dc} + 1\ 000$ ou $2 \times U_{rp} / \sqrt{2} + 1\ 000$ ou $U_{rpb} / \sqrt{2} + 1\ 000$
		Essais en c.c.	$3,4 \times U_{dc} + 1\ 700$ ou $2,4 \times U_{rp} + 1\ 700$ ou $1,2 \times U_{rpb} + 1\ 700$
2	Enroulements d'excitation des moteurs synchrones	$10 U_g$ en c.a. ou $17 U_g$ en c.c. avec un minimum de 1 500 V en c.a. ou 2 550 V en c.c. et un maximum de 3 500 V en c.a. ou 5 950 V en c.c.	

#### 7.4 Overspeed tests

Overspeed routine tests shall normally be carried out only on wound rotor motors, but it may be agreed to extend them to cage-type motors or omit them altogether.

Motors subjected to an overspeed test shall be run for 2 min when hot at 1, 2 times the maximum working speed as defined in clause 2.8. They shall then pass the dielectric tests specified in 7.5.

NOTE - In carrying out the routine overspeed test, precautions (e.g. reduction of the test speed to not less than the maximum working speed) may be necessary to avoid damage to rolling bearings as a result of operating at high speed on no-load.

#### 7.5 Dielectric tests

The tests shall normally be carried out using a.c. of near sinusoidal waveform and between 25 Hz and 100 Hz frequency, but d.c. testing may be employed if agreed between user and manufacturer before placing an order.

The test voltage shall be applied in turn between the windings of each circuit and the frame, with the windings of all other circuits connected to the frame. The full value of the voltage shall be applied only to new motors with all their parts in place as under normal working conditions. The test shall be carried out with the motor hot immediately after completion of the routine tests specified in the preceding clauses.

The test voltage shall be the highest of the values listed in table 4 for the chosen test method and shall be applied gradually, commencing at not more than one third of the final value. When reached, this final value shall be maintained for 60 s.

Table 4 – Dielectric test voltages

Group	Winding	Test voltage	
1	All windings other than group 2	A.C. tests	$2 \times U_{dc} + 1\,000$ or $2 \times U_{rp} / \sqrt{2} + 1\,000$ or $U_{rpb} / \sqrt{2} + 1\,000$
		D.C. tests	$3,4 \times U_{dc} + 1\,700$ or $2,4 \times U_{rp} + 1\,700$ or $1,2 \times U_{rpb} + 1\,700$
2	Excitation windings of synchronous motors	$10 U_{\phi}$ a.c. or $17 U_{\phi}$ d.c., with a minimum of 1 500 V a.c. or 2 550 V d.c. and a maximum of 3 500 V a.c. or 5 950 V d.c.	

$U_{dc}$  est la plus haute tension moyenne par rapport à la terre qui peut être appliquée au circuit côté continu lorsque le système de contact est à sa tension maximale, pour un fonctionnement en moteur.

$U_{rp}$  est la tension crête répétitive maximale par rapport à la terre qui peut être appliquée à la machine lorsque le système de contact est à sa tension maximale, pour un fonctionnement en moteur. (La tension crête répétitive est définie en 2.6.)

$U_{rpb}$  est la tension maximale répétitive par rapport à la terre qui peut apparaître sur l'enroulement lorsque la machine est en freinage.

$U_e$  est la valeur moyenne maximale de la tension d'excitation.

Si ni le circuit continu ni les enroulements du moteur ne sont normalement référencés par rapport à la terre,  $U_{dc}$ ,  $U_{rp}$  et  $U_e$  doivent être les plus hautes tensions par rapport à la terre qui peuvent apparaître sur leurs circuits respectifs, si l'un quelconque des points de ces circuits était relié à la terre.

## 7.6 Essais de vibration

Il convient normalement de faire la preuve que le moteur a un fonctionnement «tranquille» sur toute sa plage de fonctionnement lorsqu'il est au banc d'essai, et il convient que le niveau d'équilibrage soit tel que cela soit réalisé.

En dépit de ce qui précède, l'exploitant peut demander que des essais quantitatifs de vibration soient effectués en accord avec la CEI 34-14.

La vitesse vibratoire pour des vitesses jusqu'à 3 600 t/min doit rester dans les limites du tableau 1 de la CEI 34-14 et de ses notes d'accompagnement. Pour des vitesses au-dessus de 3 600 t/min, le niveau limite spécifié pour la valeur de 3 600 t/min doit être multiplié par 1,5.

Les mesures sur les moteurs à vitesse variable doivent être faites à un nombre de vitesses couvrant la plage complète de fonctionnement.

Des vitesses vibratoires dépassant les valeurs limites peuvent se produire par suite de résonances dans le montage d'essai. Dans ce cas, elles seront négligées pour autant qu'elles ne coïncident pas avec des vitesses particulières de fonctionnement prolongé du moteur et que le niveau général de vitesse vibratoire sur toute la plage de vitesse reste dans les limites prescrites. Si une telle résonance se produisait à une vitesse particulière de fonctionnement, l'essai pourrait être répété avec un autre montage.

$U_{dc}$  is the highest mean voltage to earth which can be applied to the d.c. link when the contact system is at its maximum voltage and the machine is motoring.

$U_{rp}$  is the maximum repetitive peak voltage to earth which can be applied to the machine winding when the contact system is at its maximum voltage and the machine is motoring. (Repetitive peak voltage is defined in 2.6.)

$U_{rpb}$  is the maximum repetitive peak voltage to earth which can appear on the winding when the machine is braking.

$U_e$  is the maximum mean value of the excitation voltage.

If neither the d.c. link nor the motor windings are normally earth referenced then  $U_{dc}$ ,  $U_{rp}$  and  $U_e$  shall be taken as the highest voltages to earth that can appear on their respective circuits should any point on them become connected to earth.

## 7.6 Vibration tests

It should normally be adequate to demonstrate that a motor runs smoothly throughout its operating speed range when mounted on the test bed, and the standard of balancing should be such that this is achieved.

Notwithstanding the above, the user may require quantitative vibration measurements to be taken in accordance with IEC 34-14.

The velocity of vibration at motor speeds up to 3 600 rev/min shall be within the limits of table 1 of IEC 34-14 and its accompanying notes. For speeds above 3 600 rev/min the appropriate 3 600 rev/min limit shall be multiplied by 1,5.

Measurements on variable speed motors shall be taken at a number of speeds covering the whole working range.

Velocities in excess of the limiting values may arise from resonances in the test mountings, in which case they shall be disregarded provided they do not coincide with a discrete working speed and that the general level of velocity over the speed range is within the limits. Should such a resonance occur at a discrete working speed, the test may be repeated with an alternative mounting arrangement.

## Annexe A (normative)

### Mesure de température

#### A.1 Température des parties du moteur

La température des enroulements isolés doit être mesurée par la méthode de variation de résistance, celle des enroulements court-circuités en permanence et celle des bagues par la méthode du thermomètre électrique.

Aucune correction de l'échauffement mesuré ne doit être faite si la température de l'air de refroidissement est comprise entre 10 °C et 40 °C pendant l'essai.

Si la température de l'air de refroidissement est en dehors de ces limites pendant un essai de type, une correction de l'échauffement mesuré peut faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Avant le commencement d'un essai de courte durée, on doit s'assurer, par thermomètre ou par mesure de résistance, que les températures des enroulements ne diffèrent pas de plus de 4 K de celle de l'air de refroidissement. Pour calculer l'échauffement du bobinage, toute différence de température jusqu'à 4 K sera retranchée du résultat si l'enroulement est initialement à une température supérieure à celle de l'air de refroidissement, ou additionnée dans le cas contraire.

#### *Méthode de variation de résistance*

Dans cette méthode, l'échauffement d'un enroulement est déterminé par son augmentation de résistance au cours de l'essai.

Pour les enroulements en cuivre, l'échauffement d'un enroulement à la fin d'un essai est déterminé par la formule suivante:

$$\text{échauffement} = t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

où:

$t_1$  est la température initiale de l'enroulement en degrés Celsius;

$R_1$  est la résistance de l'enroulement à la température  $t_1$ ;

$t_2$  est la température de l'enroulement à la fin de l'essai en degrés Celsius;

$R_2$  est la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai;

$t_a$  est la température de l'air de refroidissement à la fin de l'essai, en degrés Celsius.

NOTE - Pour les matériaux autres que le cuivre, il convient de remplacer la valeur 235 dans la formule ci-dessus par l'inverse du coefficient de température de résistance, pris à 0 °C, du matériau considéré.

#### *Méthode du thermomètre électrique*

Dans cette méthode, la température est déterminée, immédiatement après l'arrêt du moteur, au moyen de thermomètres électriques, qu'on applique aux points les plus chauds accessibles des parties considérées.

## Annex A (normative)

### Measurement of temperature

#### A.1 Temperature of the motor parts

The temperature of insulated windings shall be measured by the resistance method and that of permanently short-circuited windings and slip rings by the electrical thermometer method.

No correction shall be made to the measured temperature rises if the temperature of the cooling air is between 10 °C and 40 °C during the test.

If the cooling air temperature is outside these limits during a type test a correction to the measured temperature rises may be agreed between user and manufacturer.

Before starting a short-time test, it shall be confirmed, by either thermometer or resistance measurements, that the temperatures of the windings are within 4 K of the temperature of the cooling air. When calculating the winding temperature rises any such difference in initial temperature up to 4 K shall be subtracted from the result if the winding is the hotter or added to it if it is the cooler.

#### *Resistance method*

In this method, the temperature rise of a winding is determined by its increase in resistance during the test.

For copper windings the temperature rise at the end of a test is determined by the following formula:

$$\text{temperature rise} = t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

where:

$t_1$  is the initial temperature, in Celsius degrees, of the winding;

$R_1$  is the resistance of the winding at temperature  $t_1$ ;

$t_2$  is the temperature, in Celsius degrees, of the winding at the end of the test;

$R_2$  is the resistance of the winding at the end of the test;

$t_a$  is the temperature, in Celsius degrees, of the cooling air at the end of the test.

NOTE - For materials other than copper, the value 235 in the above formula should be replaced with the reciprocal of the temperature coefficient of resistance at 0 °C for the material.

#### *Electrical thermometer method*

In this method, the temperature is determined by means of electrical thermometers applied to the hottest accessible spots of the relevant parts immediately after the motor is stopped.

## A.2 Température de l'air de refroidissement

Pour les moteurs entièrement fermés, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée par au moins quatre thermomètres placés à 1 m ou 2 m autour du moteur.

Dans tous les autres cas, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée à son entrée dans le moteur et, s'il y a plus d'une entrée, cette température doit être la moyenne des températures des entrées d'air.

Dans tous les cas, les thermomètres doivent être protégés de la chaleur rayonnée et des courants d'air, de sorte qu'ils mesurent la température vraie de l'air au voisinage du moteur et de l'air qui y pénètre. Afin d'éviter toute erreur liée aux variations de température de l'air de refroidissement, toutes les précautions raisonnables doivent être prises pour limiter ces variations au minimum.

La température de l'air de refroidissement à la fin de l'essai doit être la moyenne des mesures relevées approximativement toutes les 15 minutes pendant la dernière heure d'un essai au régime continu assigné ou pendant toute la durée d'un essai de courte durée.

## A.3 Mesure de la résistance

### A.3.1 Résistance initiale à froid

La mesure de la résistance initiale à froid doit s'effectuer en utilisant les mêmes instruments de mesure que ceux utilisés pour les essais d'échauffements ultérieurs, mais cette mesure n'a pas besoin d'être répétée au début de chaque essai. Les températures des enroulements doivent être relevées lorsque la température mesurée par thermomètre à leur surface au moment de la mesure de résistance ne diffère pas de celle de l'air ambiant de plus de 4 K.

### A.3.2 Résistance à chaud

La résistance à chaud doit être mesurée aussi vite que possible après que le moteur a été arrêté à la fin de l'essai. La mesure peut être effectuée soit par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre (méthode voltampèremétrique), soit au moyen d'un pont ou par tout autre moyen approprié, mais la même méthode doit être utilisée pour toutes les lectures concernant un enroulement donné, y compris pour la mesure initiale de résistance à froid.

Si la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre est utilisée, le courant doit être de valeur suffisamment élevée pour obtenir la précision nécessaire, sans qu'il influence lui-même l'échauffement. (En général, une valeur ne dépassant pas 10 % du courant assigné est satisfaisante pour respecter cette dernière prescription.)

## A.4 Arrêt de la machine et instant «origine de refroidissement».

A la fin d'un essai, le moteur doit être arrêté en un temps aussi bref que possible.

On utilisera de préférence une méthode de freinage sans courant pour le moteur en essai. Dans ce cas, l'instant «origine du refroidissement» doit être l'instant d'ouverture des circuits principaux, immédiatement avant le freinage, tous les systèmes de ventilation étant coupés à cet instant.

## A.2 Temperature of the cooling air

For totally enclosed motors, the cooling air temperature shall be measured by not less than four thermometers distributed around the motor and spaced between 1 m and 2 m from it.

In all other cases the temperature of the cooling air shall be as measured at its entry to the motor and, in the case of more than one entry point, this temperature shall be the average of the measurements at each of the points.

In all cases, the thermometers shall be protected from radiated heat and draughts so that they record the true temperature of the air entering the motor and around it. In order to avoid errors due to variations in the temperature of the cooling air, all reasonable precautions shall be taken to keep such variations to a minimum.

The temperature of the cooling air at the end of a test shall be the average of measurements taken at approximately 15 min intervals during the last hour of a continuous rating test or throughout the duration of short-time test.

## A.3 Measurement of resistance

### A.3.1 *Initial cold resistance*

The initial cold resistance measurement shall be carried out using the same instruments as for subsequent hot measurements but the measurement need not be repeated at the beginning of each test. The temperatures of the windings shall be taken as their surface temperature as recorded by thermometer at the time of the resistance measurement and shall not differ from the temperature of the ambient air at that time by more than 4 K.

### A.3.2 *Hot resistance*

The hot resistance shall be measured as soon as practicable after stopping the motor at the end of the test. Measurement may be by the voltmeter and ammeter method (volt-ampere method), or by means of a bridge or other suitable means, but the same method shall be employed for all readings on a given winding, including the initial cold one.

If the voltmeter and ammeter method is used, the current shall be high enough to give the necessary accuracy without itself influencing the temperature rise. (In general, a value not exceeding 10 % of the rated current will meet the latter requirement.)

## A.4 Stopping of motors and time of "commencement of cooling"

At the end of a test, the motor shall be stopped in as short a time as possible.

A method of braking in which the motor under test does not carry current is preferred. In such case, the "commencement of cooling" shall be the instant when the main circuits are opened immediately before braking, any separate ventilation being cut off at this instant.

Si une telle méthode n'est pas utilisable, des méthodes dans lesquelles le moteur en essai est parcouru par un courant pendant la période de freinage peuvent être utilisées, sous réserve que le moteur soit rapidement arrêté et que le courant de charge reste sensiblement constant pendant la durée du freinage. L'instant «origine du refroidissement» doit être choisi au moment où le courant de charge est tombé à 80 % de la valeur d'essai, instant auquel la ventilation doit être coupée.

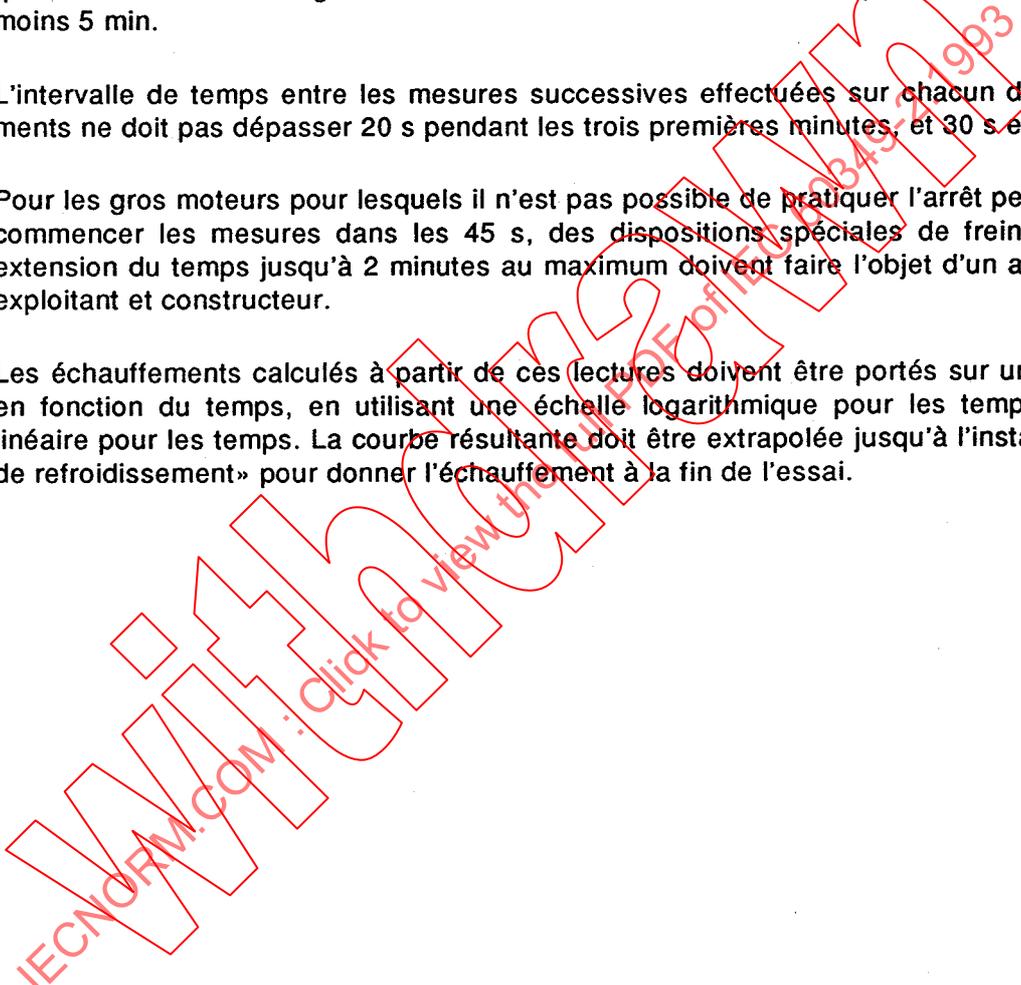
#### **A.5 Instant de mesure des résistances à chaud et extrapolation des courbes d'échauffement et de refroidissement**

Les mesures de résistance de chaque enroulement doivent commencer dans les 45 s qui suivent l'instant «origine de refroidissement» et doivent être poursuivies pendant au moins 5 min.

L'intervalle de temps entre les mesures successives effectuées sur chacun des enroulements ne doit pas dépasser 20 s pendant les trois premières minutes, et 30 s ensuite.

Pour les gros moteurs pour lesquels il n'est pas possible de pratiquer l'arrêt permettant de commencer les mesures dans les 45 s, des dispositions spéciales de freinage et une extension du temps jusqu'à 2 minutes au maximum doivent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

Les échauffements calculés à partir de ces lectures doivent être portés sur un graphique en fonction du temps, en utilisant une échelle logarithmique pour les températures et linéaire pour les temps. La courbe résultante doit être extrapolée jusqu'à l'instant «origine de refroidissement» pour donner l'échauffement à la fin de l'essai.



If such a method is impracticable, methods in which the test motor carries current may be used provided they stop the motor quickly and the load current remains reasonably constant during the braking period. The "commencement of cooling" shall be when the load current has fallen to 80 % of the test value, at which instant the ventilation shall be cut off.

#### **A.5 Time of the hot resistance measurement and extrapolation of the cooling and heating curves**

Resistance measurements of each winding shall commence not later than 45 s after the "commencement of cooling" and shall be continued for at least 5 min.

The time between successive measurements on each winding shall not exceed 20 s during the first 3 min and 30 s thereafter.

For large motors which it is not practicable to stop in time for measurements to commence within 45 s special braking arrangements and an extension of time to not more than 2 min shall be agreed between user and manufacturer.

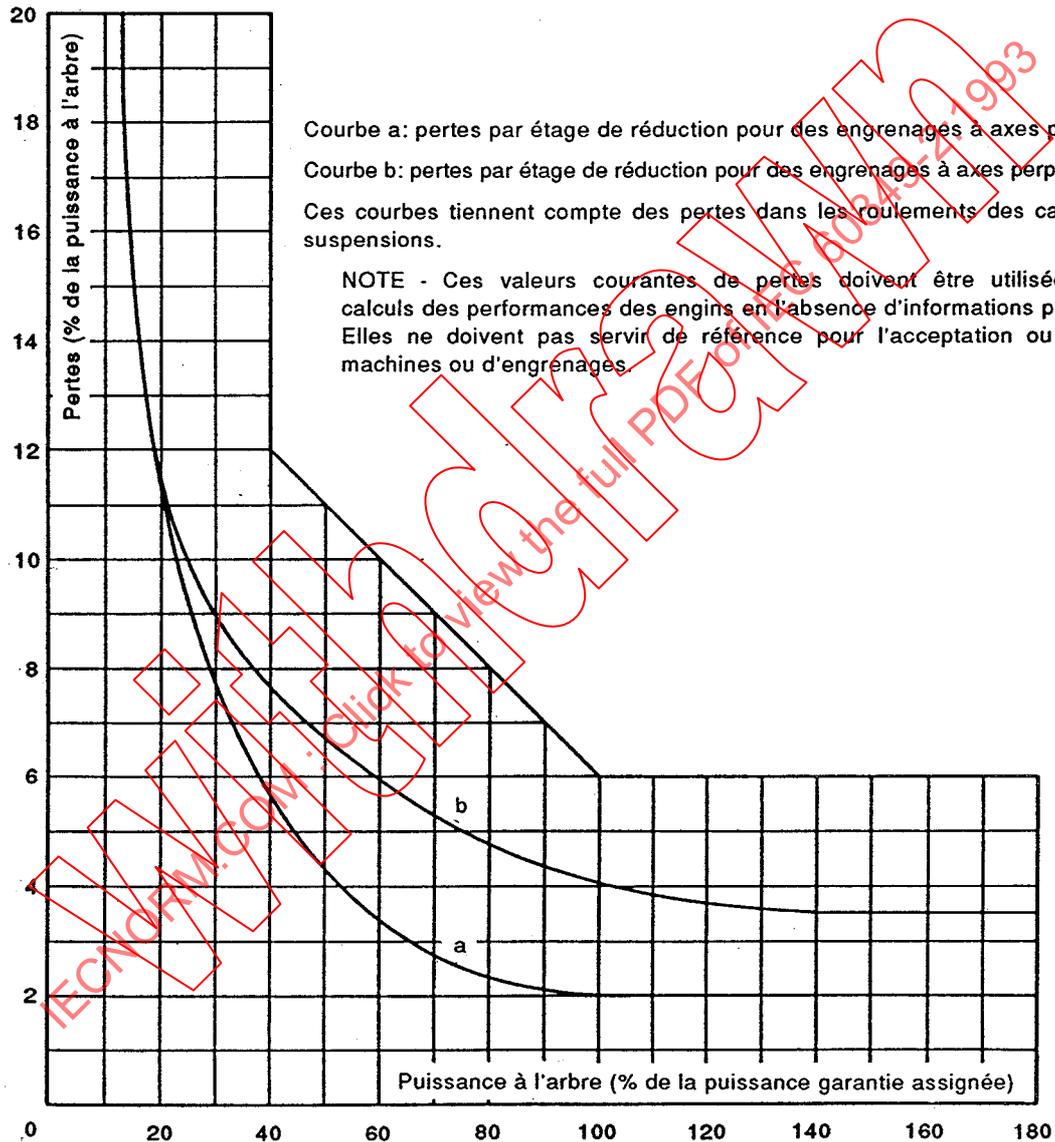
The temperature rises calculated from these readings shall be plotted as a function of time using a logarithmic scale for temperature and a linear scale for time. The resulting curve shall be extrapolated to the time of "commencement of cooling" to give the temperature rise at the end of the test.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 349-2:1993

### Annexe B (normative)

#### Valeurs conventionnelles des pertes des transmissions des moteurs de traction

Si des valeurs conventionnelles de pertes des transmissions des moteurs de traction sont incluses dans le calcul du rendement, elles doivent être conformes à la figure B.1.



CEI 25993

Figure B.1 - Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction

**Annex B**  
(normative)

**Conventional values of traction motor transmission losses**

If conventional values of traction motor transmission losses are included in the efficiency calculation they shall be in accordance with figure B.1.

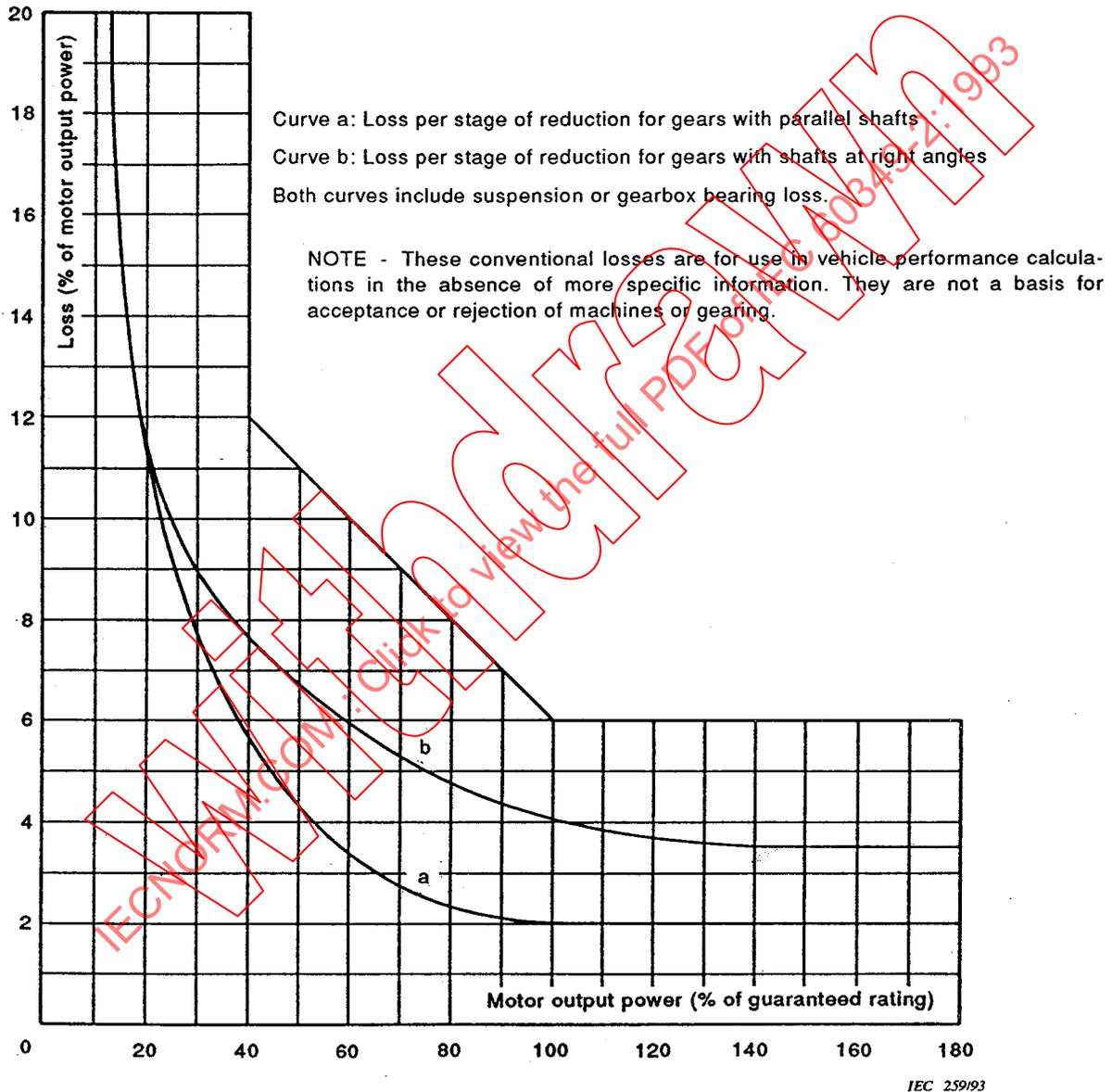


Figure B.1 - Conventional values of traction motor transmission losses