

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60349-1

Première édition
First edition
1999-11

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

**Partie 1:
Machines autres que les moteurs à courant
alternatif alimentés par convertisseur électronique**

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

**Part 1:
Machines other than electronic convertor-fed
alternating current motors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60349-1:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60349-1

Première édition
First edition
1999-11

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

**Partie 1:
Machines autres que les moteurs à courant
alternatif alimentés par convertisseur électronique**

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

**Part 1:
Machines other than electronic convertor-fed
alternating current motors**

© IEC 1999 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 photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XB

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	12
3 Définitions.....	14
4 Conditions d'environnement	24
5 Caractéristiques.....	24
5.1 Généralités	24
5.2 Température de référence.....	26
5.3 Caractéristiques de rendement	26
5.4 Caractéristiques des moteurs de traction à collecteurs	26
5.5 Caractéristiques des génératrices principales.....	28
5.6 Caractéristiques des moteurs auxiliaires.....	28
5.7 Caractéristiques des génératrices auxiliaires.....	28
5.8 Caractéristiques des groupes moteurs-générateurs auxiliaires et des convertisseurs tournants	28
6 Marquage	30
6.1 Plaque signalétique	30
6.2 Marquage des câbles et des bornes.....	30
7 Catégories et liste des essais	30
7.1 Catégories d'essais.....	30
7.2 Liste des essais	32
8 Essais de type	36
8.1 Essais d'échauffement.....	36
8.2 Essais et tolérances caractéristiques	40
8.3 Essais de commutation	48
8.4 Essais en régime transitoire.....	50
8.5 Essais de court-circuit des alternateurs principaux et auxiliaires	54
8.6 Essais de démarrage	56
8.7 Essais de survitesse	58
8.8 Essais de vibration	58
9 Essais de série	58
9.1 Essai de bon fonctionnement de courte durée.....	58
9.2 Essais de détermination des caractéristiques et tolérances.....	60
9.3 Essais de commutation	64
9.4 Essais de survitesse	66
9.5 Essais diélectriques	68
9.6 Essais de vibrations (non compensées)	68
9.7 Mesure de la déformation radiale du collecteur (faux-rond)	70

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 Environmental conditions	25
5 Characteristics	25
5.1 General	25
5.2 Reference temperature	27
5.3 Efficiency characteristics	27
5.4 Commutator type traction motor characteristics	27
5.5 Main generator characteristics	29
5.6 Auxiliary motor characteristics	29
5.7 Auxiliary generator characteristics	29
5.8 Auxiliary motor-generator set and rotary converter characteristics	29
6 Marking	31
6.1 Nameplate	31
6.2 Terminal and lead markings	31
7 Test categories and summary of tests	31
7.1 Test categories	31
7.2 Summary of tests	33
8 Type tests	37
8.1 Temperature-rise tests	37
8.2 Characteristic tests and tolerances	41
8.3 Commutation tests	49
8.4 Transient tests	51
8.5 Short-circuit tests on main and auxiliary alternators	55
8.6 Starting tests	57
8.7 Overspeed tests	59
8.8 Vibration tests	59
9 Routine tests	59
9.1 Short-time soundness test	59
9.2 Characteristic tests and tolerances	61
9.3 Commutation routine tests	65
9.4 Overspeed tests	67
9.5 Dielectric tests	69
9.6 Vibration tests (imbalance)	69
9.7 Commutator radial run-out measurement	71

Annexes	Pages
Annexe A (normative) Mesure de la température	76
Annexe B (informative) Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement	82
Annexe C (informative) Bruit.....	104
Annexe D (normative) Tensions d'alimentation des réseaux de traction	124
Annexe E (informative) Accords entre exploitant et constructeur	126
Bibliographie	130
Tableau 1 Liste des essais	34
Tableau 2 Limites d'échauffement pour les régimes assignés continus ou autres	38
Tableau 3 Valeurs d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée	40
Tableau 4 Tolérances sur la vitesse des moteurs de traction à collecteur.....	42
Tableau 5 Tensions d'essais	68
Tableau 6 Limites de la déformation radiale du collecteur	70
Tableau C.1 Corrections	108
Tableau C.2 Corrections	114
Tableau C.3 Limites de niveau de bruit aérien moyen généré par les machines électriques tournantes autres que moteurs de traction, pour véhicules ferroviaires et routiers	118
Figure 1 Définition des régimes d'essais pour moteurs de traction à collecteur	72
Figure 2 Définition des régimes d'essais pour génératrices principales	74
Figure B.1 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en parallèle	86
Figure B.2 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série	88
Figure B.3 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série et avec accouplement mécanique	90
Figure B.4 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs monophasés à collecteur par la méthode de récupération avec connexion des machines en série	92
Figure B.5 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à courant ondulé par la méthode de récupération avec connexion des machines en série	94
Figure B.6 Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à courant ondulé par la méthode de récupération avec connexion des machines en parallèle.....	96
Figure B.7 Schéma pour la mesure des pertes alternatives des moteurs à courant ondulé ..	98
Figure B.8 Facteur correctif pour les pertes supplémentaires en charge des machines à courant continu non compensées	102
Figure B.9 Facteur correctif pour pertes Joules en courant ondulé	102
Figure B.10 Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction.....	102
Figure C.1 Limite de niveau de bruit aérien moyen généré par les moteurs de traction	116
Figure C.2 Situation des points de mesure et contours prescrits pour une machine à axe horizontal	120
Figure C.3 Situation des points de mesure et contours prescrits pour une machine à axe vertical	122

Annexes	Page
Annex A (normative) Measurement of temperature	77
Annex B (informative) Methods of determining losses and efficiency	83
Annex C (informative) Noise	105
Annex D (normative) Supply voltages of traction systems	125
Annex E (informative) Agreement between user and manufacturer	127
Bibliography	131
Table 1 Summary of tests	35
Table 2 Limits of temperature rise for continuous or other ratings	39
Table 3 Temperature rise for short-time overload rating	41
Table 4 Tolerances on the speed of commutator type traction motors	43
Table 5 Dielectric test voltages	69
Table 6 Limits of commutator radial run-out	71
Table C.1 Corrections	109
Table C.2 Corrections	115
Table C.3 Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by rotating electrical machines for rail and road vehicles other than traction motors	119
Figure 1 Commutator type traction motor test points	73
Figure 2 Main generator test points	75
Figure B.1 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in parallel	87
Figure B.2 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series	89
Figure B.3 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series and with mechanical drive	91
Figure B.4 Circuit for determining loss and efficiency of single-phase a.c. commutator motors by the regenerative method with the machines connected in series	93
Figure B.5 Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in series	95
Figure B.6 Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in parallel	97
Figure B.7 Circuit for the measurement of the a.c. losses of pulsating current motors	99
Figure B.8 Correction factor for additional load loss of uncompensated d.c. machines	103
Figure B.9 Correction factor for pulsating current I^2R loss	103
Figure B.10 Conventional values of traction motor transmission losses	103
Figure C.1 Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction motors	117
Figure C.2 Location of measuring points and prescribed paths for horizontal machines	121
Figure C.3 Location of measuring points and prescribed paths for vertical machines	123

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRACTION ÉLECTRIQUE – MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS –

Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente norme peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60349-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire. Elle annule et remplace la CEI 60349 parue en 1991, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/529/FDIS	9/547/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC TRACTION –
ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL
AND ROAD VEHICLES –****Part 1: Machines other than electronic convertor-fed
alternating current motors**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60349-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment. It cancels and replaces IEC 60349 published in 1991 of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
9/529/FDIS	9/547/RVD

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

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

Les annexes A et D font partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C et E sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2007.

A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

La CEI 60349-1 fait partie d'une série de publications présentes sous le titre général *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers*.

Annexes A and D form an integral part of this standard.

Annexes B, C and E are for information only.

The committee has decided that this publication, remains valid until 2007.

At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

IEC 60349-1 forms part of a series of publications under the general title: *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles*.

TRACTION ÉLECTRIQUE – MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS –

Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique

1 Domaine d'application et objet

1.1 La présente partie de la CEI 60349 est applicable aux machines électriques tournantes, autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur, qui font partie de l'équipement des véhicules ferroviaires et routiers à propulsion électrique. Les véhicules peuvent être alimentés soit par une source externe soit par une source interne.

L'objet de cette norme est de permettre de confirmer, par des essais, les qualités de fonctionnement d'une machine et de procurer une base d'estimation de son aptitude à fournir un service spécifié et une base de comparaison avec d'autres machines.

NOTE 1 – La présente norme est également applicable aux machines installées sur les remorques attelées aux véhicules à propulsion électrique.

NOTE 2 – Les principes de base de la présente norme peuvent être appliqués aux machines tournantes des véhicules à usages spéciaux tels que les locomotives de mines, mais cette norme ne couvre pas les dispositifs antidéflagrants ou autres équipement spéciaux qui pourraient être nécessaires.

NOTE 3 – Il n'est pas prévu que la présente norme soit applicable aux machines de petits véhicules routiers, tels que les camionnettes de livraison alimentées par une batterie, les chariots d'usine, etc. Elle n'est pas non plus applicable aux très petites machines, telles que les moteurs d'essuie-glaces, qui peuvent être utilisées sur tous types de véhicules.

NOTE 4 – Des machines de type industriel conformes aux normes de la série CEI 60034 peuvent convenir pour certaines fonctions auxiliaires.

1.2 Le courant électrique absorbé ou fourni par les machines couvertes par cette norme peut être l'un des suivants:

- a) courant continu (y compris courant alternatif polyphasé redressé);
- b) courant ondulé (courant alternatif monophasé redressé);
- c) courant unidirectionnel régulé par hacheur;
- d) courant alternatif monophasé;
- e) courant alternatif polyphasé (en général triphasé).

1.3 Dans la présente norme, les machines électriques concernées sont classées comme suit.

1.3.1 Moteurs de traction

Moteurs utilisés pour propulser des véhicules ferroviaires ou routiers.

1.3.2 Génératrices principales entraînées par un moteur thermique

Génératrices qui servent à fournir l'énergie aux moteurs de traction du même véhicule ou de la même rame.

1.3.3 Groupes moteurs-générateurs principaux

Machines alimentées par une ligne de contact ou par une batterie et fournissant l'énergie aux moteurs de traction du même véhicule ou de la même rame.

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

Part 1: Machines other than electronic convertor-fed alternating current motors

1 Scope and object

1.1 This part of IEC 60349 is applicable to rotating electrical machines, other than electronic convertor-fed alternating current motors, forming part of the equipment of electrically propelled rail and road vehicles. The vehicles may obtain power either from an external supply or from an internal source.

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

NOTE 1 – This standard also applies to machines installed on trailers hauled by electrically propelled vehicles.

NOTE 2 – The basic requirements of this standard may be applied to rotating electrical machines for special purpose vehicles such as mine locomotives, but it does not cover flameproof or other special features that may be required.

NOTE 3 – It is not intended that this standard should apply to machines on small road vehicles such as battery-fed delivery vehicles, works trucks, etc. Neither does it apply to minor machines such as windscreen wiper motors, etc. that may be used on all types of vehicles.

NOTE 4 – Industrial type machines complying with the IEC 60034 series may be suitable for certain auxiliary applications.

1.2 Electrical inputs or outputs of machines covered by this standard may be as follows:

- a) direct current (including rectified polyphase alternating current);
- b) pulsating current (rectified single-phase alternating current);
- c) unidirectional chopper-controlled current;
- d) single-phase alternating current;
- e) polyphase alternating current (in general three-phase).

1.3 In this standard, the electrical machines concerned are classified as follows.

1.3.1 Traction motors

Motors for propelling rail or road vehicles.

1.3.2 Engine-driven main generators

Generators for supplying power to traction motors on the same vehicle or train.

1.3.3 Main motor-generator sets

Machines obtaining power from a line or battery, and supplying power to traction motors on the same vehicle or train.

1.3.4 Moteurs auxiliaires

Moteurs servant à l'entraînement de compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires ou autres machines auxiliaires.

1.3.5 Génératrices auxiliaires

Génératrices servant à fournir de l'énergie pour les services auxiliaires tels que le conditionnement d'air, le chauffage, l'éclairage, la charge de batterie, etc.

1.3.6 Groupes moteurs-générateurs auxiliaires et convertisseurs tournants auxiliaires

Machines alimentées par la ligne de contact ou par une autre source et fournissant de l'énergie pour les services auxiliaires.

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 60349. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60349 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60034-8, *Machines électriques tournantes – Partie 8: Marques d'extrémités et sens de rotation des machines tournantes*

CEI 60034-14:1996, *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 la vibration*

CEI 60050(131), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*

CEI 60050(151), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

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

CEI 60085, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60411-2, *Convertisseurs de puissance pour la traction – Deuxième partie: Informations techniques supplémentaires*

CEI 60638, *Critères d'appréciation et cotation de la commutation des machines tournantes de traction*

CEI 60850, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

ISO/CEI Guide 2, *Normalisation et activités connexes – Vocabulaire général*

1.3.4 Auxiliary motors

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

1.3.5 Auxiliary generators

Generators for supplying power for auxiliary services such as air conditioning, heating, lighting, battery charging, etc.

1.3.6 Auxiliary motor-generator sets and auxiliary rotary convertors

Machines which obtain their power from the line or other source to provide an electrical supply for auxiliary services.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60349. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60349 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60034-8, *Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation of rotating machines*

IEC 60034-14:1996, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of the vibration*

IEC 60050(131), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*

IEC 60050(151), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

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

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

IEC 60085, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60411-2, *Power convertors for electric traction – Part 2: Additional technical information*

IEC 60638, *Criteria for assessing and coding of the commutation of rotating electrical machines for traction*

IEC 60850, *Supply voltage of traction systems*

ISO/IEC Guide 2, *Standardization and related activities – General vocabulary*

3 Définitions

3.1 Généralités

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60349, les définitions suivantes s'appliquent; pour la définition des termes généraux utilisés, il convient de se reporter à la CEI 60050(131), à la CEI 60050(151), à la CEI 60050(411) et à la CEI 60050(811).

3.2

régime assigné d'une machine

ensemble de valeurs simultanées des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribué à la machine par le constructeur

3.2.1

valeur assignée

valeur numérique de toute grandeur mentionnée dans un régime. Pour les machines de traction, le régime peut comprendre certaines grandeurs spéciales telles que le taux d'ondulation du courant d'un moteur à courant ondulé, les conditions d'excitation pour un moteur à vitesse réglable par variation du champ, etc.

3.2.2

régime continu assigné

charge électrique que la machine peut supporter au banc d'essai pendant une durée illimitée dans les conditions énoncées en 8.1 sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au tableau 2, toutes les autres prescriptions de la présente norme étant également satisfaites

régimes continus assignés d'une génératrice principale entraînée par un moteur thermique

une génératrice principale entraînée par un moteur thermique a généralement deux régimes assignés continus, désignés et définis comme indiqué ci-après:

a) régime continu assigné «à tension inférieure»

régime continu assigné déterminé par l'échauffement des enroulements parcourus par le courant principal (intensité du courant plus élevée et tension relativement basse)

b) régime continu assigné «à tension supérieure»

régime continu assigné déterminé par l'échauffement des enroulements de champ (tension la plus élevée et intensité du courant relativement faible)

NOTE 1 – Ces deux régimes continus correspondent à des points de la caractéristique régulée à pleine puissance définie en 3.9.2 ou de la caractéristique intrinsèque définie en 3.9.3.

NOTE 2 – Des régimes similaires à ceux définis ci-dessus peuvent, dans les cas appropriés, s'appliquer aux groupes moteurs-générateurs principaux.

3.2.3

régime de courte durée assigné (1 h par exemple)

charge électrique que la machine peut supporter au banc d'essai pendant la durée fixée sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au tableau 2, l'essai étant effectué dans les conditions énoncées en 8.1 et commencé avec la machine froide (voir A.1), toutes les autres prescriptions de la présente norme étant également satisfaites

3 Definitions

3.1 General

For the purpose of this part of IEC 60349, the following definitions apply; for the definitions of general terms used, reference should be made to IEC 60050(131), IEC 60050(151), IEC 60050(411) and IEC 60050(811).

3.2

rating of a machine

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

3.2.1

rated value

numerical value of any quantity included in a rating. For traction machines, certain special quantities are often included such as current ripple factor for a pulsating current motor, excitation condition for a variable field motor, etc.

3.2.2

continuous rating

electrical load the machine can withstand on the test bed for an unlimited period under the conditions specified in 8.1 without exceeding the limits of temperature rise given in table 2, all other appropriate requirements in this standard also being satisfied

continuous ratings of an engine-driven main generator

an engine-driven main generator normally has two continuous ratings which are defined below:

a) continuous rating "at lower voltage"

continuous rating determined by the temperature rise of the windings through which the load current flows (higher value of load current and lower voltage)

b) continuous rating "at higher voltage"

continuous rating determined by the temperature rise of the field windings (lower value of load current and higher voltage)

NOTE 1 – These two continuous ratings correspond to points on the full power regulated characteristic as defined in 3.9.2 or on the inherent characteristic as defined in 3.9.3.

NOTE 2 – Ratings similar to those specified above may, where appropriate, be applied to a main motor-generator set.

3.2.3

short-time (for example, 1 h) rating

electrical load that a machine can withstand 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 8.1 starting with the machine cold (see A.1), all other appropriate requirements in this standard also being satisfied

3.2.4

régime de surcharge de courte durée assigné

charge électrique qu'une machine peut supporter au banc d'essai pendant la durée fixée sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au tableau 3, l'essai étant commencé et effectué dans les conditions énoncées à l'annexe A

NOTE – Les régimes de surcharge de courte durée concourent à déterminer l'aptitude des machines à des services qui comprennent des périodes d'utilisation de durées relativement élevées à un régime inférieur au régime continu, suivies d'une période à un régime supérieur. Ces régimes sont le plus souvent susceptibles de se produire dans les applications de locomotives. Ils ne correspondent pas aux cycles répétés comportant de courtes charges qu'on rencontre dans les transports urbains et similaires, et il ne convient pas qu'ils soient spécifiés pour de telles applications.

3.2.5

régime intermittent assigné

régime électrique qu'une machine utilisée suivant un cycle de travail répétitif peut supporter sans que les échauffements ne dépassent, à aucun moment du cycle, les valeurs limites du tableau 2

3.2.6

régime équivalent assigné

régime continu assigné caractérisé par des valeurs constantes de tension, de courant et de vitesse, et considéré, du point de vue de l'échauffement, comme équivalent à une grande série de cycles intermittents que la machine aura à supporter en service. Il convient que ce régime assigné fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant

3.2.7

régime assigné garanti

régime assigné garanti par le constructeur

3.2.7.1

régime assigné garanti d'un moteur de traction

le régime assigné garanti est normalement un régime continu assigné mais, dans certains cas, constructeur et exploitant peuvent convenir qu'il s'agit d'un régime de courte durée assigné ou d'un régime intermittent assigné

3.2.7.2

régimes assignés garantis d'une génératrice principale (entraînée par un moteur thermique)

les régimes assignés garantis d'une génératrice principale sont normalement les deux régimes continus assignés définis en 3.2.2 mais, dans certains cas, constructeur et exploitant peuvent convenir qu'il s'agit de régimes assignés de courte durée ou de régimes intermittents assignés

3.2.7.3

régimes assignés garantis d'un groupe moteur-générateur principal

les régimes assignés garantis sont normalement les régimes continus assignés mais, dans certains cas, constructeur et exploitant peuvent convenir qu'il s'agit de régimes de courte durée assignés ou de régimes intermittents assignés

3.2.7.4

régime assigné garanti d'une machine auxiliaire

sauf spécification contraire, le régime assigné garanti est le régime assigné continu

3.2.4

short-time overload rating

electrical load that a machine can withstand 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 annex A)

NOTE – Short-time overload ratings are of value in determining the suitability of machines 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.

3.2.5

intermittent duty rating

electrical loads and conditions at which a machine may be operated on a duty cycle without the temperature rises at any point in the cycle exceeding the limits given in table 2

3.2.6

equivalent rating

continuous rating with constant values of voltage, current and speed that, as far as temperature rise is concerned, is equivalent to a long series of the intermittent duty cycles which the machine has to withstand in service. This rating should be agreed between user and manufacturer

3.2.7

guaranteed rating

rating guaranteed by the manufacturer

3.2.7.1

guaranteed rating of a traction motor

the guaranteed rating is normally a continuous rating, but in special cases the manufacturer and user may agree that it is a short-time or intermittent rating

3.2.7.2

guaranteed ratings of an engine-driven main generator

the guaranteed ratings are normally the two continuous ratings defined in 3.2.2, but in special cases, the manufacturer and user may agree that they are short-time or intermittent ratings

3.2.7.3

guaranteed ratings of a main motor-generator set

the guaranteed ratings are normally the continuous rating, but in special cases, the manufacturer and user may agree that they are short-time or intermittent ratings

3.2.7.4

guaranteed rating of an auxiliary machine

unless otherwise specified, the guaranteed rating is the continuous rating

3.3

tension assignée

tension spécifiée aux bornes de la machine quand celle-ci fonctionne au régime assigné. Dans le cas d'une tension redressée, sa valeur est égale à la valeur moyenne de l'onde périodique. Dans le cas d'une tension alternative, sa valeur est égale à la valeur efficace de la composante fondamentale de l'onde périodique

NOTE – Dans le cas d'une machine équipée d'une résistance de protection connectée en permanence en série, la résistance est considérée comme faisant partie intégrante de la machine.

3.3.1

tension assignée d'un moteur alimenté directement ou indirectement à partir d'une ligne de contact (y compris les moteurs d'entraînement des groupes moteurs-générateurs)

tension la plus élevée qui peut exister aux bornes du moteur (à l'exclusion des surtensions transitoires) quand le moteur absorbe son courant assigné sous la tension nominale de la ligne de contact définie à l'annexe D

Dans certains cas, pour définir complètement la performance d'une machine, il peut être nécessaire de référencer les régimes spécifiés à une tension autre que celle définie ci-dessus (par exemple dans le cas d'un groupe moteur-générateur fournissant une puissance constante dans une plage donnée de tensions d'alimentation)

Dans le cas d'un moteur alimenté indirectement, si la caractéristique de régulation du transformateur ou de tout autre système n'est pas spécifiée, la tension assignée est prise égale à 90 % de la tension à vide du système

3.3.2 **tension assignée d'un moteur alimenté à partir d'une génératrice ou d'une batterie placée sur le véhicule**

3.3.2.1

moteurs de traction

tension assignée correspondant à la tension maximale de la source quand celle-ci alimente le moteur à son courant assigné

3.3.2.2

moteurs auxiliaires

tension assignée correspondant à la tension nominale du réseau auxiliaire d'alimentation (voir note de 3.3.4)

3.3.3

tensions assignées d'une génératrice principale

les deux tensions assignées correspondant aux deux régimes assignés continus définis en 3.2.2

3.3.4

tension assignée d'une génératrice auxiliaire (y compris les génératrices des groupes moteurs-générateurs auxiliaires ou des convertisseurs tournants)

tension correspondant à la tension nominale du réseau d'alimentation auxiliaire

NOTE – Il convient normalement que la tension nominale du réseau d'alimentation auxiliaire soit spécifiée par le constructeur en accord avec l'exploitant afin de prendre en considération certains facteurs (tels que la standardisation avec d'autres véhicules) pouvant influencer ce choix.

3.4

vitesse assignée d'une machine

vitesse correspondant à un régime assigné garanti de la machine

3.3

rated voltage

specified value of the voltage at the terminals of the machine when operating at a rating. If unidirectional, the voltage is the arithmetic mean of the recurring waveform and if alternating it is the root mean square value of the fundamental frequency component of the recurring waveform

NOTE – In the case of a machine with a protective resistor permanently in series, the resistor is considered as an integral part of the machine.

3.3.1

rated voltage of a motor fed directly or indirectly from a contact system (including motors of motor-generator sets)

highest value of voltage (excluding transients) which can appear at the motor terminals when it is drawing its rated current with the contact system at its nominal voltage as defined in annex D

In some cases, it may be necessary to assign ratings at other than the above voltage in order to fully define the performance of a machine, an example being a motor-generator set giving constant power output over a range of input voltages

If, in the case of an indirectly fed motor, the regulation characteristic of the transformer or other device is not specified, the rated voltage is taken as 90 % of the open-circuit value

3.3.2 rated voltage of a motor fed from a generator or battery located on the vehicle

3.3.2.1

traction motors

rated voltage corresponding to the maximum voltage of the source when supplying the motor at its rated current

3.3.2.2

auxiliary motors

rated voltage corresponding to the nominal voltage of the auxiliary supply (see note to 3.3.4)

3.3.3

rated voltages of a main generator

two rated voltages corresponding to the two continuous ratings defined in 3.2.2

3.3.4

rated voltage of an auxiliary generator (including generators of auxiliary motor-generator sets or rotary converters)

voltage corresponding to the nominal voltage of the auxiliary supply

NOTE – The nominal voltage of the auxiliary supply should normally be agreed between the manufacturer and the user, taking into account factors (such as standardization with other vehicles), which may influence the choice.

3.4

rated speed of a machine

speed at a guaranteed rating of the machine

3.4.1

vitesse assignée d'une génératrice principale ou auxiliaire entraînée par un moteur thermique

vitesse de la génératrice correspondant à la vitesse assignée du moteur d'entraînement

3.4.2

vitesse assignée d'une génératrice entraînée par l'essieu

vitesse fixée par accord entre le constructeur et l'exploitant

3.5 tension maximale (ou minimale)

3.5.1

tension maximale (ou minimale) d'une machine

tension maximale (ou minimale) que la machine est appelée à supporter en service, exception faite des tensions transitoires. Sont aussi exclues toutes les réductions de tension résultant des moyens de commande pendant les phases de démarrage et d'accélération

Sauf accord particulier, la tension maximale d'une machine auxiliaire branchée en série avec d'autres machines dont elle est découplée mécaniquement est prise égale à 1,2 fois la tension maximale d'alimentation des machines divisée par le nombre de machines connectées en série

3.5.2

tensions maximales et minimales des machines alimentées directement ou indirectement par la ligne de contact

tensions correspondant normalement aux tensions les plus élevées et les plus basses du réseau de traction (voir annexe D), compte tenu des caractéristiques de régulation des transformateurs ou équipements de commande interposés entre la ligne et la machine

3.6

courant maximal

valeur maximale du courant indiquée sur les courbes caractéristiques fournies par le constructeur

3.7 vitesse maximale d'utilisation

3.7.1

vitesse maximale d'utilisation d'un moteur de traction

la plus grande vitesse de rotation attribuée au moteur de traction par le constructeur

NOTE – Si le moteur est destiné à équiper un véhicule dont les caractéristiques sont spécifiées, il convient que cette vitesse ne soit pas 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.

3.7.2

vitesse maximale d'utilisation d'une génératrice principale ou auxiliaire entraînée par un moteur thermique

vitesse de la génératrice correspondant au maximum de la vitesse régulée du moteur thermique pour cette application particulière

NOTE – Celle-ci sera normalement la vitesse maximale régulée à vide. Il convient de ne pas prendre en compte les variations transitoires de vitesse durant les changements de régime.

3.7.3

vitesse maximale d'utilisation d'une génératrice dont la vitesse de rotation est proportionnelle à la vitesse du véhicule

la plus grande vitesse de rotation de la génératrice attribuée par le constructeur. Voir note en 3.7.1

3.4.1**rated speed of an engine-driven main or auxiliary generator**

speed of the generator corresponding to the rated speed of the engine

3.4.2**rated speed of an axle-driven generator**

speed agreed between the manufacturer and the user

3.5 maximum (or minimum) voltage**3.5.1****maximum (or minimum) voltage of a machine**

highest (or lowest) voltage which the machine will be called upon to withstand in service, transient voltages being excluded. Also excluded is any reduction in the minimum voltage by control means during starting or acceleration

Unless otherwise agreed the maximum voltage of an auxiliary machine connected in series with other machines without mechanical coupling is taken as 1.2 times the highest voltage of the supply to the machines divided by the number in series

3.5.2**maximum and minimum voltage of a machine supplied directly or indirectly from a contact system**

voltages normally corresponding to the highest and lowest voltages of the traction system (see annex D), account being taken of the regulation of any transformer or control equipment interposed between the line and the machine

3.6**maximum current**

maximum value of current shown on the characteristic curve supplied by the manufacturer

3.7 maximum working speed**3.7.1****maximum working speed of a traction motor**

highest rotational speed assigned to the traction motor by the manufacturer

NOTE – When the characteristics of the vehicle for which the motor is intended are specified, this speed should be not less than that corresponding to the maximum service speed of the vehicle, assuming fully worn metal wheels or the minimum rolling diameter of rubber types.

3.7.2**maximum working speed of an engine-driven main or auxiliary generator**

generator speed corresponding to the maximum governed speed of the engine for the particular application

NOTE – This will normally be the maximum governed speed on "no-load". Transient speed variations during load changes should be disregarded.

3.7.3**maximum working speed of a generator with a rotational speed proportional to the speed of the vehicle**

highest rotational speed assigned to the generator by the manufacturer. See note in 3.7.1

3.7.4

vitesse maximale d'utilisation d'un groupe moteur-générateur principal ou auxiliaire, d'un convertisseur tournant auxiliaire ou d'un moteur auxiliaire

la plus grande vitesse de rotation attribuée à la machine par le constructeur

NOTE – Pour des applications spécifiques, il convient de tenir compte, pour fixer la vitesse maximale, des conditions les plus défavorables de tension, excitation, fréquence, charge, etc. qui peuvent exister en service.

3.8 puissance utile et puissance d'entraînement des machines électriques et des moteurs thermiques

3.8.1

puissance utile d'un moteur

puissance mécanique disponible à l'arbre du moteur, exprimée en kilowatts (kW)

3.8.2

puissance maximale utile en service d'un moteur thermique

puissance utile maximale attribuée à un moteur thermique pour une application particulière

3.8.3

puissance d'entraînement disponible fournie à une génératrice principale

puissance mécanique transformée en puissance électrique pour alimenter des moteurs de traction et d'autres charges qui lui sont connectées, par exemple le chauffage du train. Elle sert à définir les régimes assignés et les caractéristiques de cette génératrice

La puissance d'entraînement disponible maximale d'une génératrice principale est la puissance maximale utile en service du moteur thermique, diminuée de la puissance nécessaire pour entraîner directement ou indirectement ses organes de refroidissement et les divers auxiliaires du véhicule supposés fonctionner à leur puissance minimale dans les conditions spécifiées

NOTE – La puissance d'entraînement disponible n'est pas nécessairement absorbée par la génératrice principale dans toute sa plage d'utilisation.

3.9 caractéristiques d'une génératrice principale

3.9.1

caractéristique régulée

caractéristique obtenue lorsque la puissance délivrée par la génératrice principale est régulée pour absorber la puissance d'entraînement disponible, le produit de la tension et du courant restant alors sensiblement constant à l'intérieur du domaine de régulation

3.9.2

caractéristique régulée à pleine puissance

caractéristique régulée correspondant à la puissance d'entraînement maximale disponible

3.9.3

caractéristique intrinsèque

caractéristique d'une génératrice fonctionnant sans équipement de régulation pour adapter sa puissance d'entraînement à la puissance utile disponible du moteur thermique

3.10

taux d'excitation d'un moteur série

rapport des ampères-tours d'excitation réels à la valeur maximale possible avec le même courant d'induit

NOTE 1 – Un moteur série est dit:

- à plein champ lorsque le courant traversant les enroulements inducteurs est égal au courant dans l'induit;
- à champ maximal lorsque le moteur fonctionne avec le champ le plus élevé utilisable en service;
- à champ réduit lorsque le moteur fonctionne avec un champ plus faible que le champ maximal;
- à champ minimal lorsque le moteur fonctionne avec le champ le plus faible utilisable en service.

NOTE 2 – Dans le cas de moteurs sans shuntage permanent des inducteurs, le champ maximal est équivalent au plein champ.

3.7.4**maximum working speed of a main or auxiliary motor-generator set, an auxiliary convertor or an auxiliary motor**

highest rotational speed assigned to the machine by the manufacturer

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

3.8 output and input power of electrical machines and heat engines**3.8.1****output power of a motor**

mechanical output power available at the motor shaft, expressed in kilowatts (kW)

3.8.2**maximum service output power of a heat engine**

maximum output power assigned to a heat engine for a particular application

3.8.3**available input power to a main generator**

input power converted to electricity to supply the traction motors and other loads, such as train heating, connected to it. It is used to derive the ratings and characteristics of the generator

The maximum available input power to a main generator is the maximum service output power of the heat engine, less the power it provides to drive, either directly or indirectly, the engine cooling equipment and vehicle auxiliaries, assuming these are operating at their minimum input power for the given condition

NOTE – The available input power is not necessarily absorbed by the main generator over its whole working current range.

3.9 main generator characteristics**3.9.1****regulated characteristic**

characteristic obtained if the power demand of a main generator is regulated to absorb the available input power, the product of current and voltage remaining substantially constant between the limits of regulation

3.9.2**full power regulated characteristic**

regulated characteristic corresponding to the maximum available input power

3.9.3**inherent characteristic**

characteristic of a generator designed to operate without load regulating equipment to match its power demand to the available engine output power

3.10**effective field ratio of a series motor**

ratio of the actual field ampere-turns to the maximum obtainable at the same armature current

NOTE 1 – A series motor is said to be

- in full field when the field current is equal to the armature current;
- in maximum field when the effective field ratio is the maximum used in service;
- in weak field when the effective field ratio is below the maximum;
- in minimum field when the effective field ratio is the minimum used in service.

NOTE 2 – For motors without permanent shunts across the field windings, full field and maximum field are the same.

3.11

résistance effective d'un moteur série

valeur de résistance qui, multipliée par le courant absorbé, donne la chute de tension totale résistive dans les enroulements de la machine, c'est-à-dire prend en compte la présence des circuits de dérivation du courant par rapport aux enroulements d'excitation

3.12

taux d'ondulation

le taux d'ondulation d'un courant unidirectionnel exprimé en pourcentage est défini par la formule suivante:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

dans laquelle $I_{\max}$ et $I_{\min}$ représentent respectivement la valeur maximale et la valeur minimale de l'onde de courant

NOTE – Cette définition est conforme à la CEI 60411-2.

3.13

fréquence d'ondulation

fréquence de la composante alternative fondamentale du courant ondulé ou de la tension ondulée

3.14

réglage par impulsions

réglage de la puissance d'une machine obtenu en faisant varier les instants d'amorçage et les instants d'extinction d'impulsions répétitives de la tension ou du courant d'alimentation. Les dispositifs de réglage par impulsion comprennent les hacheurs, les onduleurs, les redresseurs à réglage électronique, etc.

4 Conditions d'environnement

En l'absence de spécification particulière de l'exploitant, on admettra 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 à l'ombre ne dépasse pas 40 °C.

Si les machines sont appelées à fonctionner dans des régions où l'une de ces limites (ou les deux) sont dépassées, des dispositions spéciales peuvent être adoptées après accord entre exploitant et constructeur.

Le constructeur doit être informé par l'exploitant de toute condition particulièrement sévère (poussière, humidité, température, neige, effets dynamiques, etc.) dans laquelle les machines sont destinées à fonctionner.

5 Caractéristiques

5.1 Généralités

Les spécifications des machines doivent, en règle générale, comporter des courbes caractéristiques conformes aux paragraphes suivants. Ces courbes, définies comme étant les «caractéristiques spécifiées», doivent être tracées jusqu'aux limites d'utilisation de chaque variable.

3.11**effective resistance of a series motor**

resistance value which, when multiplied by the load current, gives the total resistive voltage drop in the machine windings, i.e. it takes account of any shunt across the field windings

3.12**ripple factor**

ripple factor of a continuous pulsating current is defined as:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

expressed as a percentage in which $I_{\max}$ and $I_{\min}$ are respectively the maximum and the minimum values of the current waveform

NOTE – This is in accordance with IEC 60411-2.

3.13**pulsating frequency**

frequency of the fundamental alternating component of a pulsating current or voltage

3.14**pulse control**

control of the power supply to a machine by varying the starting and terminating points of repeated pulses of voltage or current. Pulse control devices include, but are not limited to, choppers, inverters and electronically controlled rectifiers

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

The manufacturer shall be informed by the user of any particularly arduous conditions such as dust, humidity, temperature, snow, dynamic effects, etc. under which the machines are intended to work.

5 Characteristics**5.1 General**

Machine specifications shall, as a general rule, include characteristic curves in accordance with the following subclauses. These curves, defined as the "specified characteristics", shall be plotted up to the designed operating limits of each variable.

A la suite des essais des premières machines d'une série, des «caractéristiques de base» doivent être établies à partir des résultats d'essais conformément à 8.2.

Sauf accord particulier, les caractéristiques de base de toute machine identique, sur le plan électromagnétique, à celles déjà construites pour le même exploitant ou la même application doivent être celles des machines existantes. Dans ce cas, le contrôle de conformité avec les caractéristiques doit se limiter aux seuls essais de série.

5.2 Température de référence

Toutes les caractéristiques, indépendamment de la classe d'isolation utilisée sur la machine à laquelle elles s'appliquent, doivent être tracées pour une température de référence de 150 °C, qui doit être notée sur les caractéristiques.

5.3 Caractéristiques de rendement

Les caractéristiques de rendement doivent prendre en compte les pertes dans les résistances externes normalement connectées dans le circuit principal ou le circuit d'excitation. La puissance nécessaire pour l'excitation séparée doit être incluse dans les pertes, sauf s'il en est tenu compte par ailleurs (par exemple comme consommation auxiliaire), auquel cas cette particularité doit être précisée.

5.4 Caractéristiques des moteurs de traction à collecteurs

Les courbes caractéristiques doivent normalement représenter la vitesse de rotation, le couple et le rendement en fonction du courant. En variante, les courbes peuvent représenter la vitesse du véhicule et l'effort de traction à la jante en fonction du courant. Dans ce cas, le rapport de réduction, le diamètre des roues et les pertes de transmission doivent être précisés. Si des valeurs conventionnelles sont employées pour ces pertes, ces valeurs doivent être conformes à la figure B.10.

Ces courbes doivent être tracées pour chaque état d'excitation de l'application, sauf lorsqu'un système de réglage continu de l'excitation est employé, auquel cas seules les courbes caractéristiques correspondant aux niveaux maximal et minimal doivent être tracées. La résistance effective de la machine pour chaque taux d'excitation doit être précisée.

Les courbes caractéristiques des moteurs de traction alimentés directement ou indirectement à partir d'une ligne de contact, ou à partir d'une batterie placée sur le véhicule, doivent être tracées à la tension assignée, à l'exception des cas où le circuit comprend un équipement (tel que transformateur ou inductance) qui introduit aux bornes du moteur une chute de tension dépendant du courant. Pour ces exceptions, les courbes doivent être tracées pour la tension aux bornes du moteur correspondant à la tension nominale du réseau d'alimentation, et la courbe donnant la relation entre la tension du moteur et le courant doit figurer parmi les caractéristiques. Si ces informations ne sont pas disponibles, les caractéristiques peuvent être tracées pour la tension assignée.

Les courbes caractéristiques des moteurs de traction exploités sur des véhicules thermo-électriques doivent normalement être tracées pour une tension correspondant à la tension la plus basse de la génératrice à son régime continu assigné, mais ces caractéristiques peuvent, après accord, être tracées pour d'autres tensions.

Les courbes caractéristiques des moteurs à courant alternatif à collecteur doivent être tracées pour la fréquence assignée et doivent représenter les variations du facteur de puissance en fonction du courant.

Si les moteurs sont exploités en freinage rhéostatique ou en freinage par récupération, les caractéristiques doivent représenter le fonctionnement correspondant à ce mode de freinage. Sauf accord particulier, les caractéristiques en freinage par récupération doivent être tracées pour une tension du moteur correspondant à 1,1 fois la tension nominale du réseau d'alimentation.

When the first few machines of a type have been tested, "declared characteristics" shall be produced from the results in accordance with 8.2.

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

5.2 Reference temperature

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

5.3 Efficiency characteristics

Efficiency characteristics shall take account of losses in external resistances normally included in either the main or excitation circuits. Any power used in providing separate excitation shall be included in the losses unless otherwise accounted for (e.g. as an auxiliary load), in which case the omission shall be stated.

5.4 Commutator type traction motor characteristics

The characteristic curves shall normally show motor speed, torque and efficiency as a function of current. Alternatively the curves may show vehicle speed and tractive effort at the rail as a function of current, in which case the gear ratio, wheel diameter and transmission losses shall be stated. If conventional values are used for the latter, they shall be in accordance with figure B.10.

Curves shall be drawn for each excitation condition employed on the application except that where continuously variable field control is employed, only the maximum and minimum curves need be drawn. The effective machine resistance for each effective field ratio shall be stated.

The characteristic curves of traction motors supplied directly or indirectly from a contact system, or from a battery located on the vehicle, shall be drawn at the rated voltage, except when the circuit includes equipment (such as a transformer or inductor) which introduces a current-dependent voltage drop at the motor terminals. For these exceptions, the curves shall be drawn for a motor voltage corresponding to the nominal supply voltage and a motor voltage current curve shall be included in the characteristics. If this information is not available, the curves may be drawn for the rated voltage.

The characteristic curves of traction motors used on thermo-electric vehicles shall normally be drawn for a voltage corresponding to the lower voltage of the generator at its continuous rating, but they may, by agreement, be drawn for other voltages.

The characteristic curves of a.c. commutator motors shall be plotted for the rated frequency and shall show the power factor as a function of current.

In the case of motors used for rheostatic or regenerative braking, the characteristics shall show the performance in this mode. Unless otherwise agreed, regenerative braking characteristics shall be drawn for a motor voltage corresponding to 1,1 times the nominal system voltage.

Les caractéristiques déclarées de freinage peuvent être obtenues soit par calculs déduits des essais en moteur, soit directement par des essais en freinage.

5.5 Caractéristiques des génératrices principales

Les courbes caractéristiques doivent représenter la tension en fonction du courant de charge. Dans le cas d'alternateurs destinés à fonctionner avec un redresseur, les caractéristiques doivent aussi représenter les grandeurs de sortie du redresseur. Un alternateur sans balai et son excitatrice doivent être considérés comme une machine unique.

Les courbes caractéristiques doivent être tracées pour la puissance d'entrée disponible pour la traction aux vitesses maximale et minimale du moteur thermique et, si le moteur thermique a un nombre prédéterminé de crans intermédiaires, des courbes complémentaires doivent être tracées pour un nombre suffisant de ces vitesses afin de représenter correctement les performances de la génératrice.

Chaque courbe doit être identifiée par les conditions d'excitation, la puissance absorbée, la vitesse de rotation de la génératrice et, le cas échéant, le numéro du cran de fonctionnement. De plus, le rendement sur la caractéristique de fonctionnement à pleine puissance doit être indiqué pour au moins deux régimes assignés continus.

NOTE – En ce qui concerne l'intégration de la puissance d'excitation dans les pertes pour la détermination du rendement, voir 5.3.

Des caractéristiques similaires doivent être établies pour les génératrices des groupes moteurs-générateurs principaux, après prise en compte des caractéristiques du moteur d'entraînement et de l'équipement de régulation.

5.6 Caractéristiques des moteurs auxiliaires

Les courbes caractéristiques de vitesse, couple (ou puissance utile), rendement et, dans le cas d'un moteur à courant alternatif, de facteur de puissance doivent être tracées en fonction de l'intensité du moteur pour la fréquence et la tension assignées.

En variante, après accord entre constructeur et exploitant, les caractéristiques peuvent être tracées en fonction de la vitesse ou de la puissance utile.

Les courbes doivent être tracées pour toutes les conditions d'excitation existant en service.

5.7 Caractéristiques des génératrices auxiliaires

Les courbes caractéristiques de tension de sortie, de puissance et de rendement doivent être tracées en fonction de l'intensité débitée à la vitesse assignée ou, dans le cas de machines à vitesse variable, aux vitesses maximales et minimales en service. La fréquence des sorties à courant alternatif doit être précisée.

Les caractéristiques des génératrices associées à un régulateur de tension doivent être tracées à la tension assignée et le domaine de variation du courant d'excitation doit être précisé.

Un alternateur sans balai et son excitatrice doivent être considérés comme une machine unique.

5.8 Caractéristiques des groupes moteurs-générateurs auxiliaires et des convertisseurs tournants

Les courbes caractéristiques de tension de sortie, puissance de sortie, vitesse de rotation et intensité absorbée doivent être tracées en fonction du courant de sortie, la machine étant alimentée à la tension minimale, assignée et maximale. Le rendement global pour le régime assigné continu doit être précisé. Les caractéristiques des machines à courant alternatif doivent inclure les courbes de facteur de puissance.

The declared braking characteristics may be derived either by calculation from the results of motoring tests or directly from tests in the braking mode.

5.5 Main generator characteristics

The characteristic curves shall show voltage as a function of load current. In the case of an a.c. generator intended to operate with a rectifier, the characteristics shall also show the output of the rectifier. A brushless alternator and its exciter shall be regarded as a single machine.

Characteristic curves shall be drawn corresponding to the generator input power available for traction at maximum and minimum engine speeds, and if the engine has a number of predetermined intermediate speed notches, additional curves shall be drawn for a sufficient number of these speeds to adequately show the performance of the generator.

Each curve shall be identified with its excitation condition, input power, generator speed and, if applicable, notch number. In addition, the efficiency on the full power characteristic shall be shown for at least two continuous ratings.

NOTE – See 5.3 concerning the inclusion of excitation power in the losses when determining the efficiency.

Similar characteristics shall be drawn for the generators of main motor-generator sets, due account being taken of the characteristics of the driving motor and regulating equipment.

5.6 Auxiliary motor characteristics

Characteristic curves of speed, torque (or output power), efficiency and, in the case of a.c. machines, power factor shall be plotted as a function of motor current at the rated voltage and frequency.

Alternatively, and through agreement between the manufacturer and user, the characteristics may be plotted as a function of speed or output power.

Curves shall be drawn for each excitation condition employed in the application.

5.7 Auxiliary generator characteristics

The characteristic curves of output voltage, power and efficiency shall be plotted as a function of output current at the rated speed and, for variable speed machines, at the minimum and maximum speeds for the application. The frequency of a.c. outputs shall be stated.

In the case of generators operating with a voltage regulator the characteristics shall be plotted at the nominal voltage and the range of excitation current stated.

A brushless alternator and its exciter shall be regarded as a single machine.

5.8 Auxiliary motor-generator set and rotary convertor characteristics

The characteristic curves of output voltage, output power, machine speed, and input current shall be plotted as a function of output current with the machine supplied at minimum, rated and maximum voltage. The overall efficiency at the continuous rating shall be stated. The characteristics of a.c. machines shall show the power factor.

Les caractéristiques des machines associées à un régulateur de tension ou de fréquence doivent être tracées pour les valeurs assignées de tension et de fréquence. L'étendue du domaine de variation du courant d'excitation doit être précisée.

Si la machine entraîne une charge externe, par exemple un ventilateur, la puissance absorbée par cette charge externe doit être tracée ou précisée et on doit substituer à la détermination du rendement global celle de la puissance totale absorbée par la machine au régime assigné continu.

6 Marquage

6.1 Plaque signalétique

Toutes les machines couvertes par la présente norme doivent être munies d'une plaque signalétique visible lorsque la machine est sur le sol de l'atelier. Cette plaque doit comporter au minimum les informations suivantes:

- a) nom du constructeur;
- b) désignation du type;
- c) numéro de fabrication;
- d) année de fabrication.

Le numéro de série de la machine et la flèche de rotation, si elle est présente, doivent aussi être facilement lisibles lorsque la machine est installée dans le véhicule.

Un numéro de série ou un numéro d'identification unique doit être poinçonné à la fois sur le rotor et le stator de chaque machine.

6.2 Marquage des câbles et des bornes

Le marquage des câbles et des bornes doit être effectué conformément à la CEI 60034-8, sauf accord contraire.

7 Catégories et liste des essais

7.1 Catégories d'essais

7.1.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essais:

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

7.1.2 Essais de type

Les essais de type ont pour but de déterminer les régimes, les caractéristiques et les performances de nouveaux types de machines. Lorsque le lieu et/ou la méthode de fabrication sont changés, l'exploitant et le constructeur doivent conclure un accord sur les essais de type à refaire. En complément, les essais nécessaires pour établir les caractéristiques de base doivent être effectués sur d'autres machines conformément à 8.2.

Sauf accord particulier, la machine subissant les essais complets doit être l'une des dix premières de la série construite.

In the case of machines operating with a voltage or frequency regulator, the characteristics shall be drawn with the voltage or frequency at its nominal value. The range of excitation current shall be stated.

If the machine drives an external load, such as a blower, the power absorbed by this external load shall be shown or stated and the statement of overall efficiency shall be replaced by one of the total input power to the machine at the continuous rating.

6 Marking

6.1 Nameplate

All the machines covered by this standard shall carry a nameplate visible when the machine is on the workshop floor. It shall include at least the following information:

- a) manufacturer's name;
- b) machine type designation;
- c) machine serial number;
- d) year of manufacture.

The machine serial number and, if applicable, rotation arrow, shall also be easily read when the machine is installed in the vehicle.

A serial number, or unique identification number, shall be punched on both the rotor and the stator of each machine.

6.2 Terminal and lead markings

Terminal and lead markings shall be in accordance with IEC 60034-8, unless otherwise agreed.

7 Test categories and summary of tests

7.1 Test categories

7.1.1 General

There are three categories of tests:

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

7.1.2 Type tests

Type tests are intended to establish the ratings, characteristics and performance of new types of machine. Where there is a change in place and/or method of manufacture, the user and manufacturer shall agree upon type tests to be repeated. In addition, tests to establish the declared characteristics shall be carried out on further machines in accordance with 8.2.

Unless otherwise agreed, the fully tested machine shall be one of the first ten manufactured.

Une machine peut être dispensée des essais de type si le constructeur présente un procès-verbal, acceptable pour l'exploitant, d'essais de type déjà effectués sur une machine de même modèle électromagnétique, conçue pour les mêmes conditions d'environnement et les mêmes régimes.

Avant que les essais commencent, le constructeur doit fournir à l'exploitant une spécification d'essais esquissant les essais à entreprendre pour démontrer la conformité de la machine à la présente norme. A la suite de l'achèvement des essais de type, le constructeur doit fournir à l'exploitant un rapport d'essais complet tel qu'il est défini dans le Guide 2 de l'ISO/CEI.

Après accord entre le constructeur et l'exploitant, un nombre supplémentaire de machines peut être soumis à des essais de type complets ou partiels au cours de la série.

Les machines soumises aux essais de type doivent aussi subir les essais de série.

7.1.3 Essais de série

Les essais de série ont pour but de démontrer le bon fonctionnement des machines sur les plans électrique et mécanique, ainsi que leur conformité aux caractéristiques de la machine qui a subi les essais de type.

Les essais de série spécifiés à l'article 9 doivent être effectués sur toutes les machines, mais des essais différents peuvent être convenus par accord entre le constructeur et l'exploitant. Il peut également être convenu que seule une partie des machines construites dans la même série et choisies au hasard doit subir les essais de série à condition que les essais de survitesse et les essais diélectriques suivant 9.4 et 9.5 soient effectués sur toutes les machines.

7.1.4 Essais d'investigation

Les essais d'investigation sont des essais spéciaux à caractère facultatif qui sont effectués en vue d'obtenir des informations complémentaires. Ils ne doivent être réalisés que s'il y a eu accord entre le constructeur et l'exploitant avant la commande. Les résultats de ces essais ne doivent pas être opposables à l'acceptation du matériel, à moins qu'un accord sur ce point n'ait été conclu avant la commande.

7.2 Liste des essais

Le tableau 1 donne la liste des essais prescrits pour la conformité à la présente norme.

A machine may be exempted from type tests if the manufacturer produces a record, acceptable to the user, of type tests already carried out on a machine of the same electromagnetic design for the same environmental conditions and at the same ratings.

Before testing commences the manufacturer shall provide the user with a test specification outlining the tests to be undertaken to demonstrate compliance with this standard. Following completion of the type tests the manufacturer shall supply the user with a full type test report as defined in ISO/IEC Guide 2.

By agreement between manufacturer and user, more machines may be fully or partially type tested at intervals.

Type tested machines shall also be routine tested.

7.1.3 Routine tests

Routine tests are intended to demonstrate that each machine is sound both electrically and mechanically, and that it is essentially identical with the machine which has been type tested.

Routine tests as specified in clause 9 shall normally be carried out on all machines but alternative tests may be agreed between user and manufacturer. It may also be agreed that only a proportion of machines chosen at random from those built on the order shall be fully routine tested, subject to overspeed and dielectric tests in accordance with 9.4 and 9.5 being carried out on all machines.

7.1.4 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. The results of these tests shall not influence the acceptance of a machine unless agreement to the contrary has been similarly reached.

7.2 Summary of tests

Table 1 lists the tests required for compliance with this standard.

Tableau 1 – Liste des essais

Catégorie de machine (paragraphe 1.3)	Essai	Echau- fement	Bon fonc- tion- nement	Caracté- ristiques		Commuta- tion	Transi- toire	Démâr- rage	Bruit	Survitesse		Diélec- triques	Vibrations		Faux rond du collecteur		
				Type	Série					Type	Série		Type	Série		Type	Série
Article ou paragraphe																	
Catégorie d'essai (paragraphe 5.1)	Collecteur	8.1	9.1	8.2.2	9.2.2	8.3.2	9.3.2	8.4.2*	8.6.2*	Annexe C	NA	9.4.2	9.5	8.8	9.6	9.7	
	Rotor bobiné	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	NA	NA	NA	NA	Annexe C	NA	9.4.2	9.5	8.8	9.6	9.7	
	Rotor à cage	8.1	NA	8.2.3	9.2.3	NA	NA	NA	NA	Annexe C	8.7	NA	9.5	8.8	9.6	9.7	
	Courant continu	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	8.3.3	9.3.3	NA	NA	Annexe C	NA	9.4.3	9.5	8.8	9.6	9.7	
	Courant alternatif	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3/4	NA	NA	8.5	NA	Annexe C	NA	9.4.3	9.5	8.8	9.6	NA	
	Moteur	8.1	9.1	8.2.2	9.2.2	8.3.2*	9.3.2*	8.4.2*	8.6.3	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7*	
	Génératrice	8.1	9.1	8.2.3	9.2.3	8.3.3*	9.3.3*	8.5	NA	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7*	
	Collecteur	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	8.3.4	9.3.4	8.4.3/4*	8.6.4*	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7	
Moteurs auxiliaires (paragraphe 1.3.4)	Rotor bobiné	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	NA	NA	NA	8.6.4	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	NA	
	Rotor à cage	8.1	9.1	8.2.4	9.2.5	NA	NA	NA	8.6.4	Annexe C	8.7	NA	9.5	8.8	9.6	NA	
	Courant continu	8.1	9.1	8.2.5	9.2.6	8.3.4	9.3.4	NA	NA	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7	
	Courant alternatif	8.1	9.1	8.2.5	9.2.6	NA	NA	8.5	NA	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	NA	
	Moteur	8.1	9.1	8.2.6	9.2.7	8.3.4*	9.3.4*	8.4.3/4	8.6.4	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7*	
	Génératrice	8.1	9.1	8.2.6	9.2.7	8.3.4*	9.3.4*	8.5	NA	Annexe C	NA	9.4.5	9.5	8.8	9.6	9.7*	
	Groupes moteurs-générateurs auxiliaires																
	Convertisseurs courants																
1.3.6)																	
NA = Non applicable.																	
* Non applicable à toutes les machines de cette catégorie; se référer à l'article correspondant.																	
Toutes les machines, y compris celles ayant subi les essais de type, doivent subir les essais de série.																	

NA = Non applicable.

* Non applicable à toutes les machines de cette catégorie; se référer à l'article correspondant.

Toutes les machines, y compris celles ayant subi les essais de type, doivent subir les essais de série.

8 Essais de type

8.1 Essais d'échauffement

8.1.1 Généralités

Les essais doivent être effectués aux régimes assignés garantis sauf pour les alternateurs principaux pour lesquels, après accord entre le constructeur et l'exploitant, les essais peuvent être effectués comme suit:

- a) essai en court-circuit à la fréquence assignée, le courant d'excitation étant réglé pour que le courant de sortie provoque un échauffement des bobinages statoriques identique à celui qui existerait pour un essai en charge au régime assigné continu et à la tension la plus basse;
- b) essai à vide à la fréquence assignée, le courant d'excitation étant réglé à la valeur spécifiée pour le régime assigné continu et à la tension la plus élevée.

Les alternateurs utilisés avec redresseur de puissance doivent être essayés avec leur redresseur ou avec un redresseur ayant des caractéristiques similaires.

Dans le cas où l'une ou plusieurs des conditions suivantes sont remplies, l'essai doit être effectué pour des formes de courant et de tension proches de celles existant en service:

- 1) si le taux d'ondulation du courant en service, au régime assigné garanti, dépasse 10 %;
- 2) si l'excitation est réglée par impulsions.

S'il n'est pas possible de satisfaire à ces spécifications, une méthode permettant de tenir compte des différences entre les conditions d'essais et les conditions de service doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant.

NOTE 1 – Dans le cas de machines fonctionnant sous courant monophasé redressé à la fréquence industrielle 50 Hz ou 60 Hz, les essais peuvent être effectués à la fréquence d'alimentation du lieu de fabrication, que cette fréquence diffère ou non de celle existant sur les lieux d'exploitation, sous réserve que le taux d'ondulation du courant ne soit pas inférieur à celui existant en service. Les erreurs introduites dans les résultats sont alors négligeables et aucune correction n'est nécessaire.

NOTE 2 – Pour les essais au régime continu assigné, le temps nécessaire pour atteindre la stabilisation en température peut être réduit en débutant l'essai avec une charge augmentée ou une ventilation réduite, sous réserve que les conditions assignées soient ensuite maintenues pendant au moins 2 h, ou jusqu'à ce qu'il soit démontré par des moyens appropriés que les températures stabilisées ont été atteintes.

NOTE 3 – Une température est définie comme stabilisée lorsque l'échauffement est inférieur à 2 K pendant la dernière heure d'essai.

NOTE 4 – Si les courants d'excitation de base diffèrent des valeurs spécifiées, les essais sont à effectuer avec les valeurs de base.

8.1.2 Ventilation durant les essais d'échauffement

Les essais doivent être effectués avec la ventilation disposée comme en service, en laissant en place tous les organes susceptibles d'influencer l'échauffement de la machine y compris tout gainage ou filtre considéré comme faisant partie du véhicule, ou avec un montage conduisant à des conditions de fonctionnement équivalentes.

En cas de refroidissement par ventilation forcée, la pression statique et le débit d'air doivent être mesurés à l'entrée de la machine et un tableau de correspondance entre ces grandeurs sera établi.

En général, aucune ventilation correspondant à celle produite par le mouvement du véhicule ne doit être prévue; toutefois, dans des cas spéciaux tels que celui de moteurs de traction complètement fermés où l'effet de cette ventilation est particulièrement important, elle pourra être employée après accord entre le constructeur et l'exploitant.

8 Type tests

8.1 Temperature-rise tests

8.1.1 General

The tests shall be carried out at the guaranteed ratings except that the user and manufacturer may agree that main alternators be tested as follows:

- a) a test at the rated frequency with the terminals short-circuited and the excitation adjusted to give an output current deemed to produce practically the same stator winding temperature rise as would a load test at the continuous rating at lower voltage;
- b) a test at the rated frequency on open circuit with the excitation adjusted to the value specified for the continuous rating at higher voltage.

When the output of an alternator is rectified, it shall be type tested with its rectifier or with one having similar characteristics.

If one or more of the following conditions apply, the tests shall be carried out with voltage and current waveforms closely resembling those in service:

- 1) if the ripple factor of the load current in service exceeds 10 % of the guaranteed rating;
- 2) if the excitation is pulse controlled.

If it is not practicable to meet this requirement, a method taking into account the effect of the difference between the test and service supplies shall be agreed between user and manufacturer.

NOTE 1 – In the case of machines operating on rectified single-phase alternating current at power frequency (50 Hz or 60 Hz) the tests may be carried out using the supply frequency of the place of manufacture whether or not this differs from that of the place of use, provided that the current ripple factor is not less than that in service. The error in the results will be negligible and correction will not be necessary.

NOTE 2 – In the case of continuous rating tests, the time to attain steady temperatures may be shortened by commencing the tests 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 3 – Steady temperature is defined as a change in temperature rise of less than 2 K during the final hour of test.

NOTE 4 – If the declared excitation current differs from the specified value, the tests have to be carried out with the declared value.

8.1.2 Ventilation during temperature-rise tests

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

Where cooling is by forced ventilation, the static pressure and the air flow shall be measured at the air inlet of the machine 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 employed if agreed between manufacturer and user.

8.1.3 Appréciation des résultats

Les échauffements des enroulements, collecteurs et bagues à l'origine du refroidissement ne doivent pas dépasser les valeurs données au tableau 2.

8.1.4 Limites d'échauffement

Les différentes classes de matériaux isolants sont définies dans la CEI 60085.

Le tableau 2 donne les limites admissibles des échauffements mesurés au banc d'essai par rapport à la température de l'air de refroidissement, pour les enroulements et autres parties isolées en fonction de différentes classes des matériaux utilisés actuellement dans la construction des machines auxquelles cette norme s'applique.

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

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

Partie de la machine	Méthode de mesure	Classe d'isolation			
		B	F	H	200
Enroulements fixes ou enroulements tournants d'excitation des alternateurs ou des moteurs synchrones	Résistance	130 K	155 K	180 K	200 K
Tous autres enroulements tournants	Résistance	120 K	140 K	160 K	180 K
Collecteurs ou bagues (voir note)	Thermomètre électrique	120 K	120 K	120 K	120 K
Rotors à cage Enroulements amortisseurs	Thermomètre électrique	L'échauffement ne doit pas atteindre un niveau risquant d'endommager les autres bobinages ou d'autres parties de la machine			

Pour les machines entièrement fermées, les limites du tableau 2 sont augmentées de 10 K.

Quand les machines sont directement ou indirectement soumises au rayonnement d'un moteur thermique ou de toute autre source de chaleur, l'adoption de limites d'échauffement inférieures à celles spécifiées au tableau 2 peut faire l'objet d'un accord préalable entre le constructeur et l'exploitant.

NOTE – La température du collecteur n'est que l'un des nombreux facteurs influant sur les qualités de la commutation et, bien qu'en général la commutation soit améliorée par une réduction de la température, ce n'est pas toujours le cas.

8.1.5 Essai d'échauffement de surcharge de courte durée

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

Pour l'enroulement critique (voir note 1), la température de départ donnée dans le tableau 3 pourra être obtenue par la méthode suivante. A la suite d'un essai en charge préliminaire, le relevé de la courbe de refroidissement de l'enroulement critique sera poursuivi. L'instant où son échauffement atteindra la valeur de «début d'essai» du tableau 3 (voir note 4) sera prédéterminé par extrapolation de la courbe avec une anticipation ne dépassant pas 5 min avant la dernière lecture (voir notes 2 et 3). La surcharge spécifiée doit alors être appliquée à cet instant prédéterminé avec les conditions normales de ventilation et doit être maintenue pendant la durée spécifiée, après quoi l'essai doit être arrêté et l'échauffement déterminé par une mesure de la résistance dans les conditions de A.5.

8.1.3 Judgement of results

The temperature rises of the windings, commutators or slip rings at the "commencement of cooling" shall not exceed the values given in table 2.

8.1.4 Limits of temperature rise

The different classes of insulating materials are defined in IEC 60085.

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 machines to which this standard applies.

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 or other ratings

Part of machine	Method of measurement	Insulation class			
		B	F	H	200
Stationary winding or rotating field windings of alternators or synchronous motors	Resistance	130 K	155 K	180 K	200 K
All other rotating windings	Resistance	120 K	140 K	160 K	180 K
Commutators or slip rings (see note)	Electrical thermometer	120 K	120 K	120 K	120 K
Cage rotors Damping windings	Electrical thermometer	The temperature rise shall not be sufficient to endanger any windings or other parts			

For totally enclosed machines, limits of table 2 are increased by 10 K.

Where the machines 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.

NOTE – Commutator temperature is only one of many factors affecting commutation and, whilst in general commutation improves with reduction in temperature, this is not invariably the case.

8.1.5 Short-time overload temperature-rise 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 rating test, the starting temperature rise given in table 3 may be obtained by continuing to plot the cooling curve for the critical winding (see note 1), until the time at which its temperature rise will reach the "start" value given in table 3 (see note 4) can be predicted by extrapolating the curve for a period not exceeding 5 min ahead of the last reading (see notes 2 and 3). 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 determined by resistance measurement in accordance with A.5.

Si l'échauffement ainsi mesuré ne diffère pas de plus de 20 K de la valeur finale du tableau 3, un calcul de correction pourra être effectué sur le courant ou la durée assignés, afin de conduire aux échauffements du tableau 3.

Si l'échauffement final mesuré diffère de plus de 20 K de la valeur du tableau 3, l'essai doit être répété avec des valeurs corrigées de courant ou de durée.

Tableau 3 – Valeurs des échauffements pour les régimes de surcharge de courte durée

Partie de la machine	Classe thermique			
	B	F	H	200
Enroulements fixes ou enroulements tournants d'excitation des alternateurs ou des moteurs synchrones – valeur au début de l'essai – valeur finale	85 K 130 K	100 K 155 K	120 K 180 K	130 K 200 K
Tous autres enroulements tournants – valeur au début de l'essai – valeur finale	75 K 120 K	85 K 140 K	100 K 160 K	110 K 180 K

NOTE 1 – L'enroulement critique d'une machine à collecteur est normalement son induit. Pour les machines polyphasées, cet enroulement est normalement le stator.

NOTE 2 – Si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur, les températures d'autres parties de la machine (par exemple la cage rotorique, le collecteur, les roulements, etc.) peuvent être mesurées.

NOTE 3 – Pour les machines totalement fermées, il convient d'augmenter de 10 K les valeurs d'échauffement données au tableau 3.

NOTE 4 – Pour obtenir l'échauffement de début d'essai, une autre méthode peut être employée après accord entre le constructeur et l'exploitant.

8.2 Essais et tolérances caractéristiques

8.2.1 Généralités

Les essais nécessaires pour démontrer la conformité avec les caractéristiques spécifiées sont des essais en charge effectués sur la machine chaude suivant toute méthode appropriée (des exemples sont donnés à l'annexe B). La mesure directe des puissances d'entrée et de sortie ne doit être utilisée que si des équipements de mesure de haute précision sont disponibles. Les valeurs de rendement calculées à partir des essais doivent être corrigées pour être ramenées à la température de référence, ainsi que toutes les autres valeurs si cette correction est importante.

Les relevés de caractéristiques des machines fonctionnant sous courant ondulé peuvent être effectués sous courant continu. Dans ce cas, les pertes Joule additionnelles provoquées par le courant ondulé doivent être prises en compte pour le calcul du rendement suivant les indications données à l'annexe B.

Les relevés de rendement et de pertes ne sont requis que pour les machines devant être soumises aux essais de type complets définis en 7.1.2.

Les machines réversibles doivent être essayées dans les deux sens de rotation.

8.2.2 Moteurs de traction à collecteur

8.2.2.1 Des relevés en nombre suffisant (par exemple quatre ou cinq pour chaque courbe) doivent être effectués pour permettre le tracé des courbes caractéristiques de base correspondant aux caractéristiques spécifiées.

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.

Table 3 – Temperature rise for short-time overload rating

Part of machine	Insulation class			
	B	F	H	200
Stationary windings or rotating field windings of alternators or synchronous motors – at start of test – final	85 K 130 K	100 K 155 K	120 K 180 K	130 K 200 K
All other rotating windings – at start of test – final	75 K 120 K	85 K 140 K	100 K 160 K	110 K 180 K

NOTE 1 – The critical winding of commutator type machines is normally the armature. For polyphase machines it is normally the stator.

NOTE 2 – If agreed between user and manufacturer, the temperature of other parts (e.g. the rotor cage, commutator, bearings, etc.) may be measured.

NOTE 3 – For totally enclosed machines the temperature rises given in table 3 should be increased by 10 K.

NOTE 4 – An alternative method of obtaining the starting temperature rise may be employed if agreed between manufacturer and user.

8.2 Characteristic tests and tolerances

8.2.1 General

Tests to demonstrate compliance with the specified characteristics may be by any suitable method (examples being given in annex B), load tests being carried out with the machine hot. Direct measurement of input and output shall be used only if measuring equipment of high accuracy is available. Efficiency values calculated from tests shall be corrected to the reference temperature, as shall other results if the correction is significant.

Characteristic tests on pulsating current machines may be carried out on d.c., in which case additional resistance losses due to pulsating current as given in annex B shall be taken into account when calculating the efficiency.

Efficiency or loss tests are required only on those machines which are to be fully type tested as defined in 7.1.2.

Reversible machines shall be tested in both directions of rotation.

8.2.2 Commutator type traction motors

8.2.2.1 Sufficient test readings (for example four or five for each curve) shall be taken to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be plotted.

Les courbes caractéristiques de base vitesse/intensité doivent être obtenues en portant la moyenne des vitesses des quatre premières machines essayées. Ces valeurs moyennes ne doivent pas différer des valeurs correspondantes spécifiées d'un écart supérieur aux tolérances de calcul données au tableau 4. Les vitesses de chaque machine ne doivent pas s'écarter des vitesses correspondantes sur la caractéristique de base d'une valeur supérieure aux tolérances de fabrication définies dans le même tableau.

Les courbes caractéristiques de base couple/courant doivent être calculées à partir des courbes caractéristiques vitesse/courant en utilisant des valeurs de rendement déterminées lors de l'essai de type.

NOTE – Comme indiqué en 5.4, les caractéristiques de base de freinage peuvent soit être calculées à partir des essais en moteur, soit déduites d'essais en freinage. Les caractéristiques de freinage ne comportent pas de tolérance, la conformité de la machine avec les caractéristiques électromagnétiques de base spécifiées ayant été démontrée lors des essais en moteur.

8.2.2.2

Tableau 4 – Tolérances sur la vitesse des moteurs de traction à collecteur

Condition d'excitation ou taux d'excitation	Tolérance de calcul %		Tolérance de fabrication %	
	Point Car1	Point Car2	Point Car1	Point Car2
Champ maximal	± 5	± 3	± 3,5	± 3
Champ compris entre 100 % et 50 % du champ maximal	± 6	± 4	± 5	± 3
Champ inférieur à 50 % du champ maximal	± 7	± 5	± 7	± 5

Le point Car1 correspond soit au courant indiqué sur la courbe caractéristique spécifiée ou la courbe caractéristique type, pour une vitesse égale à 80 % de la vitesse maximale d'utilisation, soit au courant minimal indiqué si la vitesse à ce point est inférieure à 80 % de la vitesse maximale d'utilisation (voir figure 1).

Le point Car2 correspond à 90 % du courant maximal indiqué sur la courbe caractéristique (voir figure 1).

Entre ces deux points, les tolérances doivent varier linéairement en fonction du courant.

Lorsque les caractéristiques d'une machine à excitation séparée diffèrent de celles de la figure 1 de sorte que le tableau 4 ne peut être appliqué (par exemple une caractéristique montante), les tolérances doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et exploitant.

NOTE – Une telle machine pourrait être traitée de façon analogue à une génératrice principale (voir 8.2.3) en ce sens que la caractéristique vitesse/courant peut être modifiée à la suite des essais de type avec, pour les essais de série, des valeurs modifiées de la tolérance sur la vitesse. Il convient que tout ajustement de l'excitation spécifiée soit dans les possibilités du système de contrôle et du ou des régimes garantis pour l'enroulement de champ.

Les tolérances doivent être majorées de 1 % dans le cas de moteurs de puissance assignée garantie inférieure à 75 kW.

Les valeurs de base des courants d'excitation des moteurs à excitation séparée et les taux d'excitation des moteurs à excitation série peuvent s'écarter des valeurs spécifiées sous réserve qu'elles restent compatibles avec le dimensionnement de l'équipement de réglage d'excitation.

Declared speed/current curves shall be produced by plotting the average of the speeds of the first four machines tested. These averages shall not vary from the corresponding specified values by more than the design tolerances given in table 4 and the speed of any individual machine shall not differ from the corresponding declared speed by more than the manufacturing tolerances listed in the same table.

The declared torque/current curves shall be calculated from the speed/current curves using efficiency values derived from the type test.

NOTE – As stated in 5.4, declared braking characteristics may either be calculated from the declared motoring characteristics or be derived from tests in the braking mode. Braking characteristics are not toleranced, compliance of the machine with the specified basic electro-magnetic characteristics having been demonstrated in the motoring mode.

8.2.2.2

Table 4 – Tolerances on the speed of commutator type traction motors

Excitation condition or effective field ratio	Design tolerance %		Manufacturing tolerance %	
	Point Ch1	Point Ch2	Point Ch1	Point Ch2
Maximum	± 5	± 3	± 3,5	± 3
Between maximum and 50 %	± 6	± 4	± 5	± 3
Less than 50 %	± 7	± 5	± 7	± 5

Point Ch1 is the current shown on the relevant specified or declared curve at 80 % of the maximum working speed, or the minimum current shown if the speed at that point is less than 80 % of the maximum working speed (see figure 1).

Point Ch2 is at 90 % of the maximum current shown on the relevant curve (see figure 1).

Between these points the tolerances shall be linearly graded with respect to current.

Where the characteristics of a separately excited machine differ from figure 1 such that table 4 cannot be applied (for example a rising characteristic) the tolerance shall be agreed between manufacturer and user.

NOTE – Such a machine could be treated similarly to a main generator (see 8.2.3) in that the speed/current characteristic may be modified following the type test with the tolerance on speed for the routine test at the modified values. Any adjustment to the specified excitation should be within the capability of the control system and of the field winding guaranteed rating(s).

The tolerances shall be increased by 1 % in the case of motors with a guaranteed rated output below 75 kW.

The declared excitation currents of a separately excited motor and the effective field ratios of a series excited one may differ from the specified values provided they remain within the capacity of the excitation control equipment.

8.2.2.3 Les pertes au régime garanti ne doivent pas dépasser de plus de 15 % les valeurs déduites des caractéristiques spécifiées.

NOTE – Lorsque, pour les pertes de transmission, on utilise une valeur conventionnelle et non une valeur mesurée, il convient que la comparaison entre les pertes spécifiées et les pertes mesurées soit limitée aux pertes de la seule machine.

8.2.3 Génératrices principales (voir figure 2)

8.2.3.1 Les alternateurs prévus pour fonctionner avec redressement à la sortie doivent normalement être essayés avec un redresseur approprié. Un alternateur sans balai et son excitatrice doivent être considérés comme une machine unique.

S'il n'est pas possible d'essayer les alternateurs principaux à pleine puissance, des essais à vide et en court-circuit doivent être effectués pour vérifier les caractéristiques et déterminer le rendement par la méthode de sommation des pertes, comme il est indiqué à l'annexe B. Le détail des essais doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

8.2.3.2 Dans le cas de génératrices régulées, les courbes doivent être établies sur la base de la moyenne des essais des quatre premières machines; un nombre suffisant de relevés doit être effectué pour permettre l'établissement des courbes caractéristiques de base directement à partir des mesures ou par calcul à partir des résultats d'essais à vide et en court-circuit.

A ce stade, le constructeur doit avoir la liberté de modifier les valeurs d'excitation, les valeurs fixées devant alors être maintenues pour tous les essais ultérieurs. On doit démontrer aussi que le courant d'excitation nécessaire pour atteindre les caractéristiques de base est compatible avec le dimensionnement du système de régulation.

Le courant maximal et la tension maximale indiqués sur la partie régulée de la caractéristique de base de pleine puissance (points Car1 et Car2) ne doivent pas s'écarter de plus de ± 5 % des valeurs indiquées sur les courbes caractéristiques spécifiées.

8.2.3.3 Dans le cas d'une génératrice fonctionnant sur ses caractéristiques intrinsèques, des relevés en nombre suffisant doivent être effectués sur les quatre premières machines essayées pour permettre le tracé des caractéristiques de base à partir des moyennes des quatre essais. Les valeurs d'excitation peuvent être modifiées par rapport aux courbes caractéristiques spécifiées, mais les valeurs choisies doivent alors être maintenues pour tous les essais ultérieurs.

Le courant maximal, la tension au courant assigné et la tension à vide (points Car1, Car2 et Car3) ne doivent pas s'écarter de plus de ± 5 % des valeurs portées sur les courbes spécifiées.

8.2.3.4 Dans le cas de génératrices régulées comme dans celui de génératrices fonctionnant sur ses caractéristiques intrinsèques, les pertes aux deux régimes continus (définis en 3.2.2) ne doivent pas dépasser la valeur spécifiée de plus de 15 %.

8.2.4 Moteurs auxiliaires

Des relevés en nombre suffisant doivent être effectués sur les quatre premières machines essayées pour permettre l'établissement des courbes de base correspondant aux caractéristiques spécifiées à partir de la moyenne des relevés.

En complément, les courbes de base de la vitesse et du couple (ou de la puissance utile) doivent être déterminées à la tension maximale et à la tension minimale de la machine si elles diffèrent de plus de ± 5 % de la valeur assignée.

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

NOTE – When a conventional rather than a measured value is used for the transmission losses, the comparison between specified and declared losses should be based on the machine losses only.

8.2.3 Main generators (refer to figure 2)

8.2.3.1 Alternators designed to operate with rectified output shall normally be tested with a suitable rectifier. A brushless alternator and its exciter shall be regarded as a single machine.

If it is not practicable to test main alternators at full power, suitable open-circuit and short-circuit tests shall be carried out to prove the characteristics and determine the efficiency by summation of losses method, in accordance with annex B. The details of the tests shall be agreed between user and manufacturer.

8.2.3.2 In the case of a regulated generator, sufficient readings shall be taken to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be plotted directly from the readings or by calculation from the results of open-circuit and short-circuit tests. The curves shall be based on the average of tests on the first four machines.

At this stage the manufacturer shall be free to modify the excitation values, the new values being maintained for all subsequent tests. It shall also be demonstrated that the excitation required to produce the declared characteristics is within the capacity of the regulating equipment.

The maximum current and the maximum voltage shown on the regulated portion of the full power declared characteristic (points Ch1 and Ch2) shall not vary from the corresponding values on the specified curves by more than $\pm 5\%$.

8.2.3.3 In the case of an inherent characteristic generator, sufficient readings shall be taken on the first four machines tested to enable the declared characteristics to be plotted as the average of the four results. The excitation values may be modified from those of the specified curves, but the revised values shall then be retained for all subsequent tests.

The declared maximum current, the voltage at the rated current and the open-circuit voltage (points Ch1, Ch2 and Ch3) shall not vary from the corresponding values on the specified curve by more than $\pm 5\%$.

8.2.3.4 For both regulated and inherent characteristic generators the losses at the two continuous ratings (defined in 3.2.2) shall not exceed the specified value by more than 15 %.

8.2.4 Auxiliary motors

Sufficient readings shall be taken on the first four machines tested to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be derived from the average of the readings.

In addition, declared speed and torque (or output) curves shall be determined at the maximum and minimum machine voltages if these differ by more than $\pm 5\%$ from the rated value.

Les courbes caractéristiques de base pour des valeurs de courants entre 0,8 et 1,2 fois le régime garanti ne doivent pas différer des caractéristiques spécifiées de plus de ± 5 %.

Les pertes au régime garanti ne doivent pas dépasser la valeur spécifiée de plus de 15 %.

8.2.5 Génératrices auxiliaires

Un nombre suffisant de relevés doit être effectué lors des essais des quatre premières machines pour permettre l'établissement des courbes de base correspondant aux caractéristiques spécifiées à partir de la moyenne des valeurs relevées. Pour les machines utilisées avec un régulateur de tension, au moins un essai doit être effectué avec le régulateur en service.

La tension de sortie mesurée d'une génératrice non régulée ne doit pas s'écarter de plus de ± 5 % de la caractéristique spécifiée pour tous les points de fonctionnement compris entre la marche à vide et le régime garanti. La tolérance de tension d'une génératrice régulée est fonction des caractéristiques du régulateur et non de celles de la machine. Les courants d'excitation peuvent s'écarter des valeurs spécifiées sous réserve qu'ils restent compatibles avec le dimensionnement du régulateur.

Les pertes au régime garanti ne doivent pas dépasser les valeurs spécifiées de plus de 15 %.

De plus, les caractéristiques à vide et en court-circuit des alternateurs doivent être relevées à la vitesse assignée et des caractéristiques moyennes doivent être établies pour servir de référence pour les essais de série.

8.2.6 Groupes moteurs générateurs auxiliaires et convertisseurs tournants

Un nombre suffisant de relevés doit être effectué lors des essais des quatre premières machines pour permettre l'établissement des courbes de base correspondant aux caractéristiques spécifiées à partir de la moyenne des valeurs relevées. Dans le cas des machines régulées, au moins un essai doit être effectué avec le régulateur en service.

Pour des machines non régulées, la caractéristique de base de la tension de sortie ne doit pas différer de la caractéristique spécifiée de plus de ± 5 % pour tout point de fonctionnement compris entre la marche à vide et le courant assigné. Sauf spécification particulière, la caractéristique courant-vitesse ne comporte pas de tolérances.

Les tolérances de tension et de fréquence d'une machine régulée sont fonction des caractéristiques du régulateur et non de celles de la machine.

Le courant d'excitation d'une machine régulée à tout point de fonctionnement sur la caractéristique de base doit se situer dans une plage prédéterminée. Celle-ci peut différer de la plage spécifiée sous réserve que les valeurs corrigées restent compatibles avec le dimensionnement du régulateur.

Les pertes de la machine au régime garanti ne doivent pas dépasser de plus de 15 % la valeur spécifiée sauf pour les machines entraînant une charge externe; dans ce cas la puissance absorbée pour le régime garanti ne doit pas dépasser la valeur spécifiée de plus de 5 %.

The declared characteristic curves for current values between 0,8 and 1,2 times the guaranteed rating shall not differ from the specified characteristics by more than $\pm 5\%$.

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

8.2.5 Auxiliary generators

Sufficient readings shall be taken on the first four machines tested to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be derived from the average of the readings. For machines operating with a voltage regulator, at least one of these tests shall be carried out with the regulator in circuit.

The declared output voltage of an unregulated generator shall not differ by more than $\pm 5\%$ from the specified characteristic at any point between open circuit and the guaranteed rating. The tolerance on the voltage of a regulated generator is a function of the regulator characteristics and not that of the machine. The excitation currents may differ from the specified values provided they remain within the capacity of the regulator.

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

In addition, the open-circuit and short-circuit characteristics of alternators shall be measured at the rated speed and the average characteristics drawn to form the basis for routine test evaluation.

8.2.6 Auxiliary motor-generator sets and rotary converters

Sufficient readings shall be taken on the first four machines tested to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be derived from the average of the readings. In the case of regulated machines, at least one test shall be carried out with the regulators in circuit.

For unregulated machines, the declared output voltage characteristic shall not differ from the specified characteristic by more than $\pm 5\%$ at any point between open circuit and the rated current. Unless specified otherwise, the speed-current characteristic is not toleranced.

The tolerances on the voltage and frequency of a regulated machine are functions of the characteristics of the regulators and not those of the machine.

The exciting current of a regulated machine operating at any point on the declared characteristic shall be within the declared range. This may differ from the specified range provided the revised values are within the capacity of the regulator.

The losses of the machine at the guaranteed rating shall not exceed the specified value by more than 15 % except for machines driving an external load, in which case the input at the guaranteed rating shall not exceed the specified value by more than 5 %.

8.3 Essais de commutation

8.3.1 Généralités

Les essais de commutation doivent être effectués en conformité avec la CEI 60638. Les essais de commutation doivent être supportés par les machines sans détérioration mécanique ni amorçage, ni dommage permanent, les dommages permanents étant ceux susceptibles d'affecter le fonctionnement correct de la machine postérieurement à l'exécution de l'essai.

Les essais doivent être exécutés avec une machine chaude, chaque point d'essai étant maintenu pendant une durée inférieure ou égale à 30 s. Si, à la suite d'essais à courant élevé, la machine présente des signes d'échauffement excessif, on pourra effectuer des fonctionnements à régime réduit afin de ramener la température de fonctionnement à une valeur plus normale.

Les machines fonctionnant en excitation séparée ou compound doivent être essayées avec des courants d'excitation appropriés au point d'essai considéré.

Les machines doivent être essayées pour chacun des sens de rotation utilisés en service dans l'application particulière. Les balais ne doivent pas être déplacés entre les essais pour les différents sens de rotation.

Les essais peuvent être exécutés dans n'importe quel ordre désiré en ce qui concerne les courants ou les sens de rotation. Quand le sens de rotation est inversé, la machine peut être stabilisée pendant une durée qui ne dépasse pas 15 min à un régime de vitesse et de courant choisi pour permettre d'assurer une portée convenable des balais sur le collecteur pour ce nouveau sens de rotation.

Les machines ne tournant normalement que dans une seule direction doivent fonctionner pendant un temps suffisant pour s'assurer d'un rodage complet des balais avant chaque point d'essai.

Les moteurs à courant alternatif et à courant ondulé doivent être essayés à la fréquence assignée pour les moteurs à courant alternatif et à la fréquence d'ondulation en service ainsi qu'avec le taux d'ondulation assigné pour les moteurs à courant ondulé. Dans certains cas, à la fréquence d'ondulation en service, la fréquence peut être modifiée conformément à la note 1 de 8.1.1.

8.3.2 Moteurs de traction (voir figure 1)

Les essais de commutation doivent être effectués aux points suivants.

- Point de commutation n° 1 (Com1): à la vitesse maximale indiquée sur la caractéristique, le moteur absorbant le courant maximal qui peut être rencontré à cette vitesse en service.
- Point de commutation n° 2 (Com2): au courant correspondant au régime garanti.
- Point de commutation n° 3 (Com3): au courant maximal indiqué sur la courbe caractéristique.

Les essais aux points Com2 et Com3 doivent être effectués aux niveaux maximaux et minimaux d'excitation rencontrés pour ces points en service.

La tension d'essai doit être choisie comme suit:

- pour les moteurs alimentés directement ou indirectement à partir d'une ligne de contact:
 - tension correspondant à la tension la plus élevée du réseau;
- pour les moteurs d'un véhicule thermo-électrique:
 - tension aux bornes du moteur correspondant au fonctionnement sur la caractéristique de puissance maximale de la génératrice principale;

8.3 Commutation tests

8.3.1 General

Commutation test results shall be recorded in accordance with IEC 60638. The tests shall be withstood by the machines without mechanical deterioration, flashover or permanent damage, permanent damage being that which would affect the satisfactory operation of the machine after completion of the test.

The tests shall be carried out with the machine hot, each test point being held for not more than 30 s. If a machine shows signs of excessive heating following the test points at high current, it may be run for a period at low current to cool it to a more normal operating temperature.

Machines which operate with separate or compound excitation shall be tested with the appropriate excitation conditions for each point.

Machines shall be tested in each direction of rotation which occurs in service for the particular application. The brushes shall not be disturbed between tests in different directions of rotation.

The tests may be carried out in any desired sequence of currents and rotations. Whenever rotation is reversed, the machine may be run in the new direction for not more than 15 min at a current and speed chosen to achieve acceptable contact conditions between the brushes and the commutator.

Machines tested in one direction only shall have run for a sufficient time to ensure that the brushes are fully bedded in before each test point.

Alternating and pulsating current motors shall normally be tested at the rated frequency for a.c. motors, and at the service pulsation frequency and current ripple factor for pulsating current motors. In certain cases, the frequency may be altered in accordance with note 1 to 8.1.1.

8.3.2 Traction motors (refer to figure 1)

Commutation tests shall be made at the following points.

- Commutation point number 1 (Com1): at the maximum speed shown on the characteristic with the motor taking the highest current which can normally be drawn at this speed in service.
- Commutation point number 2 (Com2): at the guaranteed rating current.
- Commutation point number 3 (Com3): at the maximum current shown on the relevant curve.

Tests Com2 and Com3 shall be carried out at the maximum and minimum excitation used at these points in service.

The test voltage shall be chosen as follows:

- for motors supplied either directly or indirectly from a contact system:
 - the voltage corresponding to the highest voltage of the system;
- for motors for thermo-electric vehicles:
 - the voltage at the motor terminals when operating on the full power characteristic of the main generator;

- pour les moteurs alimentés par batterie:
 - tension correspondant à la tension à vide de la batterie complètement chargée.

Si, lors de l'exécution des essais aux points Com2 et Com3, aux tensions indiquées ci-dessus, la vitesse du moteur dépasse celle au point Com1, la tension doit être réduite pour obtenir la vitesse correspondant à ce point.

Si, dans l'un quelconque des cas ci-dessus, la tension maximale qui peut être appliquée au moteur est limitée par des dispositifs de commande, les essais doivent être effectués à cette tension.

De plus, dans le cas de moteurs à excitation série connectés en permanence en série et ne comportant ni couplage mécanique ni système automatique de protection antipatinage, un essai de commutation doit être effectué au champ maximal pour un courant réglé à un niveau tel que le moteur fonctionne à sa vitesse maximale lorsqu'il est alimenté à 1,5 fois sa tension assignée pour un moteur alimenté par une ligne de contact ou une batterie, ou à 1,5 fois sa tension maximale pour un moteur utilisé sur un véhicule thermo-électrique.

NOTE – L'utilisation d'équipements dont l'action est limitée à la détection du patinage et qui laisse l'initiative des réactions correctives à la diligence du conducteur ne dispense pas de cet essai.

Les moteurs devant fonctionner en freinage rhéostatique ou freinage par récupération doivent subir des essais de commutation à un nombre de points suffisant (par exemple quatre ou cinq) de vitesse et de courant à l'intérieur de l'enveloppe des courbes caractéristiques de freinage.

Si les caractéristiques des circuits de freinage rhéostatique ou par récupération sont telles que, en service, le taux d'ondulation de courant unidirectionnel est supérieur à 10 %, les essais de commutation en freinage doivent être effectués dans les conditions s'approchant le plus possible de celles existant en service.

8.3.3 Génératrices principales (voir figure 2)

Les essais de commutation doivent être effectués pour les points suivants sur la caractéristique de pleine puissance comme indiqué à la figure 2.

- Com1: fonctionnement à l'intensité de courant maximale;
- Com2: fonctionnement à l'intensité de courant correspondant au régime continu à la tension la plus basse;
- Com3: fonctionnement à l'intensité de courant correspondant au point de décharge ou, pour un générateur non régulé, à une intensité égale à 50 % de celle correspondant au point Com2.

8.3.4 Moteurs et génératrices auxiliaires et groupes moteurs-générateurs

Les essais de commutation doivent être effectués pour, au maximum, quatre points de fonctionnement sélectionnés pour couvrir toute l'étendue des caractéristiques de la machine aux tensions maximales et minimales définies en 3.5.

8.4 Essais en régime transitoire

8.4.1 Généralités

Des essais en régime transitoire doivent être effectués pour les moteurs à courant continu et à courant ondulé alimentés directement ou indirectement à partir de la ligne de contact. Ces essais ne sont pas exigés si l'alimentation de la machine comporte un équipement électronique qui, en cas d'interruption ou de coupure brusque de la tension, limite le courant à une valeur inférieure ou égale à la valeur maximale indiquée sur la caractéristique.

- for motors supplied from a battery:
 - the voltage corresponding to the no-load voltage of a fully charged battery.

If, in carrying out tests Com2 and Com3 at the voltage specified above, the motor speed is higher than that for Com1, the voltage shall be reduced to give the latter speed.

If, in any of the above cases, the maximum voltage which can be applied to the motor is limited by control means, the tests shall be carried out at the limited voltage.

In addition, for series excited motors permanently connected in series without either mechanical coupling or automatic anti-slip protection, a commutation test shall be made at maximum field with the load current adjusted so that the motor runs at its maximum working speed when supplied at 1,5 times its rated voltage for a line or battery supplied motor, or at 1,5 times its maximum voltage for a thermo-electric vehicle motor.

NOTE – Equipment which only indicates the presence of wheelslip and leaves corrective action to the driver is not sufficient to give exemption from the test.

Motors used for regenerative or rheostatic braking shall be tested at a reasonable number of values (for example four or five) of speed and current within the envelope of the braking characteristic curves.

If the regenerative or rheostatic braking circuit used in service is such that the unidirectional current ripple is greater than 10 %, commutation tests in the braking mode shall be carried out under conditions closely resembling those in service.

8.3.3 Main generators (refer to figure 2)

Commutation tests shall be made at the following points on the full power characteristic as shown in figure 2.

- Com1: the maximum current;
- Com2: the current at the continuous rating at lower voltage;
- Com3: the current at the unloading point or, for an unregulated generator, 50 % of the current for test Com2.

8.3.4 Auxiliary motors and generators and motor-generator sets

Commutation tests shall be carried out at not more than four points chosen to cover the whole extent of the machine characteristic at the maximum and minimum voltages as defined in 3.5.

8.4 Transient tests

8.4.1 General

Transient tests shall be carried out on d.c. and pulsating current motors supplied directly or indirectly from a contact system. They are not required if the supply to the machine includes electronic equipment which limits the current on re-connection after an interruption or following a voltage jump to a value not exceeding the maximum shown on the characteristic.

La machine doit supporter chaque essai sans détérioration mécanique, ni amorçage ou dommage permanent, un dommage permanent étant compris comme un défaut qui empêcherait le fonctionnement normal de la machine après l'essai.

Il est reconnu que, pour les moteurs de grande puissance, des limitations inhérentes à la plate-forme d'essais peuvent empêcher le déroulement de l'essai suivant la procédure spécifiée. Dans de tels cas, le constructeur et l'exploitant doivent se mettre d'accord sur une procédure modifiée.

8.4.2 Moteurs de traction et moteurs des groupes moteurs-générateurs principaux

L'essai doit être réalisé à l'aide d'un interrupteur manuel ou automatique destiné à couper l'alimentation provenant de la ligne de contact lorsque le moteur a atteint son courant assigné garanti, puis à la reconnecter environ 1 s après la coupure.

Si le circuit normal comprend un dispositif automatique d'insertion de résistance ou toute autre protection contre les courants excessifs de rétablissement, l'essai doit être effectué soit avec ce dispositif en service, soit avec un temps de coupure égal au temps de fonctionnement du dispositif.

La vitesse de rotation du moteur doit être maintenue aussi constante que possible pendant la période d'interruption.

Si l'affaiblissement de champ s'effectue par un moyen unique (shuntage du champ, changement de cran ou, dans le cas d'une excitation séparée, régulation du courant), l'essai doit être effectué trois fois au champ maximal et trois fois au champ minimal à un intervalle de quelques minutes en employant des systèmes d'affaiblissement de champ identiques ou équivalents à ceux employés en service.

Si, par contre, l'affaiblissement de champ s'effectue à certains niveaux par une méthode et à d'autres niveaux par une méthode différente, l'essai doit être effectué trois fois au niveau d'excitation maximal et trois fois au niveau d'excitation minimal correspondant à chacune des méthodes d'affaiblissement de champ utilisées.

On doit s'assurer à l'aide d'un enregistreur rapide approprié qu'à l'instant du rétablissement de la tension, la tension existant aux bornes du moteur (ou, si une inductance est branchée de façon permanente en série avec le moteur, la tension aux bornes du moteur et de l'inductance) est au moins égale à la tension correspondant à la tension la plus élevée du réseau d'alimentation et qu'ensuite elle ne tombe pas au-dessous de 0,9 fois la valeur correspondant à la tension nominale du réseau d'alimentation.

8.4.3 Moteurs auxiliaires, groupes moteurs-générateurs auxiliaires et convertisseurs tournants auxiliaires

Les essais doivent être effectués avec les équipements de contrôle et de protection permettant de simuler les conditions normales de service. Dans le cas d'un groupe moteur-générateur, les régulateurs de tension et de fréquence doivent être intégrés dans le circuit.

L'alimentation doit être interrompue et rétablie successivement à quatre reprises, de façon à permettre, entre les interruptions successives, le rétablissement du régime normal. Le moteur doit fonctionner pour cet essai à son régime garanti et au champ minimal de fonctionnement en service à ce régime. Deux essais doivent être effectués avec un intervalle d'environ 1 s entre l'interruption et le rétablissement de la tension, et deux autres essais avec un intervalle légèrement inférieur au temps de réaction du système de protection. La tension d'alimentation doit être conforme aux conditions définies en 8.4.2.

The machine shall withstand each test without mechanical deterioration, flashover or permanent damage, permanent damage being that which would prevent successful operation of the machine after the test.

It is recognized that for motors of high power, limitations of the test plant may prevent full compliance with the specified test procedure. In such cases, the manufacturer and the user shall agree on a modified procedure.

8.4.2 Traction motors and motors of main motor-generator sets

The test shall be made using a manual or automatic switch to interrupt the supply from the contact system when the motor is taking its guaranteed rated current followed by reconnection about 1 s after switching off.

If the normal circuit includes an automatic device to insert resistance or otherwise protect against excessive current on reconnection, the test shall be carried out with this device in circuit, or with a time interval equal to the operating time of the device.

The speed of rotation of the motor shall be maintained as constant as possible during the period of interruption.

If field weakening is effected by a single method (field diversion, tap changing or, in the case of separate excitation, regulation of current), the test shall be carried out three times at maximum field and three times at minimum field, at intervals of a few minutes, using field weakening devices identical or equivalent to those employed in service.

If, however, field weakening is obtained on some notches by one method and on other notches by a different one, the test shall be carried out three times at the maximum excitation and three times at the minimum excitation of each of the field weakening methods.

It shall be confirmed by a suitable transient recorder that at the instant of re-connection the motor terminal voltage (or, if an inductor is permanently connected in series with the motor, the voltage across the motor and inductor) is at least that corresponding to the highest system voltage, and that the voltage does not subsequently fall below 0,9 times the value corresponding to the nominal system voltage.

8.4.3 Auxiliary motors, auxiliary motor-generator sets and auxiliary rotary convertors

The tests shall be carried out with the motor equipped with control and protective gear simulating the normal service conditions. In the case of a motor-generator set the circuit shall include the voltage and frequency regulators.

The supply shall be interrupted and restored four times in succession, allowing the normal load conditions to be re-established between successive interruptions, the motor operating at its guaranteed rating with the weakest field that can be obtained at this point in service. Two tests shall be made with an interval of approximately 1 s between interruption and restoration and two with an interval marginally less than the operating time of the protective equipment. The supply voltage conditions shall be as defined in 8.4.2.

Dans le cas de machines qui peuvent récupérer sur le circuit principal du véhicule pendant la durée de l'interruption de l'alimentation, cette condition doit être simulée en court-circuitant la machine pendant l'interruption ou par tout autre moyen approprié. Cela n'est pas nécessaire si le circuit normal comprend des moyens (tels qu'une diode) afin d'empêcher d'une manière certaine le feed-back.

8.4.4 Essai de variation brusque de tension sur les moteurs auxiliaires, les groupes moteurs-générateurs auxiliaires et les convertisseurs tournants auxiliaires

La machine doit être alimentée à sa tension minimale au travers d'une résistance série qui, lorsqu'elle est court-circuitée, provoque une remontée de la tension jusqu'à son niveau maximal. Les systèmes de commande et de protection de la machine, y compris le régulateur de tension du générateur, doivent être aussi disposés dans le circuit.

L'essai doit être effectué cinq fois consécutives, les conditions de tension minimale étant rétablies entre chaque variation brusque de tension. On doit vérifier sur un enregistreur rapide que la tension d'alimentation après l'élimination de la résistance ne tombe pas au-dessous de la tension nominale du réseau d'alimentation.

Les moteurs auxiliaires entraînant des charges mécaniques doivent être essayés avec la charge normale du moteur en fonctionnement à la tension et au champ minimaux.

Les groupes moteurs-générateurs doivent être essayés à la puissance assignée garantie de la génératrice ou à la puissance maximale possible sous la tension d'alimentation minimale, si celle-ci est inférieure à la valeur assignée garantie.

8.5 Essais de court-circuit des alternateurs principaux et auxiliaires

Les alternateurs principaux et auxiliaires doivent être soumis à des essais qui simulent les conditions de défaut. Pour ces essais, le circuit doit comprendre les systèmes de protection et d'excitation existant en service ou leurs équivalents.

Chaque essai doit consister à la mise en court-circuit de la machine pendant une durée de 5 s, pour la vitesse assignée à vide et une valeur du courant d'excitation correspondant au régime garanti.

A l'issue de chaque essai, on doit constater le fonctionnement de la protection et vérifier que la machine ne présente aucun dommage électrique ou mécanique.

Le court-circuit doit être appliqué comme suit:

- alternateurs à sortie principale redressée:
un essai doit être effectué avec court-circuit du pont complet et un autre avec court-circuit d'un seul bras de pont;
- alternateurs à sortie principale alternative:
un essai doit être effectué en court-circuitant toutes les phases entre elles et un essai complémentaire en court-circuit simple entre phases ou, dans le cas d'un réseau à neutre directement mis à la terre, avec un court-circuit simple entre phase et neutre.

In the case of machines which can feed back into the main circuits of the vehicle during interruptions of supply, this condition shall be simulated by short-circuiting the machine during the interruption, or by other suitable means. This is not required if the normal circuit includes means (such as a diode), to positively prevent feedback.

8.4.4 Voltage jump test on auxiliary motors, auxiliary motor-generator sets and auxiliary rotary convertors

The machine shall be supplied at its minimum voltage through a series resistance which, when short-circuited, will cause the voltage to rise to the maximum value. The machine's normal control and protective gear, including the generator voltage regulator, shall also be in the circuit.

The test shall be carried out five times in succession, the minimum voltage conditions being restored between each voltage jump. It shall be confirmed by a transient recorder that the supply voltage, after the resistance is short-circuited, does not fall below that corresponding to the nominal system voltage.

Auxiliary motors driving mechanical loads shall be tested at the load normally imposed on the motor when operating at minimum voltage and field.

Motor-generator sets shall be tested with the generator delivering its guaranteed rated power or the maximum power it is capable of supplying at the minimum input voltage if this is less than the guaranteed rating.

8.5 Short-circuit tests on main and auxiliary alternators

Main and auxiliary alternators shall be subjected to tests which simulate fault conditions, using a test circuit which includes the protection and means of excitation provided in service or their equivalents.

Each test shall consist of a short circuit applied for 5 s with the machine operating at its rated speed on open circuit with the guaranteed rated value of excitation current.

At the conclusion of each test, it shall be shown that the protection has operated and that the machine has suffered no electrical or mechanical damage.

The short circuit shall be applied as follows:

- alternators supplying a mainly rectified output:
one test shall be made with the full rectifier bridge short-circuited and another with one bridge arm short-circuited;
- alternators supplying mainly a.c. loads:
one test shall be made with all phases short-circuited together and another with a single line-to-line short circuit or, in the case of a system with solidly earthed neutral, a single line-to-neutral short circuit.

8.6 Essais de démarrage

8.6.1 Généralités

Seules les machines des types suivants doivent être soumises à un essai de démarrage:

- a) moteurs monophasés à collecteur à courant alternatif destinés à la traction des locomotives ou d'autres véhicules prévus pour des fonctions de traction similaires;
- b) groupes moteurs-générateurs principaux;
- c) moteurs auxiliaires, les groupes moteurs-générateurs auxiliaires et les convertisseurs tournants auxiliaires.

8.6.2 Moteurs monophasés à courant alternatif pour locomotives

Normalement, sauf accord spécial lors de la commande, le moteur doit être essayé à son courant maximal pendant 1 min à chaud. L'alimentation doit être établie à la fréquence assignée et à une tension telle que la vitesse de rotation du moteur soit environ 5 % de sa vitesse maximale en service. La ventilation doit être équivalente à celle en service.

L'essai doit être effectué dans les deux sens de rotation et ne doit pas provoquer de dommage permanent du collecteur, un dommage permanent étant défini comme étant un dommage qui empêche le fonctionnement satisfaisant ultérieur de la machine en service.

8.6.3 Groupes moteurs-générateurs principaux

Les essais doivent être effectués avec l'appareillage normal de démarrage et de protection et, dans le cas de moteurs à courant alternatif, à la fréquence assignée.

Les moteurs prévus pour fonctionner en courant ondulé ou avec un réglage par impulsion doivent être essayés avec des conditions d'alimentation analogues à celles existant en service.

Le moteur doit être soumis à deux démarrages successifs à la tension minimale suivis de deux démarrages successifs à la tension maximale avec un intervalle de 5 min entre les démarrages. Le moteur doit être chargé de façon que le couple développé soit sensiblement identique à celui existant au démarrage dans les conditions de service.

Les démarrages doivent s'effectuer de façon satisfaisante sans échauffement excessif d'aucune partie de la machine, sans amorçage ni dommage permanent du collecteur. Pendant l'essai à la tension maximale, la tension ne doit pas descendre au-dessous de 0,9 fois la valeur maximale définie en 3.5. Si des limitations dues à l'installation d'essai empêchent d'obtenir ces conditions, le constructeur et l'exploitant peuvent convenir d'une procédure en variante.

8.6.4 Moteurs auxiliaires, groupes moteurs-générateurs auxiliaires et convertisseurs tournants auxiliaires

Les essais doivent être effectués avec l'appareillage normal de démarrage et de protection et, dans le cas de moteurs à courant alternatif, à la fréquence assignée.

Les moteurs prévus pour fonctionner en courant ondulé ou avec un réglage par impulsion doivent être essayés avec des conditions d'alimentation analogues à celles existant en service.

Le moteur doit être soumis à cinq démarrages successifs à la tension minimale, suivis de cinq démarrages à la tension maximale, avec un intervalle de 2 min entre les démarrages. Le moteur doit être chargé de façon que le couple développé soit approximativement identique à celui existant au démarrage dans les conditions de service.

8.6 Starting tests

8.6.1 General

The following types of machine shall be subjected to starting tests:

- a) single-phase a.c. commutator motors intended for driving locomotives and other vehicles intended for similar haulage duties;
- b) main motor-generator sets;
- c) auxiliary motors, auxiliary motor-generator sets and auxiliary rotary convertors.

8.6.2 Single-phase a.c. locomotive motors

Unless otherwise agreed when placing the order, the motor shall be run at its maximum current for 1 min when hot. The power supply shall be at the rated frequency with the voltage adjusted so that the motor rotates at about 5 % of its maximum working speed. The ventilation shall be equivalent to that when in service.

The test shall be carried out in both directions of rotation and shall not cause any permanent damage to the commutator, permanent damage being defined as that which would affect the subsequent satisfactory operation of the machine.

8.6.3 Main motor-generator sets

The tests shall be carried out with the normal starting and protective gear and, in the case of a.c. motors, at the rated frequency.

Machines intended to operate on pulsating current or with pulse control shall be tested with supply conditions closely resembling those in service.

The motor shall be subjected to two successive starts at minimum voltage followed by two at maximum voltage with a 5 min interval between each start. It shall be loaded so that the torque developed is approximately the same as when starting under service conditions.

The starting performance shall be satisfactory with no excessive temperature rise of any part of the machine, flashover or permanent damage to the commutator. During the tests at maximum voltage the machine voltage shall not fall below 0,9 times the maximum value as defined in 3.5. If test plant limitations prevent this being attained the manufacturer and the user may agree on an alternative procedure.

8.6.4 Auxiliary motors, auxiliary motor-generator sets and auxiliary rotary convertors

The tests shall be carried out with the normal starting and protective gear and, in the case of a.c. motors, at the rated frequency.

Machines intended to operate on pulsating current or with pulse control shall be tested with supply conditions closely resembling those in service.

The motor shall be subjected to five successive starts at minimum voltage followed by five at maximum voltage with an interval of 2 min between starts. It shall be loaded so that the torque developed is approximately the same as when starting under service conditions.

Les conditions d'alimentation et les performances à obtenir doivent être celles spécifiées en 8.6.3.

8.7 Essais de survitesse

Sauf accord contraire, les essais de survitesse sont des essais de type seulement pour les machines autres que les machines à collecteur ou à rotor bobiné. Les détails des essais sont donnés en 9.4.

8.8 Essais de vibration

8.8.1 Caractéristiques des vibrations générées en interne

Un mesurage quantitatif de vibrations est à considérer comme un essai de type.

La vitesse de vibration pour des vitesses de rotation jusqu'à 3 600 tr/min doit être en conformité avec les limites indiquées dans le tableau 1 de la CEI 60034-14 et ses notes. Au-delà de 3 600 tr/min, le niveau limite spécifié pour 3 600 tr/min doit être multiplié par 1,5.

Dans le cas d'une machine à vitesse variable, les mesures doivent être effectuées sur un nombre de points de fonctionnement suffisant pour couvrir le domaine de fonctionnement complet.

Des vitesses de vibration supérieures aux valeurs limites peuvent être constatées dans le cas de résonance du montage d'essais. Dans ce cas, il ne doit pas en être tenu compte, sous réserve que cette résonance ne coïncide pas avec une valeur discrète de vitesse de fonctionnement de la machine et que le niveau général de vitesse de vibration soit à l'intérieur du domaine limite.

Si une résonance est constatée à une valeur discrète de vitesse de fonctionnement, l'essai doit être repris dans des conditions de montage au banc différentes.

NOTE – L'effet sur la machine de vibrations générées à l'extérieur ne fait pas partie du domaine d'application de cette norme. Il convient de se référer à la CEI 61373.

9 Essais de série

9.1 Essai de bon fonctionnement de courte durée

9.1.1 Généralités

Un essai de bon fonctionnement de courte durée doit être effectué sur toutes les machines à l'exception de celles à rotor à cage.

9.1.2 Conditions d'essai

La machine doit fonctionner en charge, normalement pendant 1 h avec démarrage à froid. Les conditions d'essai (tension, courant, excitation et ventilation) doivent être choisies pour obtenir un échauffement final des enroulements aussi proche que possible de celui obtenu en fin d'essai de type au régime assigné garanti.

Les moteurs qui sont utilisés en service en courant ondulé doivent être essayés en courant continu.

Les alternateurs peuvent être essayés en court-circuit. Pour les alternateurs prévus pour fonctionner avec redresseur, l'essai peut être effectué sans redresseur.

Les machines peuvent être essayées en opposition, l'une fonctionnant comme moteur et l'autre comme génératrice.

The performance and supply capacities shall be as specified in 8.6.3.

8.7 Overspeed tests

Unless agreed otherwise, overspeed tests are type tests only on machines other than commutator and wound rotor machines. Details of the tests are given in 9.4.

8.8 Vibration tests

8.8.1 Internally generated vibration characteristics

A quantitative vibration measurement is to be taken as a type test.

The velocity of vibration at machine speeds up to 3 600 rev/min shall be within the limits of table 1 of IEC 60034-14 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 machines shall be taken at a number of speeds covering the whole working range.

Vibration velocities in excess of the limiting values may arise from the resonances in the test mountings, in which case they shall be disregarded provided that they do not coincide with a discrete working speed and that the general level of velocity over the speed range is within limits.

Should such a resonance occur at a discrete working speed the test shall be repeated with an alternative mounting arrangement.

NOTE – The effect of externally generated vibrations on the machine is outside the scope of this standard. Reference should be made to IEC 61373.

9 Routine tests

9.1 Short-time soundness test

9.1.1 General

A short-time soundness test shall be carried out on all machines except those with cage-type rotors.

9.1.2 Test conditions

The machine shall be run on load, normally for 1 h starting cold, the test conditions (voltage, current, excitation and ventilation) being chosen to give final winding temperature rises reasonably close to those obtained at the end of the guaranteed rating type test.

Motors which operate in service on pulsating current shall be tested on direct current.

AC generators may be tested on short circuit. If the output of an a.c. generator is to be rectified, the test may be carried out without the rectifier.

Machines may be tested in pairs, one acting as a motor and the other as a generator.

La méthode de mesure des températures et des résistances doit être conforme à l'annexe A, à l'exception des relevés des courbes d'échauffement et de refroidissement qui doivent être établis en conformité avec 9.1.3.

9.1.3 Relevé des courbes d'échauffement et de refroidissement

Les courbes d'échauffement et de refroidissement doivent être relevées comme lors de l'essai de type sur les dix premières machines d'une commande. On doit prendre la moyenne des courbes relatives à chaque enroulement des quatre premières machines essayées pour fournir une base provisoire d'acceptation ou de refus des autres machines jusqu'à l'achèvement des essais des dix machines. La «courbe caractéristique de base d'échauffement et de refroidissement» pour chaque enroulement doit être alors la moyenne des dix essais.

Si les machines sont essayées en opposition, des moyennes particulières doivent être établies pour les moteurs et les génératrices.

Lors des essais des machines suivantes, une mesure unique de résistance ou de température normalement relevée pendant la première minute du refroidissement est suffisante. L'instant auquel cette lecture est effectuée doit être enregistré pour permettre la comparaison du résultat obtenu avec la courbe de base correspondante et pourra être prolongé au-delà de la minute, en conformité avec A.4.

9.1.4 Appréciation des résultats

Une machine est réputée satisfaisante à l'essai de série de bon fonctionnement si les échauffements enregistrés à un instant donné à partir du début du refroidissement ne dépassent pas les valeurs de la courbe de base, telle que définie en 9.1.3, de plus de 8 % ou de 10 K (la limite prise en compte étant la plus grande de ces deux valeurs).

NOTE – Si les échauffements de la courbe de base approchent sensiblement les limites données au tableau 2, il est possible, et acceptable, pour les essais de série particuliers à chaque machine, de dépasser ces valeurs limites.

Si une machine dépasse l'échauffement de la courbe de base d'une valeur dépassant la tolérance admise, elle peut être soumise à un essai de type à son régime garanti et elle doit être acceptée si elle satisfait à cet essai.

Pour une même commande, les variations de caractéristiques des matières à l'intérieur des limites autorisées peuvent provoquer une dérive notable dans la moyenne des échauffements. Si cette évolution est à l'origine d'échecs répétés lors des essais de série en dépit d'un résultat satisfaisant aux essais de type ultérieurs, une nouvelle courbe de base peut être établie, mais elle ne doit pas être plus élevée de plus de 5 % que la précédente.

9.2 Essais de détermination des caractéristiques et tolérances

9.2.1 Généralités

Les essais peuvent être effectués suivant l'une quelconque des méthodes possibles sur une machine chaude. Il n'est pas nécessaire de ramener les lectures à la température de référence, sauf si, en l'absence de cette correction, la machine devait être rejetée.

Ni les essais de rendement ni les essais de freinage ne sont exigés.

Les machines fonctionnant, en service, en courant ondulé doivent être essayées en courant continu et les machines prévues pour fonctionner avec une alimentation polyphasée fournie par un convertisseur doivent être essayées en courant alternatif sinusoïdal.

Les machines réversibles doivent être essayées dans les deux sens de rotation.

The method of measuring temperature and resistance shall be in accordance with annex A, except that the plotting of heating and cooling curves shall be as detailed in 9.1.3.

9.1.3 Plotting of heating and cooling curves

Heating or cooling curves shall be plotted as for the type test on the first ten machines of an order. The curves for each winding of the first four tested shall be averaged to provide a temporary basis for acceptance or rejection of further machines until ten have been tested. The "declared heating or cooling curve" for each winding shall then be the average of the ten tests.

If machines are tested in pairs, separate averages shall be established for generators and motors.

On subsequent tests, a single resistance value or temperature measurement normally taken within 1 min of the commencement of cooling is sufficient. The time at which this reading is taken shall be recorded to enable the result to be compared with the corresponding declared curve and may be extended beyond 1 min in accordance with A.4.

9.1.4 Judgement of results

A machine will be deemed to have passed the routine soundness test if the temperature rises, at the recorded time from the commencement of cooling, do not exceed the declared curve values as defined in 9.1.3 by more than 8 % or 10 K, whichever is the greater.

NOTE – If the declared curve temperature rises have been established close to the limits given in table 2, it is possible, and acceptable, for the results of individual routine tests to exceed these limiting values.

If a machine exceeds the declared curve temperature rise by more than the permitted amount, it may be given a type test at its guaranteed rating and shall be accepted if it passes that test.

Within an order, variation in material quality within permitted limits may cause a noticeable drift in average temperature rises. Should this result in frequent failure to pass the routine tests despite successful performance on subsequent type tests, a new declared curve may be established which shall not be more than 5 % higher than the previous one.

9.2 Characteristic tests and tolerances

9.2.1 General

The tests may be carried out by any suitable method with the machine hot. The readings need not be corrected to the temperature of reference unless not so doing would result in the machine being rejected.

Efficiency tests are not required, nor are tests in the braking mode.

Machines which operate, in service, on pulsating current shall be tested on direct current and machines intended for a synthesized polyphase supply shall be tested on sinusoidal alternating current.

Reversible machines shall be tested in both directions of rotation.

9.2.2 Moteurs de traction à collecteur (voir figure 1)

Les relevés de vitesse doivent être effectués aux points Car1 et Car2 pour les niveaux d'excitation maximale et minimale. Dans le cas de moteurs à excitation séparée, les caractéristiques doivent être tracées pour une excitation constante et un relevé au point Car2 seulement est suffisant.

Les vitesses ne doivent pas s'écarter des valeurs correspondant à la caractéristique de base au-delà des tolérances de fabrication indiquées au tableau 4.

9.2.3 Génératrices principales (voir figure 2)

Dans le cas de génératrices régulées, les relevés doivent être effectués aux points suivants sur la caractéristique régulée à pleine puissance, les courants d'excitation séparée ayant les valeurs correspondantes établies au cours des essais de type:

- Car1: correspondant au courant maximal sur la partie régulée de la caractéristique de base;
- Car2: correspondant à la tension maximale de fonctionnement sur la partie régulée de la caractéristique de base.

L'intensité de courant maximale et la tension maximale ne doivent pas s'écarter des valeurs correspondantes de la caractéristique de base de plus de $\pm 5\%$.

NOTE – Si le courant maximal indiqué sur la caractéristique de base est sur la partie régulée de la caractéristique, la tolérance sur le courant ne s'applique pas car il suffit de démontrer que le courant d'excitation reste dans les limites déclarées lorsque le courant de charge est à sa valeur maximale.

Dans le cas d'une génératrice fonctionnant sur ses caractéristiques intrinsèques, les relevés doivent être effectués pour les trois points suivants de la caractéristique à puissance maximale:

- Car1: relevé de la tension correspondant à l'intensité de courant maximale;
- Car2: relevé au courant assigné à tension inférieure;
- Car3: relevé à vide.

Le courant maximal au point Car1 et les tensions aux points Car2 et Car3 ne doivent pas s'écarter des valeurs indiquées sur la caractéristique de base de plus de $\pm 5\%$.

9.2.4 Essais particuliers aux alternateurs

Ces essais doivent consister en un essai à vide et un essai en court-circuit.

La tension à vide et le courant de court-circuit ne doivent pas s'écarter des valeurs établies lors de l'essai de type de plus de $\pm 5\%$.

9.2.5 Moteurs auxiliaires

La vitesse des machines à collecteur doit être relevée au régime garanti pour l'excitation maximale et elle ne doit pas s'écarter de la valeur de base de plus de $\pm 5\%$.

Le glissement des machines asynchrones doit être relevé au régime garanti et il ne doit pas s'écarter de la valeur de base de plus de $\pm 20\%$.

9.2.6 Génératrices auxiliaires

Pour les génératrices à courant continu non régulées, on doit mesurer à la vitesse assignée la tension à vide et la tension au courant assigné. Ces tensions ne doivent pas s'écarter des valeurs de base de plus de $\pm 5\%$.

9.2.2 Commutator type traction motors (see figure 1)

Speed readings shall be taken at points Ch1 and Ch2 for the maximum and minimum excitation conditions. In the case of separately excited motors, curves shall be drawn for constant excitation and a reading at point Ch2 only is sufficient.

The speeds shall not vary from the declared values by more than the manufacturing tolerances given in table 4.

9.2.3 Main generators (refer to figure 2)

In the case of a regulated generator, readings shall be taken at the following points on the full power regulated curve with the separate excitation currents at the corresponding values established by the type test:

- Ch1: at the maximum current on the regulated portion of the declared characteristic;
- Ch2: at the maximum voltage on the regulated portion of the declared characteristic.

The maximum current and maximum voltage shall not vary from the corresponding values on the declared curve by more than $\pm 5\%$.

NOTE – If the maximum current shown on the declared characteristic is on the regulated portion of the characteristic, the tolerance on current does not apply, it being sufficient to demonstrate that the excitation current is within the declared limits at the maximum load current.

In the case of an inherent characteristic generator, readings shall be taken at the following three points on the highest power curve:

- Ch1: the voltage corresponding to maximum current;
- Ch2: the rated current at lower voltage;
- Ch3: open circuit.

The maximum current at point Ch1 and the voltages at points Ch2 and Ch3 shall not vary from the declared values by more than $\pm 5\%$.

9.2.4 Alternative tests for alternators

These shall consist of open-circuit and short-circuit tests.

The open-circuit voltage and short-circuit current shall not vary from the values established during type testing by more than $\pm 5\%$.

9.2.5 Auxiliary motors

The speed of commutator type machines shall be measured at the guaranteed rating with maximum field and shall not differ from the declared value by more than $\pm 5\%$.

The slip of asynchronous machines shall be measured at the guaranteed rating and shall not vary from the declared value by more than $\pm 20\%$.

9.2.6 Auxiliary generators

For unregulated d.c. generators the voltage at open circuit and at the rated current shall be measured with the machine operating at the rated speed. These voltages shall not vary from the declared values by more than $\pm 5\%$.

Pour les génératrices à courant continu réglées, on doit mesurer les courants d'excitation nécessaires pour obtenir la tension assignée à vide et à la vitesse maximale d'une part, et à la charge maximale et à la vitesse minimale d'autre part. Ces courants d'excitation ne doivent pas s'écarter des valeurs de base de plus de ± 5 %.

Pour les alternateurs, la tension à vide et le courant de court-circuit à la vitesse assignée doivent être mesurés pour deux valeurs spécifiées du courant d'excitation. Sauf accord spécial, ces essais doivent être effectués pour un courant d'excitation égal à 50 % et à 100 % de sa valeur maximale. Les tensions et courants mesurés, pendant ces essais, ne doivent pas s'écarter des valeurs établies pendant l'essai de type de plus de ± 5 %.

Les tolérances spécifiées pour les machines équipées d'un régulateur peuvent être élargies sous réserve que la caractéristique de base de tension de sortie puisse être obtenue sans dépasser les capacités du régulateur et sous réserve que l'échauffement de l'enroulement d'excitation soit conforme aux exigences de l'essai de bon fonctionnement.

9.2.7 Groupes moteurs-générateurs auxiliaires et convertisseurs

Dans le cas de groupes non réglés, la tension de sortie et la vitesse de rotation du groupe doivent être relevées pour les tensions d'alimentation maximale et minimale du groupe, la génératrice fonctionnant à vide puis délivrant son courant de sortie assigné. Dans le cas d'un alternateur, le facteur de puissance spécifié doit être respecté. La tension de sortie et, le cas échéant, la fréquence ne doivent pas s'écarter des valeurs de base correspondantes de plus de ± 5 %.

Dans le cas de groupes réglés, un maximum de quatre relevés doit être effectué à des points choisis de telle sorte qu'il puisse être vérifié que tous les points de la caractéristique de base sont accessibles sans dépasser les capacités de l'équipement de régulation. Il est normalement suffisant d'effectuer ces mesures d'une part à la tension d'alimentation maximale et à vide et, d'autre part, à la tension d'alimentation minimale et à la charge maximale mais, dans certains cas, il peut être utile d'effectuer des mesures complémentaires. Les tolérances sur la tension et la fréquence sont fonction du régulateur et non de la machine. L'intensité absorbée aux points d'essai en charge ne doit pas s'écarter de la valeur de base correspondante de plus de ± 5 %.

9.3 Essais de commutation

9.3.1 Généralités

Les conditions générales applicables aux essais de commutation lors des essais de série sont celles indiquées en 8.3 pour les essais de type, sous réserve que les moteurs à courant ondulé puissent être essayés en courant continu.

9.3.2 Moteurs de traction (voir figure 1)

Les moteurs de traction doivent être essayés aux régimes correspondant aux points Com1, Com2 et Com3, au niveau minimal d'excitation rencontré à ces points en service.

Les essais complémentaires prévus pour les moteurs connectés en permanence en série et les essais de freinage ne sont pas exigés.

9.3.3 Génératrices principales (voir figure 2)

Les génératrices principales doivent être essayées aux points Com1 et Com2.

For regulated d.c. generators, the excitation currents required to generate the rated voltage at open circuit at maximum speed and at maximum load and minimum speed shall be measured. They shall not vary from the declared values by more than $\pm 5\%$.

For a.c. generators, the open-circuit voltage and short-circuit current at rated speed shall be measured at two specified values of excitation which, unless otherwise agreed, shall be 100 % and 50 % of the maximum excitation current. The voltages and currents shall not vary from the values established during type tests by more than $\pm 5\%$.

The tolerance specified for machines operating with a regulator may be widened provided that the declared output voltage characteristic can be obtained within the capacity of the regulator and that the field winding temperature rise meets the requirements of the soundness test.

9.2.7 Auxiliary motor-generator sets and convertors

For unregulated sets, the output voltage and machine speed shall be measured with the set supplied at the maximum and minimum voltage with the generator open circuit and also when delivering its rated output current. In the case of an a.c. generator, the output shall be at the specified power factor. The output voltage and, if applicable, frequency shall not vary from the corresponding declared curve values by more than $\pm 5\%$.

For regulated sets, a maximum of four sets of readings shall be taken at points chosen to confirm that any point on the declared characteristic can be met within the capacity of the regulating equipment. Normally measurements at maximum supply voltage and no load on the one hand, and at minimum supply voltage and maximum load on the other hand are sufficient, but in some cases additional measurements may be desirable. The tolerances on voltage and frequency depend on the regulators and not the machine. The input current at the load test points shall not vary from the corresponding declared value by more than $\pm 5\%$.

9.3 Commutation routine tests

9.3.1 General

The general requirements for routine commutation tests are the same as those given in 8.3 for type tests except that pulsating current motors may be tested on direct current.

9.3.2 Traction motors (refer to figure 1)

Traction motors shall be tested at points Com1, Com2 and Com3 at the minimum excitation used at these points in service.

An additional test for motors connected permanently in series is not required nor are braking tests.

9.3.3 Main generators (refer to figure 2)

Main generators shall be tested at points Com1 and Com2.

9.3.4 Moteurs et génératrices auxiliaires et groupes moteurs-générateurs

Les moteurs doivent être essayés à leur tension maximale et à un courant égal à 1,5 fois la valeur assignée garantie, ou au courant maximal pour l'application envisagée si celui-ci lui est inférieur. La vitesse doit être la vitesse maximale qui peut être atteinte en service normal dans les conditions de l'essai.

Les génératrices (y compris celles faisant partie d'un groupe moteur-générateur) doivent être essayées de la même manière mais à la tension de sortie nominale pour les conditions de l'essai.

Les moteurs des groupes moteurs-générateurs doivent être essayés à leur tension minimale pour la puissance maximale que peut fournir la génératrice en service normal dans les conditions de l'essai.

9.4 Essais de survitesse

9.4.1 Généralités

Les essais de survitesse sont des essais de série pour toutes les machines à collecteur et à rotor bobiné et, sauf accord particulier, sont des essais de type pour les autres catégories de machines. Les machines doivent être essayées pendant 2 min, à chaud, aux vitesses spécifiées ci-dessous, à la suite de quoi elles ne doivent présenter aucune déformation permanente et doivent satisfaire aux essais diélectriques spécifiés en 9.5.

9.4.2 Moteurs de traction

Les moteurs de traction doivent être essayés à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation des moteurs définie en 3.7.1.

Lorsque deux ou plusieurs moteurs à excitation série sont connectés en permanence en série sans couplage mécanique, le facteur de survitesse doit être porté à 1,3. Lorsqu'un dispositif d'antipatinage automatique est prévu, le facteur peut demeurer à 1,2 si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur.

NOTE – L'utilisation d'un équipement dont l'action est limitée à la détection du patinage et qui laisse au conducteur l'initiative des actions de correction n'est pas suffisante pour s'affranchir du coefficient de survitesse augmenté.

9.4.3 Génératrices principales ou auxiliaires entraînées par moteur thermique

Les génératrices principales ou auxiliaires entraînées par moteur thermique doivent être essayées à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation, telle qu'elle est définie en 3.7.2.

9.4.4 Génératrices entraînées par l'essieu

Les génératrices entraînées par l'essieu doivent être essayées à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation définie en 3.7.3.

9.4.5 Groupes moteurs-générateurs principaux ou auxiliaires, convertisseurs auxiliaires et moteurs auxiliaires

Les groupes moteurs-générateurs principaux ou auxiliaires, les convertisseurs auxiliaires et les moteurs auxiliaires doivent être essayés à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation définie en 3.7.4.

9.3.4 Auxiliary motors and generators and motor-generator sets

Motors shall be tested at their maximum voltage at a current 1,5 times the guaranteed rating or at the maximum current for the particular application if this is the lesser. The speed shall be the maximum attainable in normal service for the test conditions.

Generators (including those forming part of a motor-generator set) shall be similarly tested but at the nominal output voltage for the test conditions.

Motors of motor-generator sets shall be tested at their minimum voltage with the generator supplying the maximum output attainable in normal service for the test conditions.

9.4 Overspeed tests

9.4.1 General

Overspeed tests are routine tests for all commutator and wound-rotor machines and unless agreed otherwise, are type tests for other types of machine. Machines shall be run for 2 min when hot at the speeds specified below, after which they shall show no permanent deformation and shall pass the dielectric tests specified in 9.5.

9.4.2 Traction motors

Traction motors shall be tested at 1,2 times the maximum working speed as defined in 3.7.1.

Where two or more series excited motors are permanently connected in series with no mechanical coupling, the overspeed shall be increased to 1,3. Where wheelslip protection is provided the factor may remain at 1,2 if agreed between user and manufacturer.

NOTE – Equipment which only indicates the presence of wheelslip and leaves corrective action to the driver is not sufficient to give exemption from the increased overspeed factor.

9.4.3 Main or auxiliary engine-driven generators

Main or auxiliary engine-driven generators shall be tested at 1,2 times the maximum working speed as defined in 3.7.2.

9.4.4 Generators driven by a vehicle axle

Generators driven by an axle shall be tested at 1,2 times the maximum working speed defined in 3.7.3.

9.4.5 Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary convertors and auxiliary motors

Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary convertors and auxiliary motors shall be tested at 1,2 times the maximum working speed defined in 3.7.4.

9.5 Essais diélectriques

L'essai doit normalement être effectué en utilisant une tension alternative dont la forme d'onde est proche d'une sinusoïde et la fréquence comprise entre 25 Hz et 100 Hz, mais une tension continue d'essai peut être employée si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur avant que la commande ne soit passée.

La tension d'essai doit être appliquée entre les enroulements de chaque circuit et la masse, les enroulements de tous les autres circuits étant connectés à la masse. L'essai ne doit être effectué que sur des machines neuves dont toutes les parties sont en place comme pour un fonctionnement normal.

L'essai doit être effectué immédiatement après les essais de série spécifiés aux articles précédents.

La tension d'essai doit être appliquée progressivement, en commençant à une valeur ne dépassant pas le tiers de la valeur finale indiquée au tableau 5. Une fois atteinte, cette valeur finale doit être maintenue pendant 60 s.

Tableau 5 – Tensions d'essais diélectriques

Groupe	Enroulement	Tension d'essai
1	a) Enroulements directement connectés à la ligne de contact	Essai en courant $2,25 U_1 + 2\,000$ V alternatif
	b) Enroulements connectés à la ligne de contact par l'intermédiaire d'un transformateur redresseur ou d'un hacheur sans circuit intermédiaire	Essai en courant $3,825 U_1 + 3\,400$ V continu
2	Enroulements non connectés à la ligne de contact (sauf groupe 3)	Essai en courant $2 U_2 + 1\,000$ V avec un minimum alternatif de $1\,500$ V Essai en courant $3,4 U_2 + 1\,700$ V avec un minimum continu de $2\,550$ V
3	Enroulements d'excitation des génératrices à courant alternatif	Essai en courant $10 U_3$ avec un minimum de $1\,500$ V alternatif et un maximum de $3\,500$ V Essai en courant $17 U_3$ avec un minimum de $2\,550$ V continu et un maximum de $5\,950$ V
U_1 est la plus haute tension par rapport à la terre qui peut être appliquée à l'enroulement quand la ligne de contact est à sa tension nominale. U_2 est la plus haute tension par rapport à la terre qui peut être appliquée à l'enroulement en service normal. U_3 est la plus haute tension d'excitation. NOTE 1 – Les moteurs alimentés par transformateur-redresseur à partir d'un réseau alternatif ou par hacheur à partir d'un réseau continu seront essayés selon les conditions du groupe 1. NOTE 2 – Les tensions d'essais sont indiquées en valeur efficace, tout comme les tensions U_1, U_2, U_3 lorsqu'elles sont alternatives. Lorsqu'elles sont continues, y compris les tensions de sortie des systèmes de réglage par impulsion, U_1, U_2 et U_3 sont les valeurs moyennes arithmétiques des ondes de tension considérées. NOTE 3 – Si la tension appliquée à l'enroulement n'est pas normalement référencée par rapport à la terre, il convient que U_1, U_2 et U_3 soient alors considérées comme les tensions les plus élevées qui peuvent apparaître sur l'enroulement si un point quelconque de celui-ci venait à être relié à la terre. NOTE 4 – Pour déterminer U_1 et U_2, il convient de prendre en considération les tensions qui peuvent apparaître à l'intérieur du circuit du fait du système de contrôle et les caractéristiques des dispositifs de protection.		

9.6 Essais de vibrations (non compensées)

Chaque machine doit être vérifiée pour déceler des vibrations associées à une machine non compensée. La démonstration que la machine présente, au banc d'essais, un fonctionnement stable dans tout le domaine de vitesse doit être un essai normalement suffisant, et il convient que le niveau d'équilibre normal soit suffisant pour que ce résultat soit obtenu.

9.5 Dielectric tests

The test voltage 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 between the windings of each circuit and the frame with the windings of all other circuits connected to the frame. It shall be applied only to new machines with all their parts in place as under normal working conditions.

The test shall be carried out immediately after the routine tests specified in the preceding clauses.

The test voltage shall be applied gradually, commencing at not more than one-third of the final value given in table 5. The final value, when reached, shall be maintained for 60 s.

Table 5 – Dielectric test voltages

Group	Winding	Test voltage
1	a) Windings directly connected to the contact system.	AC test: $2,25 U_1 + 2\,000\text{ V}$
	b) Windings connected to the contact system through a transformer rectifier or chopper without an intermediate circuit	DC test: $3,825 U_1 + 3\,400\text{ V}$
2	Windings not connected to the contact system (except group 3)	AC test $2 U_2 + 1\,000\text{ V}$ with a minimum of $1\,500\text{ V}$ DC test $3,4 U_2 + 1\,700\text{ V}$ with a minimum of $2\,550\text{ V}$
3	Field windings of a.c. generators	AC test $10 U_3$ with a minimum of $1\,500\text{ V}$ and a maximum of $3\,500\text{ V}$ DC test $17 U_3$ with a minimum of $2\,550\text{ V}$ and a maximum of $5\,950\text{ V}$
U_1 is the highest voltage to earth which can be applied to the winding when the contact system is at nominal voltage. U_2 is the highest voltage to earth which can be applied to the winding in normal service. U_3 is the highest excitation voltage.		
NOTE 1 – Motors supplied by a transformer/rectifier from an a.c. supply or by a chopper from a d.c. system are within group 1.		
NOTE 2 – The test voltages are r.m.s. values, as are U_1 , U_2 and U_3 for alternating voltages. For unidirectional voltages, including the output of pulse control systems, U_1 , U_2 and U_3 are the arithmetic means of the waveforms.		
NOTE 3 – If the winding voltage is not normally earth referenced then U_1 , U_2 and U_3 should be taken as the highest voltage that can appear on the winding, should any point in its circuit become connected to earth.		
NOTE 4 – In determining U_1 and U_2 , consideration should also be given to the voltage which may appear within the circuit due to the control system and the characteristics of the protection devices.		

9.6 Vibration tests (imbalance)

Each machine shall be checked for vibrations associated with machine imbalance. It shall normally be adequate to demonstrate that a machine runs smoothly throughout its operating speed range when mounted on the test bed, and the standard of balancing should be that it is achieved.

Dans les applications où la vibration de la machine est considérée comme critique, l'essai explicité en 8.8 peut être réalisé sur chaque machine, après accord entre utilisateur et constructeur.

9.7 Mesure de la déformation radiale du collecteur (faux-rond)

Si cela est spécifié par l'exploitant, une mesure du faux-rond radial du collecteur doit être effectuée immédiatement après la fin des essais de série. Lorsque c'est possible, elle doit être effectuée en utilisant un instrument de mesure enregistreur.

Le faux-rond radial est la différence entre la hauteur de lame maximale et minimale résultant de la mesure de chaque hauteur de lame du collecteur. La valeur ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 6 et il ne doit pas apparaître de discontinuités brusques.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de spécifier des limites inférieures à celles indiquées au tableau 6 et dans d'autres (tels que machines auxiliaires à faible vitesse), une commutation acceptable peut être assurée avec des faux-ronds supérieurs. Dans ces conditions, des limites modifiées doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant.

Tableau 6 – Limites de la déformation radiale du collecteur (faux-rond)

Diamètre du collecteur	Faux-rond radial maximal mm
Jusqu'à 400 mm	0,03
De 400 mm à 800 mm	0,04
Plus de 800 mm et pour toutes les machines à un seul palier ou montées en porte-à-faux	0,06

In applications where machine vibration is considered critical, if agreed between user and manufacturer, the test detailed in 8.8 can be carried out on each machine.

9.7 Commutator radial run-out measurement

If specified by the user a commutator radial run-out measurement shall be taken immediately after completion of the routine test. Where practicable, it shall be carried out using an instrument that gives a permanent record.

The radial run-out is the difference between maximum and minimum bar heights following measurement of each bar on the commutator. The values shall not exceed the values given in table 6 and there shall be no abrupt changes in profile.

In certain cases, it may be necessary to specify lower limits than those given in table 6 and in others (such as low speed auxiliary machines), acceptable commutation can be obtained with higher run-outs. In such cases, modified limits shall be agreed between manufacturer and user.

Table 6 – Limits of commutator radial run-out

Commutator diameter	Maximum radial run-out mm
Up to 400 mm	0,03
400 mm to 800 mm	0,04
Over 800 mm and all single-bearing or overhung machines	0,06

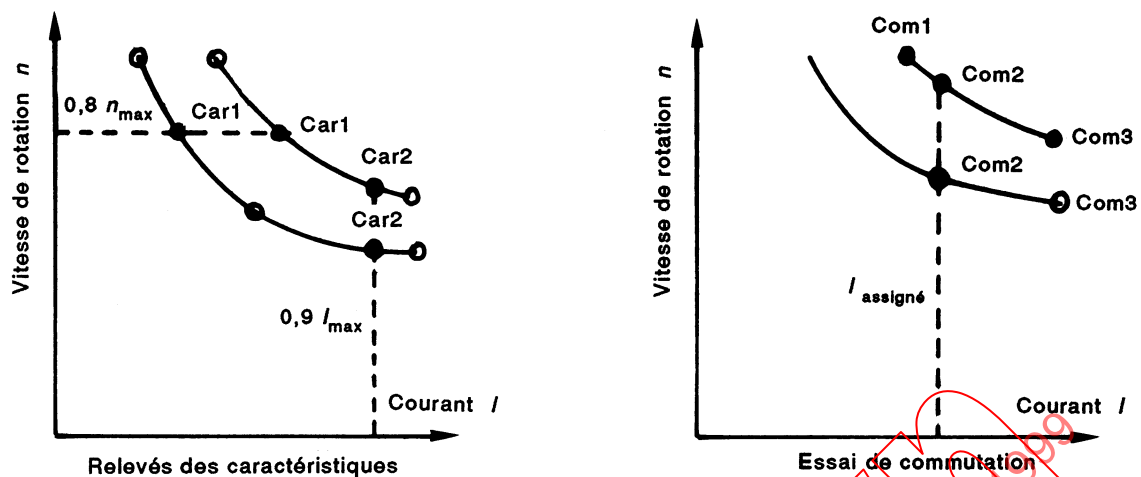


Figure 1a – Moteur série alimenté directement par une ligne de contact

IEC 1556/99

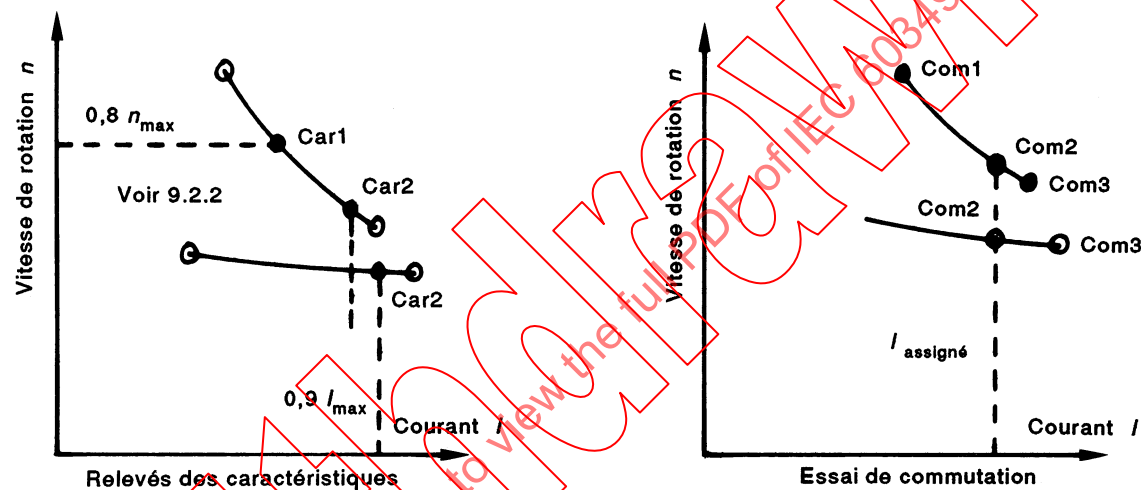


Figure 1b – Moteur à excitation séparée ou moteur compound alimenté directement par une ligne de contact

IEC 1557/99

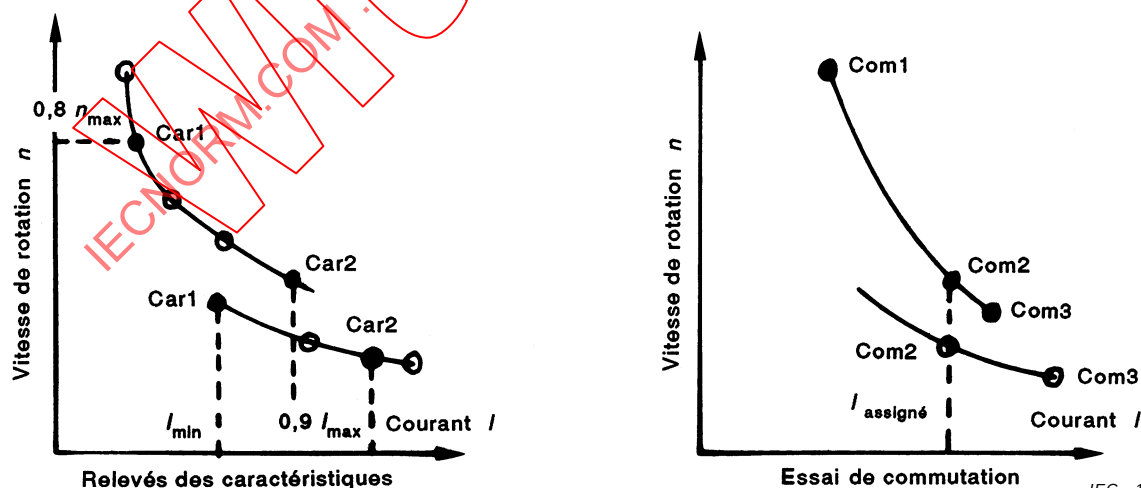


Figure 1c – Moteur de véhicule thermoélectrique

IEC 1558/99

NOTE – o Point d'essai de type

• Point d'essai de type et de série

Figure 1 – Définition des régimes d'essais pour moteurs de traction à collecteur

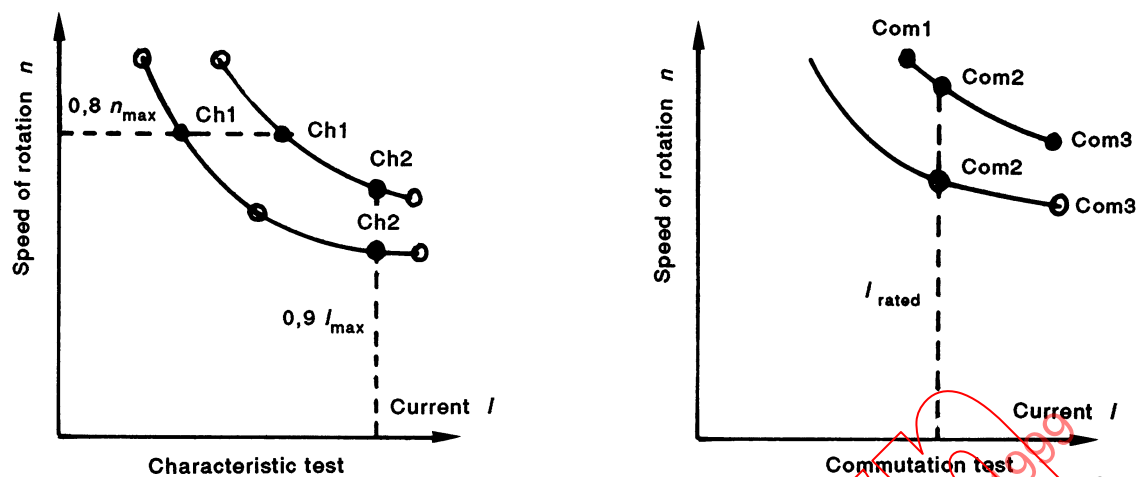


Figure 1a – Series motor supplied from a contact system

IEC 1556/99

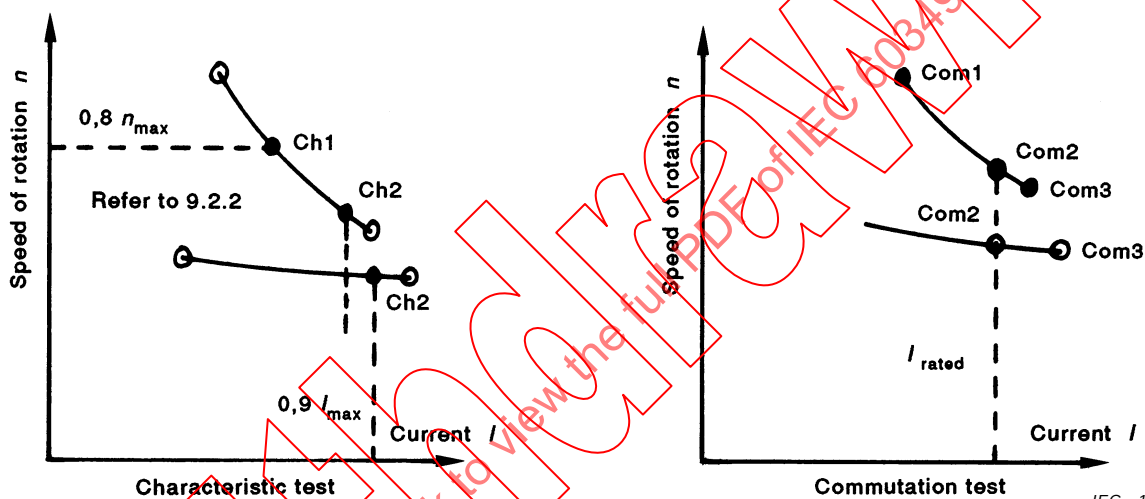


Figure 1b – Separately excited or compound motor supplied from a contact system

IEC 1557/99

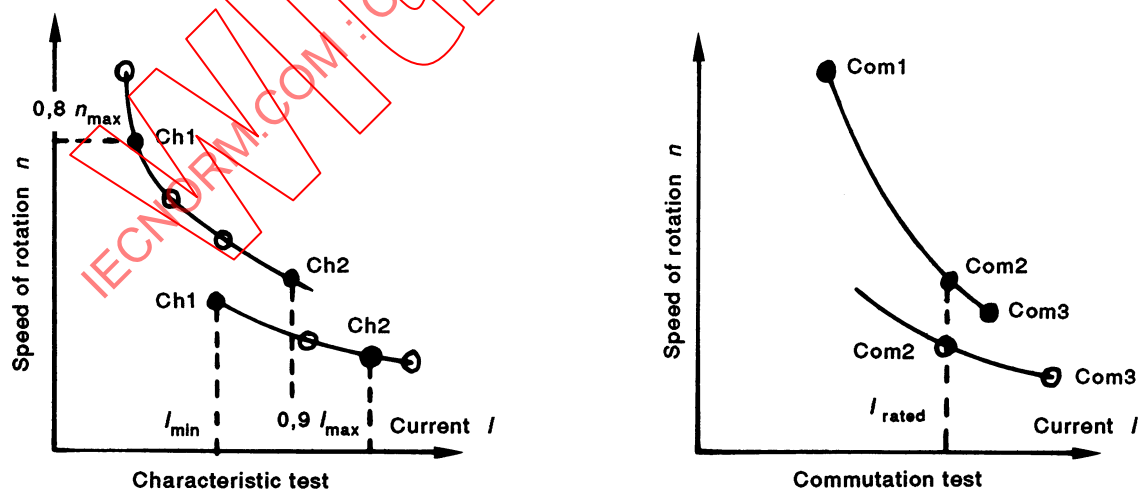


Figure 1c – Thermoelectric vehicle motor

IEC 1558/99

NOTE – o Type test point

• Type and routine test point

Figure 1 – Commutator type traction motor test points

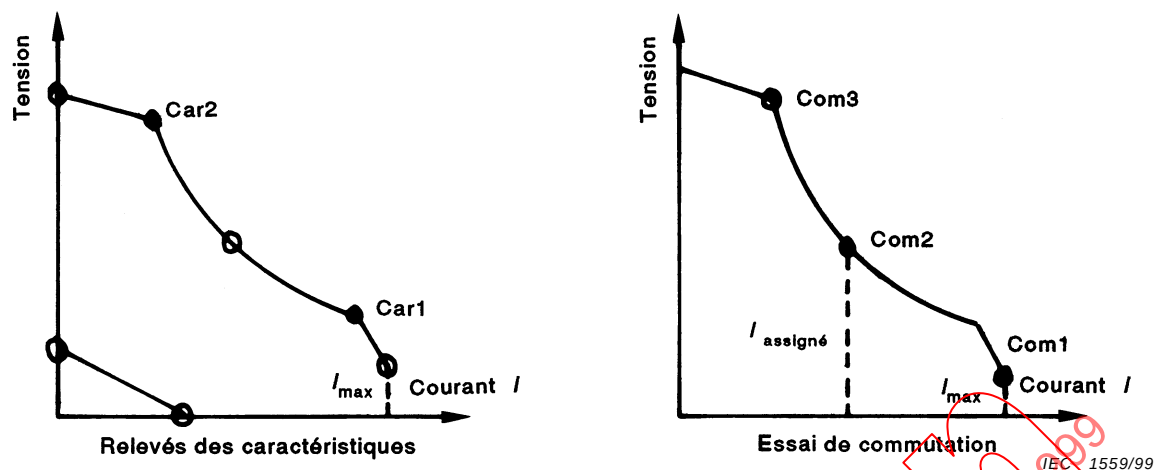


Figure 2a – Génératrice régulée

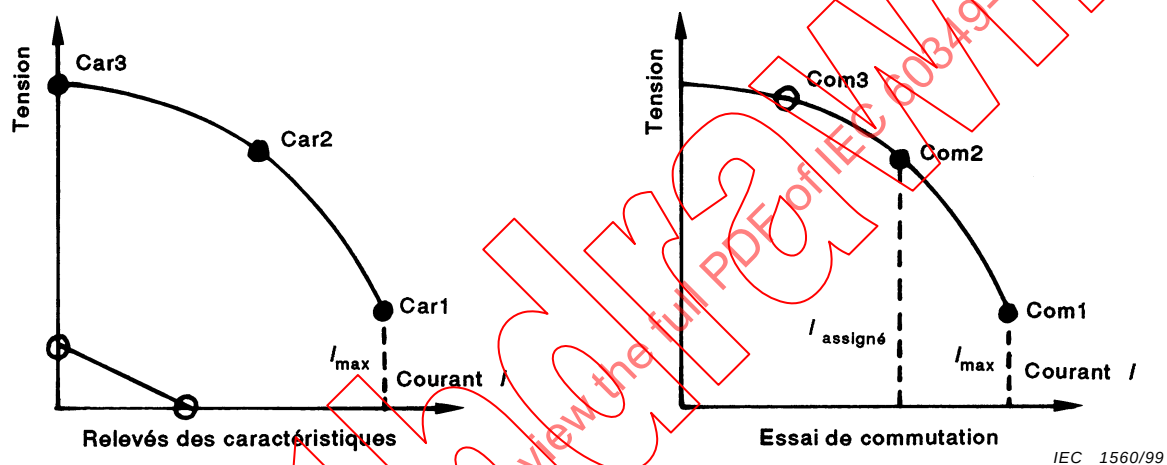


Figure 2b – Génératrice fonctionnant sur ses caractéristiques intrinsèques

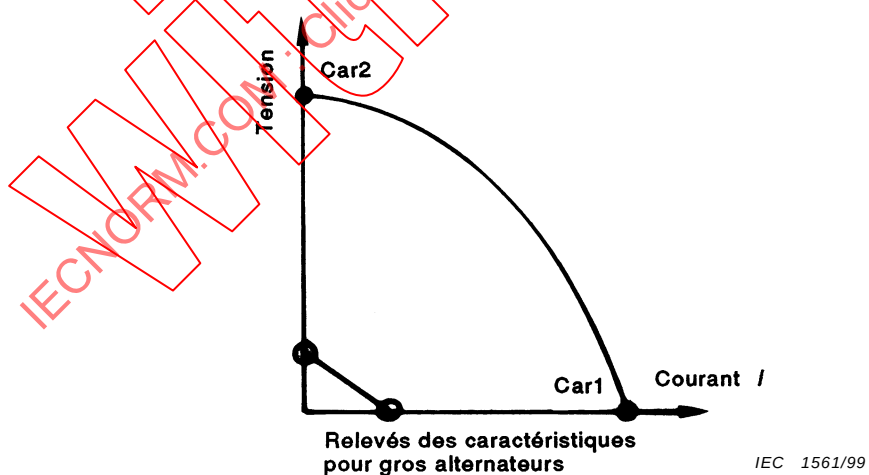


Figure 2c – Relevés des caractéristiques pour gros alternateurs

NOTE – o Point d'essai de type

• Point d'essai de type et de série

Figure 2 – Définition des régimes d'essais pour génératrices principales

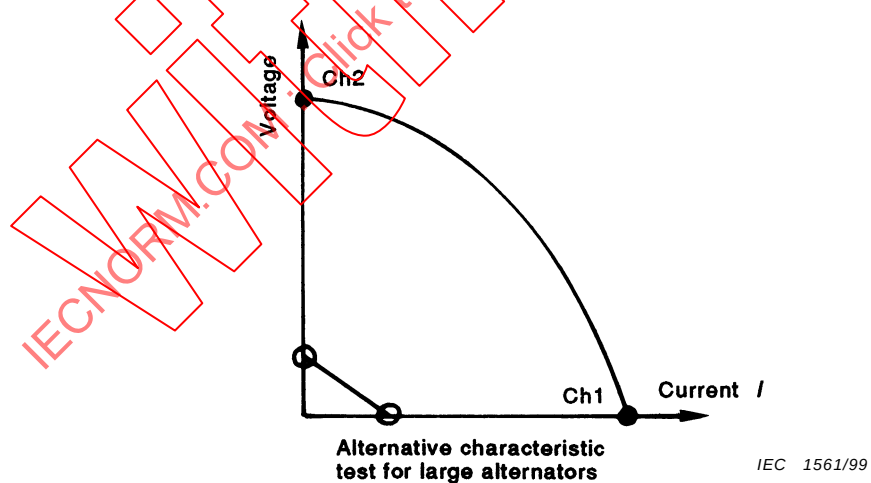
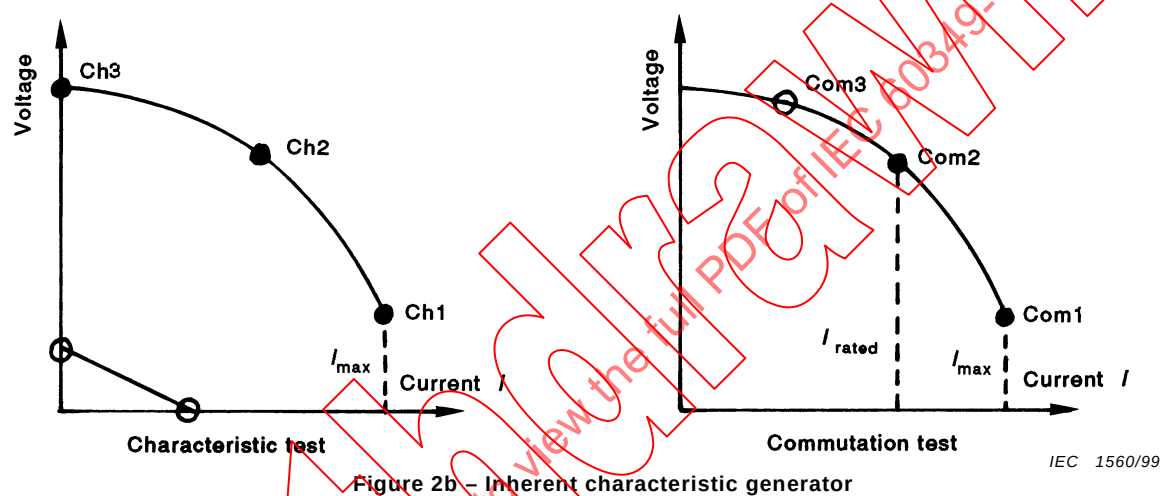
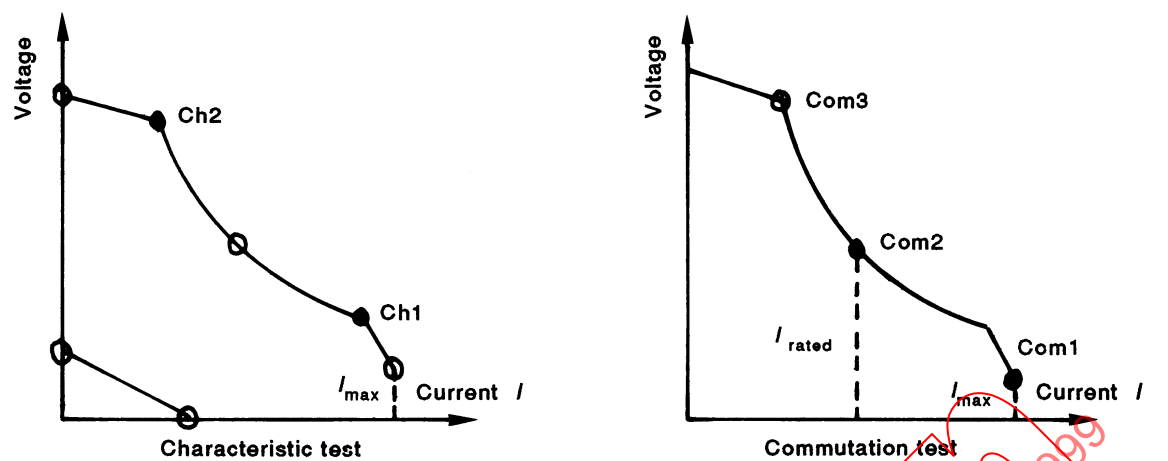


Figure 2c – Alternative characteristic test for large alternators

NOTE – o Type test point

• Type and routine test point

Figure 2 – Main generator test points

Annexe A (normative)

Mesure de la température

A.1 Température des parties de la machine

Deux méthodes de détermination de la température des parties de la machine doivent être adoptées:

- a) méthode par variation de résistance pour les enroulements isolés;
- b) méthode par thermomètre électrique pour les collecteurs, les bagues et les enroulements non isolés en court-circuit.

On ne doit pas faire de correction des échauffements mesurés si la température de l'air de refroidissement se situe entre 10 °C et 40 °C pendant la durée de l'essai. Si, lors d'un essai de type, la température de l'air de refroidissement se situe à l'extérieur de ces limites, une correction des échauffements mesurés pourra faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant.

Avant de débiter un essai de courte durée, on doit s'assurer par des mesures par thermomètre ou par résistance que la température des enroulements ne diffère pas de plus de 4 K de celle de l'air de refroidissement. Pour calculer l'échauffement d'un bobinage, toute différence de température initiale inférieure à 4 K doit être retranchée du résultat si l'enroulement est initialement à une température plus élevée que l'air, ou ajoutée si l'enroulement est initialement à une température inférieure à celle de l'air de refroidissement.

Méthode par variation de résistance

Dans cette méthode, l'échauffement des enroulements est déterminé par leur augmentation de résistance.

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

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

où

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

R_1 est la résistance initiale 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 des matériaux autres que le cuivre, il convient de remplacer la valeur 235 de la formule ci-dessus par l'inverse du coefficient de température de résistance, pris à 0 °C, du matériau considéré.

Méthode par thermomètre électrique

Dans cette méthode, la température est déterminée au moyen de thermomètres électriques appliqués aux endroits accessibles les plus chauds des parties concernées, immédiatement après arrêt de la machine.

Annex A (normative)

Measurement of temperature

A.1 Temperature of the machine parts

Two methods of measuring the temperature of machine parts shall be used:

- a) the resistance method for insulated windings;
- b) the electrical thermometer method for commutators, slip-rings and permanently short-circuited uninsulated windings.

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, for a type test, the temperature of the cooling air is outside these limits, 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 windings are within 4 K of the temperature of the cooling air. When calculating the winding temperature rises, any difference in initial temperature up to 4 K shall be subtracted from the results if the winding is the hotter or added to it if it is the cooler.

Resistance method

In this method, the temperature rise of the windings is determined by their increase in resistance.

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 of the winding in degrees Celsius;
- R_1 is the initial resistance of the winding at temperature t_1 ;
- t_2 is the temperature of the winding at the end of the test in degrees Celsius;
- R_2 is the resistance of the winding at the end of the test;
- t_a is the temperature of the cooling air at the end of the test in degrees Celsius.

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 considered.

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 machine is stopped.

A.2 Température de l'air de refroidissement

Pour les machines complètement fermées, sans ventilateur extérieur, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée par au moins quatre thermomètres répartis autour de la machine à une distance de celle-ci comprise entre 1 m et 2 m.

Dans tous les autres cas, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée à son entrée dans la machine et, dans le cas où il existe plusieurs entrées, la température d'entrée doit être la moyenne des mesures effectuées.

Dans tous les cas, les thermomètres doivent être protégés de la chaleur rayonnée et des courants d'air de façon qu'ils mesurent la température vraie de l'air entrant ou environnant la machine. Afin d'éviter toute erreur liée à la variation de température de l'air de refroidissement, toutes les précautions possibles doivent être prises pour limiter cette variation 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 min pendant la dernière heure d'un essai au régime continu 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 la même instrumentation que celle utilisée ultérieurement pour les mesures à chaud, mais il n'est pas nécessaire de répéter ces mesures au début de chaque essai. Les températures des enroulements doivent être prises égales à celles mesurées en surface par thermomètre au moment de la mesure de la résistance, et cette température ne doit pas s'écarter de la température ambiante, à cet instant, de plus de 4 K.

A.3.2 Résistance à chaud

Dans le cas où il est possible de mesurer la chute de tension dans un enroulement parcouru par un courant continu, lorsque la machine est en fonctionnement, la résistance doit être calculée à partir de cette mesure, prise à intervalles réguliers pendant l'essai, l'enroulement étant parcouru par le courant d'essai.

Dans les autres cas, les mesures de résistance doivent être effectuées aussitôt que possible après l'arrêt de la machine à la fin de l'essai. Les mesures peuvent être effectuées par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre (méthode volt-ampèremétrique), par l'utilisation d'un pont ou par toute autre méthode applicable, mais pour un enroulement donné, la même méthode doit être employée pour toutes les mesures, y compris la mesure initiale à froid.

Si la méthode volt-ampèremétrique est utilisée, le courant doit être assez élevé pour donner la précision de mesure nécessaire sans influencer l'échauffement. (En général, une valeur qui ne dépasse pas 10 % du courant assigné permet de satisfaire à cette exigence.) Pour la mesure de la résistance d'un induit, l'alimentation en courant doit s'effectuer par le collecteur et les balais, et la mesure de tension doit être effectuée entre deux lames préalablement repérées, ces lames se situant entre deux lignes de balais et étant distantes d'un pas au moins égal à la moitié du nombre de lames par pôle.

Pour une mesure par la méthode du pont, les sondes de tension doivent être placées de la même façon que pour la méthode volt-ampèremétrique. Dans le cas de bobinages équipés de connexions équipotentielles, les pointes d'amenée de courant doivent être appliquées au droit des balais les plus rapprochés de la position des sondes de tension.

A.2 Temperature of the cooling air

For totally enclosed machines, without external fan ventilation, the cooling air temperature shall be measured by not less than four thermometers distributed around the machine and spaced between 1 m and 2 m from it.

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

In both cases, the thermometers shall be protected from radiated heat and draughts so that they record the true temperature of the air entering or around the machine. 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 intervals of approximately 15 min during the last hour of a continuous rating test or throughout the duration of a 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 the 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

If it is practicable to measure the voltage drop in a winding carrying direct current whilst the machine is operating, the resistance shall be calculated from such measurements taken at intervals during the test with the winding carrying the test current.

In other cases, the resistance shall be measured as soon as possible after stopping the machine at the end of the test. Measurement may be by the voltmeter and ammeter method (volt-amp method), by using a bridge or by other suitable methods, but the same method shall be employed for all readings, including the initial cold one, on a given winding.

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.) When measuring armature resistance the current shall be fed to the commutator through the brushes, and the voltage shall be measured between a pair of marked bars lying between two brush arms and covering a span of at least half the number of commutator bars per pole.

When a bridge is used, the voltage probes shall be placed as for the volt-amp method. For windings with equalizing connections, the current probes shall be applied at the brush positions adjacent to the voltage probes.

Pour les essais de type, les mêmes lames repérées doivent être utilisées pour les mesures à froid et à chaud, sauf s'il est démontré que les écarts relatifs entre les résistances mesurées entre diverses paires de lames également espacées et réparties sur le collecteur restent négligeables.

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

A la fin des essais, les machines doivent être arrêtées dans un délai aussi bref que possible.

On utilisera de préférence une méthode de freinage sans courant pour la machine en essai. Dans ce cas, l'instant «origine de refroidissement» doit correspondre à l'instant d'ouverture des circuits principaux immédiatement avant le freinage, les systèmes de ventilation séparés étant arrêtés à cet instant.

Si cette méthode n'est pas utilisable, des méthodes dans lesquelles la machine en essai est parcourue par un courant pendant la période de freinage pourront être utilisées sous réserve que la machine soit rapidement stoppée et que le courant de charge reste sensiblement constant pendant la durée du freinage. L'instant «origine de refroidissement» doit être alors choisi à l'instant où le courant de charge est tombé à 80 % de la valeur d'essai, instant auquel la ventilation doit être arrêtée.

Pour les grosses machines qui ne pourraient pas être arrêtées assez rapidement pour permettre d'effectuer les premières mesures moins de 45 s après l'instant «origine de refroidissement», le choix de la méthode de freinage et l'extension du délai de la première mesure à une valeur inférieure à 2 min doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant. Il peut aussi être précisé si ce délai limite doit s'appliquer dans le cas où des balais spéciaux sont mis en place pour la mesure de la courbe de refroidissement.

A.5 Instant des mesures de résistance à chaud et extrapolation des courbes de refroidissement et d'échauffement

- a) Pour les résistances mesurables pendant la marche, les dernières mesures doivent être faites juste avant la fin des essais d'échauffement. Dans le cas d'un essai de courte durée, les résistances doivent être mesurées moins de 10 s avant le début du freinage.
- b) Pour chaque enroulement dont la résistance ne peut être mesurée pendant la marche, les mesures ne doivent pas commencer plus de 45 s après l'instant «origine de refroidissement» (voir 8.1.5 pour les exceptions) et doivent être poursuivies pendant au moins 5 min.

Les intervalles entre mesures successives ne doivent pas excéder 20 s pendant les trois premières minutes et 30 s ensuite.

Les échauffements calculés à partir de ces relevés doivent être portés en fonction du temps sur un graphique à échelle logarithmique pour la température et linéaire pour le temps, la courbe en résultant étant extrapolée jusqu'à l'instant «origine de refroidissement» pour obtenir l'échauffement en fin d'essai.

For type tests, the same pair of marked bars shall be used for cold and hot readings, unless it is demonstrated that the difference in resistance between pairs of equally spaced bars distributed around the commutator is negligible.

A.4 Stopping of machines and time of "commencement of cooling"

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

A method of braking in which the machine under test does not carry current is preferred, in which 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.

If such a method is impracticable, methods in which the test machine carries current may be used provided that they stop the machine quickly and that 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.

For large machines which it is not practicable to stop in time to permit resistance measurements to commence within 45 s of the "commencement of cooling", special braking arrangements and an extension of time to not more than 2 min shall be agreed between user and manufacturer. It may also be agreed that this maximum time limit shall apply if special brushes are installed when taking cooling curves.

A.5 Time of the hot resistance measurements and extrapolation of the cooling and heating curves

- a) For resistances measurable while the machine is operating, the last measurements shall be made just before the end of the temperature-rise test. In the case of a short-time test, they shall be taken not more than 10 s before braking commences.
- b) Resistance measurements of each winding not measurable while the machine is operating shall commence not later than 45 s after the "commencement of cooling" (see 8.1.5 for exceptions) and shall be continued for at least 5 min.

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

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 being extrapolated to the time of "commencement of cooling" to give the temperature rise at the end of the test.

Annexe B (informative)

Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement

B.1 Généralités

La présente annexe décrit certaines méthodes de détermination des pertes et du rendement des machines couvertes par cette norme. Ce n'est pas un traité complet sur les essais des machines: il convient de considérer cette annexe comme une extension de la CEI 60034-2 afin de satisfaire aux exigences spéciales des machines de traction.

Il convient d'appliquer les conditions générales suivantes, quelle que soit la méthode d'essai adoptée:

- a) la charge reste constante pendant au moins 10 s avant que soit effectuée la lecture des appareils de mesure;
- b) les résistances des enroulements sont mesurées immédiatement avant et après une série de mesures (par exemple, les relevés à plein champ dans un sens de rotation constituent une série de mesures) cela afin de permettre de ramener le rendement à la température de référence de 150 °C (voir 5.2). Pour cette correction, la résistance des enroulements pendant une série de mesures doit être prise égale à la moyenne arithmétique des deux mesures ci-dessus;
- c) la chute de tension totale au contact des balais (U_c) est prise égale à 3 V si les balais ne comportent pas de connexions souples jusqu'aux porte-balais et à 2 V s'ils en comportent;
- d) pour les machines réversibles, le rendement à un courant donné est pris égal à la moyenne arithmétique des rendements dans les deux sens de rotation;
- e) lorsque la caractéristique de rendement d'un moteur de traction tient compte des pertes de la transmission, il est préférable de vérifier la valeur de ces dernières par un essai. En cas d'impossibilité, on prend les valeurs conventionnelles données dans la présente annexe, à moins que d'autres valeurs ne soient données sur la caractéristique de rendement.

B.2 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés tout au long de cette annexe:

U_m	=	tension aux bornes du moteur
U_g	=	tension aux bornes de la génératrice
U_b	=	tension aux bornes du survolteur
U_l	=	tension d'alimentation
U_f	=	tension des enroulements d'excitation série du moteur
U_c	=	chute de tension totale au contact des balais positifs et négatifs de la machine
I_m	=	courant dans le moteur
I_g	=	courant dans la génératrice
I_b	=	courant dans le survolteur
I_l	=	courant de ligne
i_s	=	courant d'excitation séparée
i_m	=	courant d'excitation shunt du moteur
i_g	=	courant d'excitation shunt de la génératrice

Annex B (informative)

Methods of determining losses and efficiency

B.1 General

This annex describes some of the methods by which the losses and efficiency of machines covered by this standard may be determined. It is not intended as a complete treatise on machine testing and should be regarded as an extension of IEC 60034-2 to meet requirements specific to traction machines.

Whichever method of test is adopted the following conditions should apply:

- a) the load remains constant for at least 10 s before the instrument readings are recorded;
- b) winding resistances is measured immediately before and after each series of measurements (e.g. the readings in full field in one direction of rotation forming a series) to enable the efficiency to be corrected to the 150 °C reference temperature (see 5.2). For the purpose of this correction, the resistances of the windings during a series of readings is taken as the arithmetic mean of the above two measurements;
- c) the total brush contact voltage drop (U_c) is taken as 3 V if the brushes do not have flexible connections to the brush holders and 2 V if connections are fitted;
- d) for reversible machines the efficiency at a given current is taken as the arithmetic mean of the efficiencies for each direction of rotation;
- e) when the efficiency characteristic of a traction motor takes account of transmission losses these should preferably be verified by test. When this is not practicable, the conventional values given in this annex are assumed unless other values are given on the characteristic.

B.2 Symbols

The following symbols are used throughout this annex:

U_m	=	motor terminal voltage
U_g	=	generator terminal voltage
U_b	=	booster terminal voltage
U_l	=	supply voltage
U_f	=	motor series field voltage
U_c	=	total contact voltage drop at the positive and negative brushes of the machine
I_m	=	motor current
I_g	=	generator current
I_b	=	booster current
I_l	=	line current
i_s	=	separately excited field current
i_m	=	motor shunt field current
i_g	=	generator shunt field current

R_m	=	somme des résistances de l'induit du moteur, de ses enroulements de commutation et de ses enroulements de compensation
R_g	=	somme des résistances de l'induit de la génératrice, de ses enroulements de commutation et de ses enroulements de compensation
r_m	=	résistance des enroulements d'excitation série du moteur
r_g	=	résistance des enroulements d'excitation série de la génératrice
r_s	=	résistance à la température de référence (150 °C) de l'enroulement d'excitation séparée, y compris toute résistance externe normalement dans le circuit
r_{sh}	=	résistance à la température de référence des enroulements d'excitation shunt, y compris toute résistance externe
P_l	=	puissance délivrée par l'alimentation
P_{lr}	=	puissance délivrée par le moteur fournissant les pertes en rotation
P_{lt}	=	pertes totales
P_{cm}	=	pertes dans les enroulements de commutation et d'excitation série du moteur
P_{cg}	=	pertes dans les enroulements de commutation et d'excitation série de la génératrice
P_{sm}	=	pertes d'excitation série du moteur
P_m	=	puissance absorbée par le moteur
P_a	=	composante alternative ou pulsée de la puissance absorbée par un moteur à courant ondulé
P_f	=	puissance totale d'excitation (moteur + générateur)
R	=	à la température de mesure, somme des résistances de tous les enroulements parcourus par le courant de charge (voir A.1)
R_t	=	R corrigée pour la température de référence

Les abréviations suivantes sont utilisées dans les schémas:

M	=	moteur
G	=	génératrice
B	=	survolteur
LM	=	pertes d'alimentation du moteur en rotation

Les voltmètres et les ampèremètres ne sont pas représentés, pas plus que les shunts des wattmètres.

B.3 Correction des résultats pour la température de référence

Les formules données en B.4 ramènent le rendement à la température de référence par la prise en compte des termes $2(R - R_t) I_m^2$ ou $2(R - R_t) I_g^2$, selon le cas. La correction des pertes dans les enroulements d'excitation séparée et shunt n'est pas nécessaire parce que celles-ci sont calculées à la température de référence.

B.4 Méthodes de récupération

Les méthodes de récupération sont basées sur le couplage de deux machines identiques, l'une fonctionnant en tant que moteur et l'autre en tant que génératrice. Les circuits sont tels que les excitations des deux machines sont aussi proches que possible de l'égalité, de sorte que les pertes qui sont fonction du flux magnétique peuvent être considérées comme équiréparties. Les formules donnent le rendement à la température de référence.

R_m	=	sum of the motor armature, commutating and compensating winding resistances
R_g	=	sum of the generator armature, commutating and compensating winding resistances
r_m	=	motor series field resistance
r_g	=	generator series field resistance
r_s	=	resistance at the reference temperature (150 °C) of the separately excited field including any external resistance normally in circuit
r_{sh}	=	resistance at the reference temperature of the shunt field including any external resistance
P_l	=	line power output
P_{lr}	=	output power of the motor providing the rotational losses
P_{lt}	=	total losses
P_{cm}	=	commutating and series field losses in the motor
P_{cg}	=	commutating and series field losses in the generator
P_{sm}	=	motor series field losses
P_m	=	motor power input
P_a	=	alternating or ripple component of pulsating current motor power input
P_f	=	total excitation power (motor + generator)
R	=	sum of the resistances at the test temperature of all windings carrying the load current (see A.1)
R_t	=	R corrected to the reference temperature

The following abbreviations are used in the circuit diagrams:

M	=	motor
G	=	generator
B	=	booster
LM	=	motor supplying rotational losses

Voltmeters and ammeters are not shown nor are wattmeter shunts.

B.3 Correction of results to the reference temperature

The formulae given in B.4 correct the efficiency to the reference temperature by the inclusion of terms $2(R - R_t) I_m^2$ or $2(R - R_t) I_g^2$ as appropriate. Correction of the losses in separately excited and shunt windings is not necessary because these are calculated at the reference temperature.

B.4 Regenerative methods

Regenerative methods are based on the coupling of two identical machines, one of which acts as a motor and the other as a generator. The circuits are such that the excitation of both machines is as near equal as practicable; hence the losses dependent on magnetic flux can be regarded as being equally divided. The formulae give the efficiency at the reference temperature.

B.4.1 Connexion en parallèle

Les pertes sont fournies en partie par une alimentation à tension constante et en partie par un survolteur permettant en plus de commander le courant de charge.

La méthode convient à tous les types de moteurs et de génératrices à courant continu.

La commande de deux machines à excitation série et, en particulier, l'arrêt de ces machines à la fin d'un essai sont facilités lorsque l'enroulement d'excitation de la génératrice peut être alimenté séparément. Lors du relevé des mesures, le courant d'excitation est réglé à la même valeur que le courant de charge du moteur; ainsi, dans les calculs de rendement r_g est pris égal à zéro.

Les enroulements autres que ceux d'excitation série sont excités séparément avec un courant identique pour le moteur et pour la génératrice.

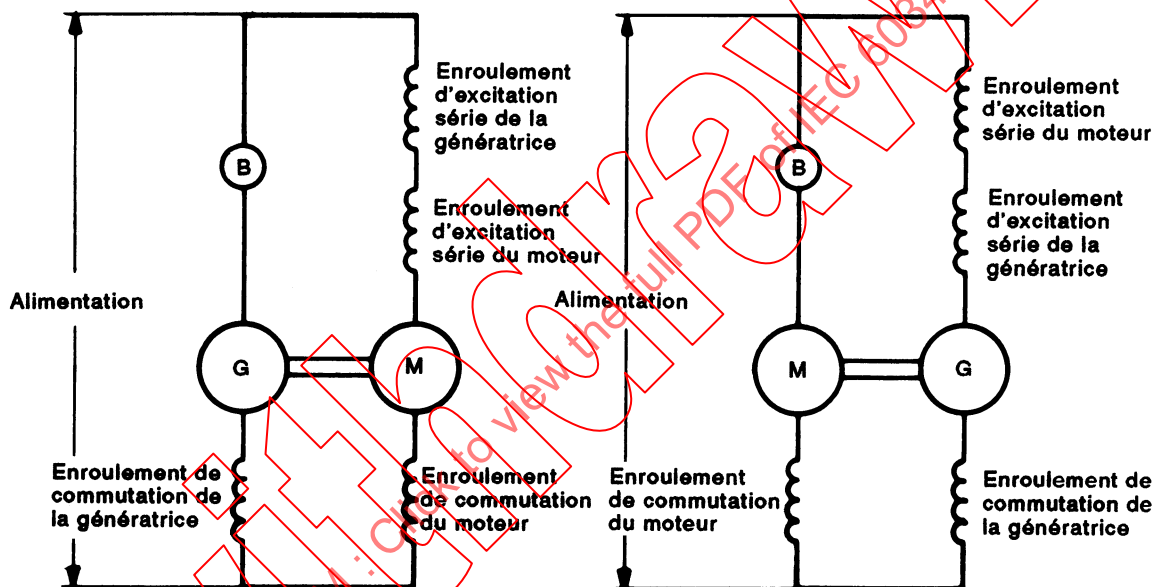


Figure B.1a – Essai du moteur

Figure B.1b – Essai de la génératrice

$$\text{Rendement du moteur} = \frac{2U_m I_m - U_b I_g - U_l I_l - (R_m + r_m - r_g) I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_b + 2(R - R_t) I_m^2}{2(U_m I_m + r_s I_s^2)}$$

$$\text{Rendement de la génératrice} = \frac{2U_g I_g}{2U_g I_g + U_b I_m + U_l I_l + (R_g + r_g - r_m) I_g^2 - R_m I_m^2 - U_c I_l + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_t) I_g^2}$$

Figure B.1 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en parallèle

B.4.1 Parallel connection

The losses are supplied partly from a constant voltage line and partly from a booster, which also controls the load current.

The method is suitable for all types of d.c. motors and generators.

The control of a pair of series excited machines and, in particular, stopping the machines at the conclusion of a test is facilitated if the generator series field is separately excited. When taking readings, the field current is made equal to the motor load current and, in the efficiency calculations, r_g is taken as zero.

Windings other than series field windings are separately excited with the same current for both motor and generator.

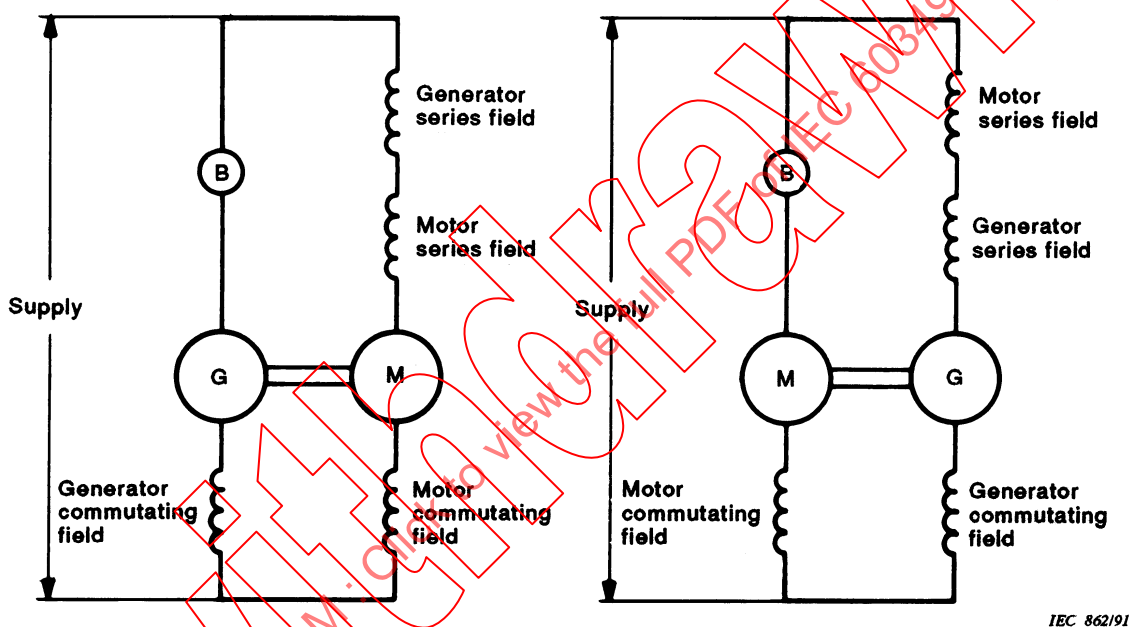


Figure B.1a – Motor test

Figure B.1b – Generator test

$$\text{Motor efficiency} = \frac{2U_m I_m - U_b I_g - U_l I_l - (R_m + r_m - r_g) I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_b + 2(R - R_t) I_m^2}{2(U_m I_m + r_s I_s^2)}$$

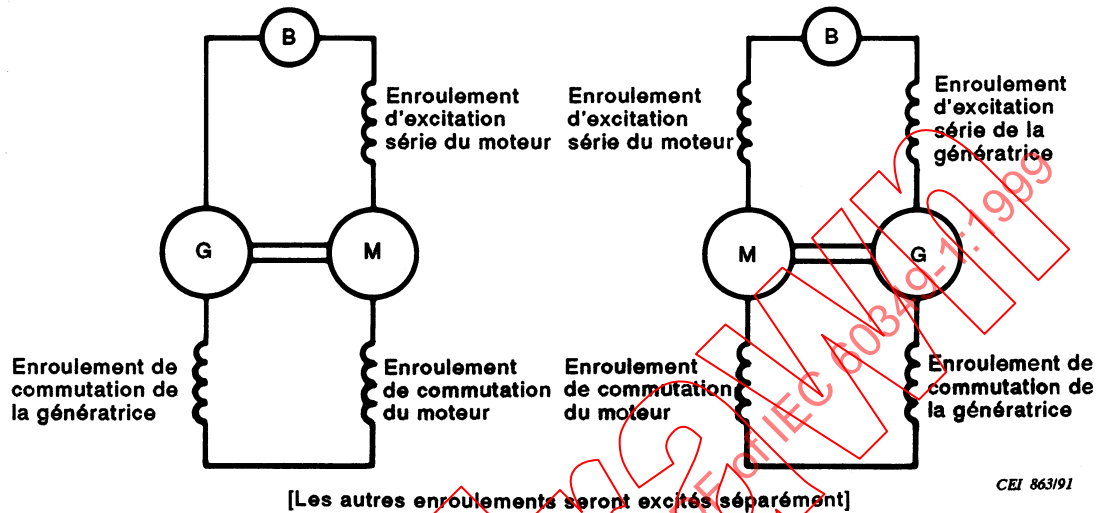
$$\text{Generator efficiency} = \frac{2U_g I_g}{2U_g I_g + U_b I_m + U_l I_l + (R_g + r_g - r_m) I_g^2 - R_m I_m^2 - U_c I_l + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_t) I_g^2}$$

Figure B.1 – Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in parallel

B.4.2 Connexion en série

En l'absence d'alimentation convenable, on peut utiliser la connexion en série.

Cette méthode est moins stable que la méthode parallèle et n'est pas recommandée dans le cas où d'autres méthodes sont réalisables.



$$\text{Rendement du moteur} = \frac{(2U_m - U_b - U_f)I_m + 2(R - R_t)I_m^2}{2(U_m I_m + I_s^2)}$$

$$\text{Rendement de la génératrice} = \frac{2U_g I_g}{(2U_g + U_b)I_g + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_t)I_g^2}$$

Figure B.2 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série

B.4.2 Series connection

In the absence of a suitable line supply, the series connection may be used.

This is less stable than the parallel circuit and is not recommended if other methods are available.

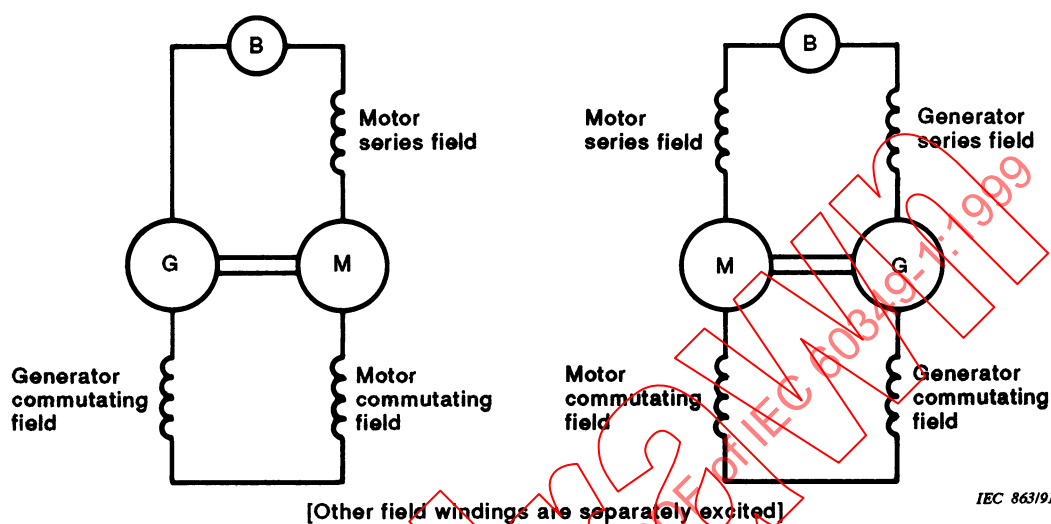


Figure B.2a – Motor test

Figure B.2b – Generator test

$$\text{Motor efficiency} = \frac{(2U_m - U_b - U_r)I_m + 2(R - R_t)I_m^2}{2(U_m I_m + r_s I_s^2)}$$

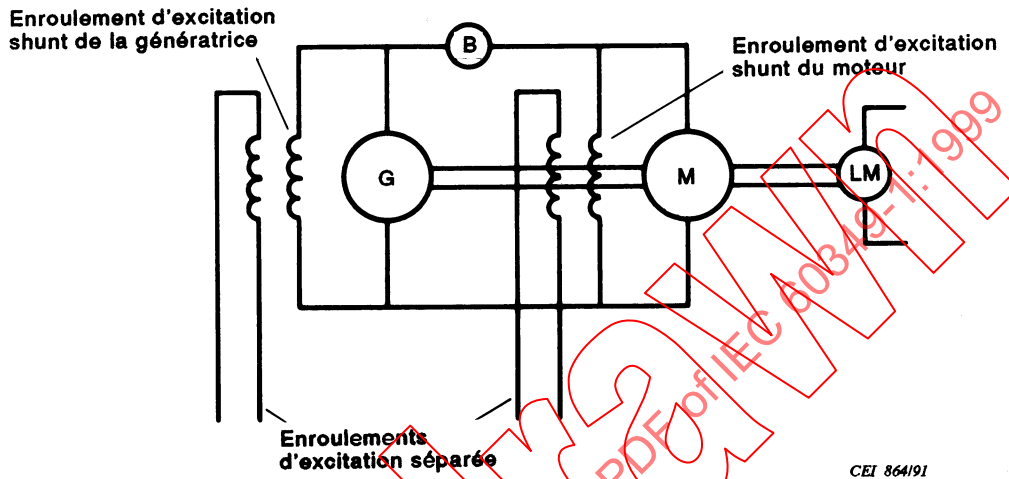
$$\text{Generator efficiency} = \frac{2U_g I_g}{(2U_g + U_b)I_g + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_t)I_g^2}$$

Figure B.2 – Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series

B.4.3 Connexion en série avec accouplement mécanique

La méthode est similaire à celle décrite en B.4.2 mais utilise un moteur dont le rendement est connu pour fournir les pertes en rotation.

Cette méthode est particulièrement adaptée pour l'essai d'ensembles génératrice principale ou génératrice auxiliaire entraînés, car la machine auxiliaire peut être utilisée comme moteur d'essai.



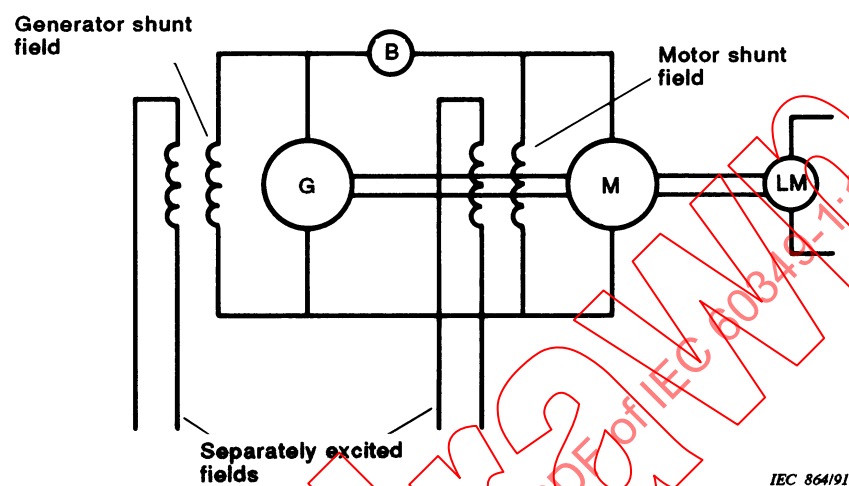
$$\text{Rendement de la génératrice} = \frac{2(U_g I_g - r_{sh} I_g^2)}{2(U_g I_g + r_s I_g^2) + U_b I_g + P_{lr} - 2(R - R_t) I_g^2}$$

Figure B.3 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série et avec accouplement mécanique

B.4.3 Series connection with mechanical drive

The method is similar to that used in B.4.2 but uses a motor of known efficiency to supply the rotational losses.

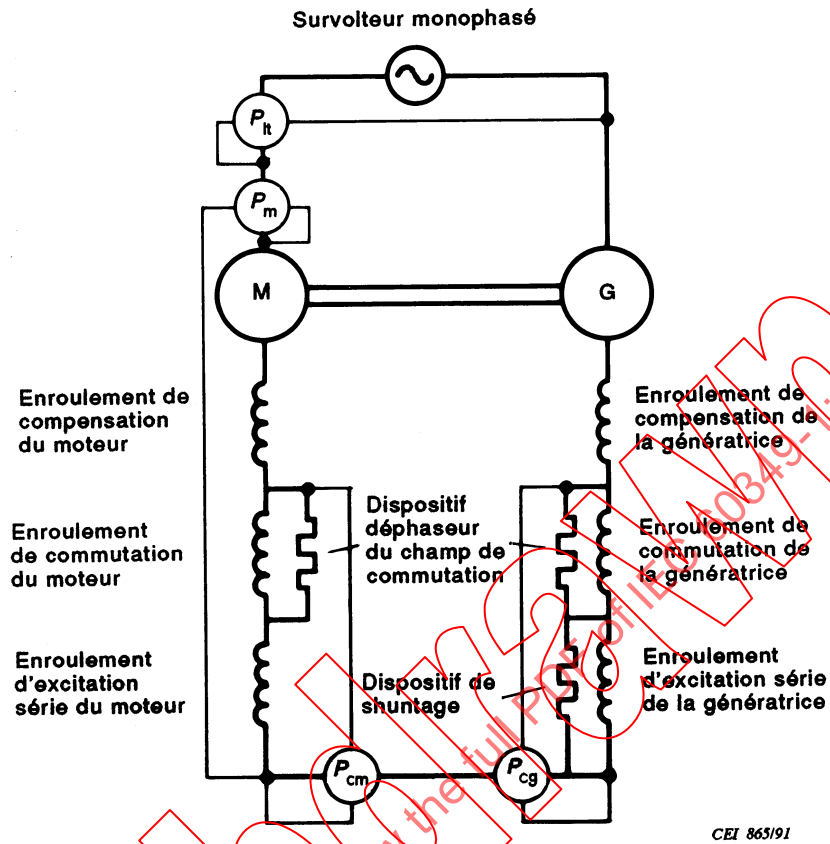
This method is particularly suitable for testing engine driven main and auxiliary generator sets, as the auxiliary machine can be used as the test motor.



$$\text{Generator efficiency} = \frac{2(U_g I_g - r_{sh} I_g^2)}{2(U_g I_g + r_s I_s^2) + U_b I_g + R_r - 2(R - R_t) I_g^2}$$

Figure B.3 – Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series and with mechanical drive

B.4.4 Connexion en série pour moteurs monophasés à collecteur

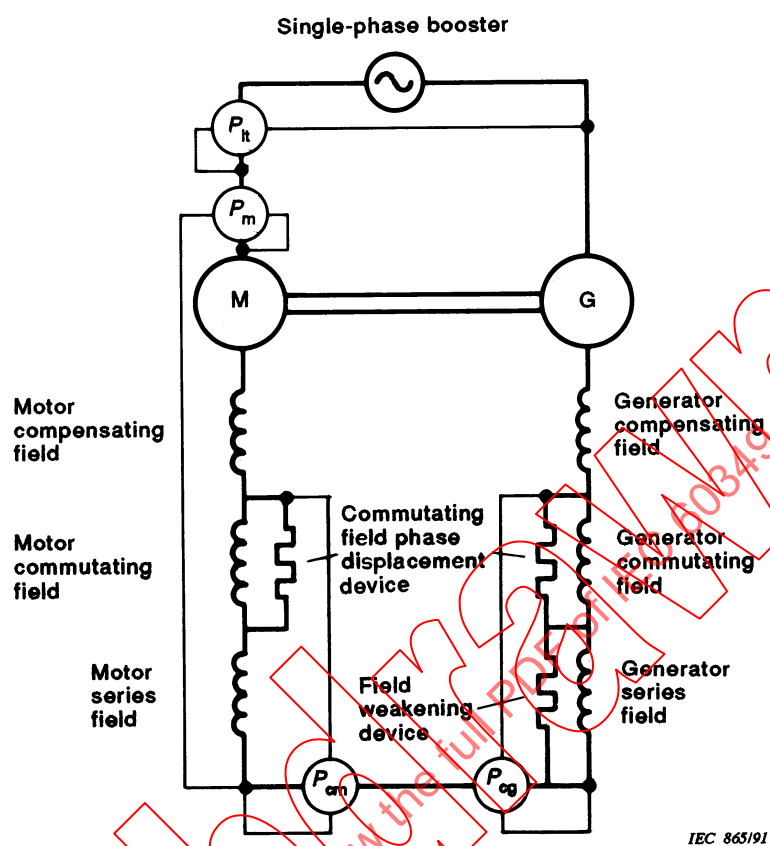


En supposant que les températures des enroulements correspondants des deux machines sont égales, le rendement du moteur est donné par:

$$\frac{2P_m - P_{it} + P_{cg} - P_{cm} + 2(R - R_t)I_m^2}{2P_m}$$

Figure B.4 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs monophasés à collecteur à courant alternatif par la méthode de récupération avec connexion des machines en série

B.4.4 Series connection for single-phase a.c. commutator motors

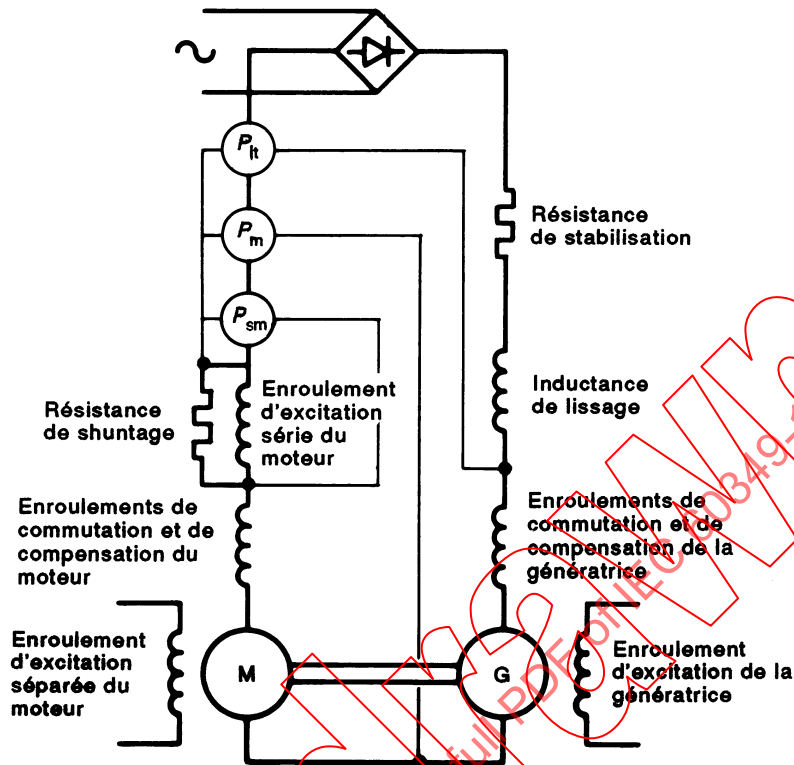


Assuming that the temperatures in corresponding windings of the two machines are equal, the motor efficiency is:

$$\frac{2P_m - P_{it} + P_{cg} - P_{cm} + 2(R - R_t)I_m^2}{2P_m}$$

Figure B.4 – Circuit for determining loss and efficiency of single-phase a.c. commutator motors by the regenerative method with the machines connected in series

B.4.5 Connexion en série pour moteurs à courant ondulé



En supposant que les températures dans les enroulements correspondants des deux machines sont égales, le rendement du moteur est donné par:

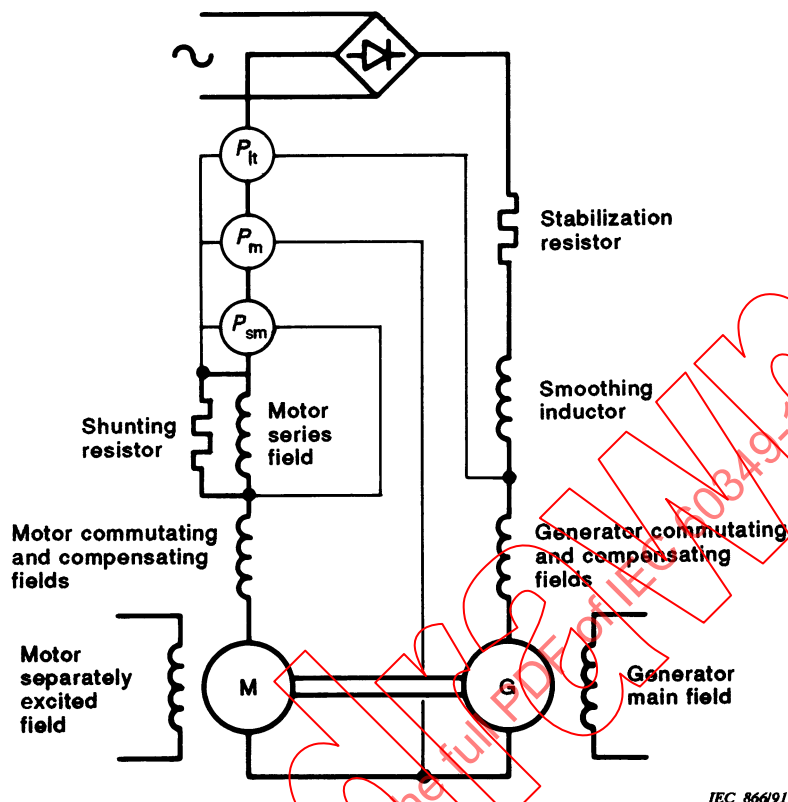
$$\frac{2 P_m - P_{it} - P_{sm} + 2 (R - R_t) I_m^2}{2 (P_m + r_s I_s^2)}$$

Pour les mesures de P_{it} , P_{sm} et P_m , on recommande l'utilisation de milliwattmètres. La bobine courant des milliwattmètres sera alimentée à partir d'un shunt approprié et la bobine tension sera alimentée au travers de résistances appropriées.

L'inductance de lissage doit être adaptée de façon à donner une ondulation de courant du même ordre de grandeur que celle obtenue sous alimentation nominale.

Figure B.5 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à courant ondulé par la méthode de récupération avec connexion des machines en série

B.4.5 Series connection for pulsating current motors



IEC 866/91

Assuming that the temperature in corresponding windings of the two machines are equal, the motor efficiency is given by:

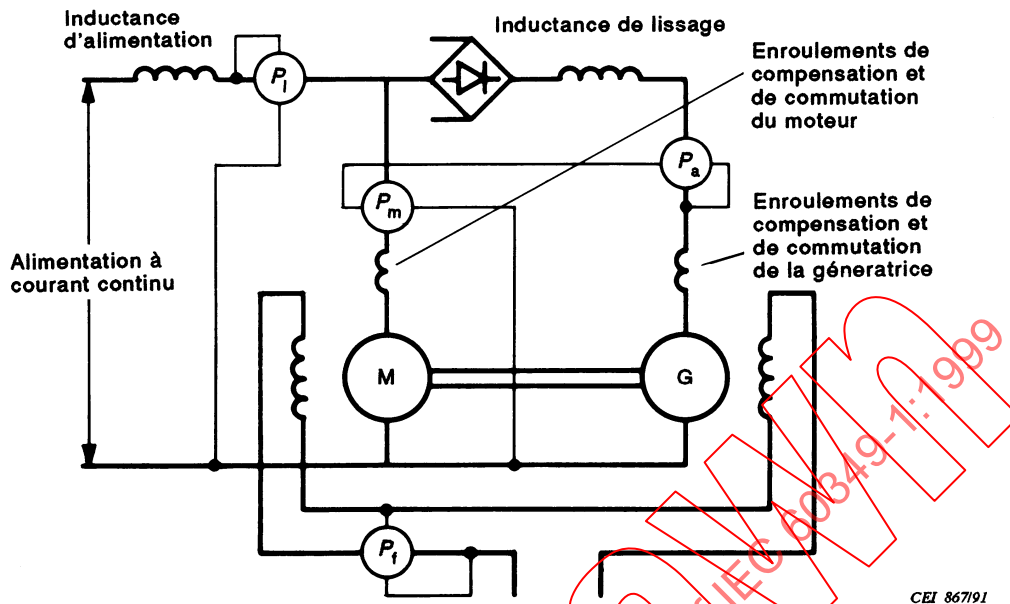
$$\frac{2P_m - P_{lt} - P_{sm} + 2(R - R_t)I_m^2}{2(P_m + r_s I_s^2)}$$

For the measurements of P_{lt} , P_{sm} and P_m , the use of milliwattmeters is recommended. The current coils should be fed from suitable shunts and the voltage coil through suitable resistors.

The smoothing inductor shall be adjusted so as to give a current ripple factor of the same order of magnitude as that obtained under rated supply voltage conditions.

Figure B.5 – Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in series

B.4.6 Connexion en parallèle pour moteurs à courant ondulé à excitation séparée



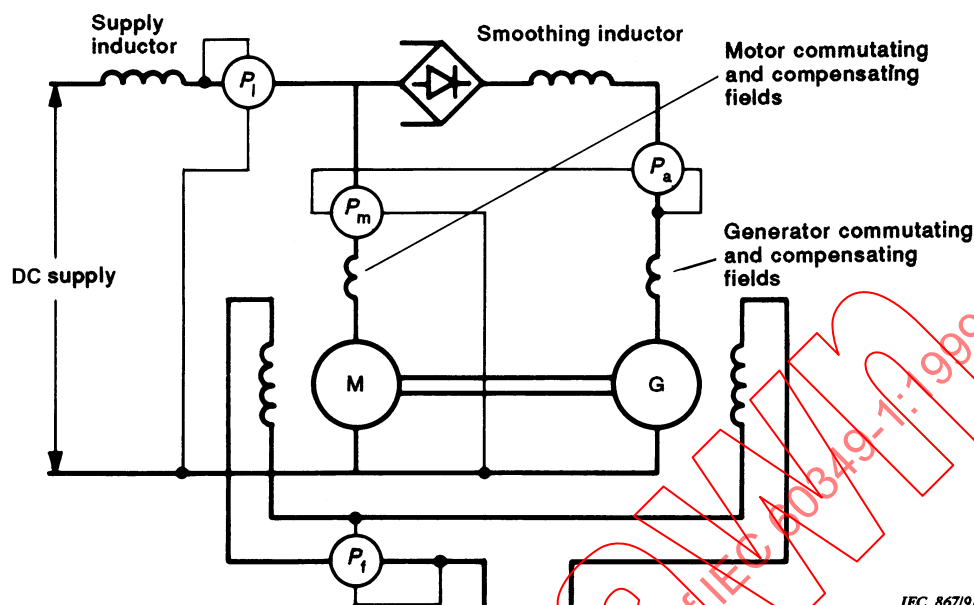
CEI 867/91

$$\text{Rendement du moteur} = \frac{2P_m - P_1 - P_a - R_a I_m^2 + R_m I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_l + 2(R - R_t) I_m^2}{2(P_m + P_t)}$$

L'inductance dans le circuit d'alimentation sert à limiter l'ondulation du courant dans l'alimentation.

Figure B.6 – Schéma pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à courant ondulé par la méthode de récupération avec connexion des machines en parallèle

B.4.6 Parallel connection for separately excited pulsating current motors

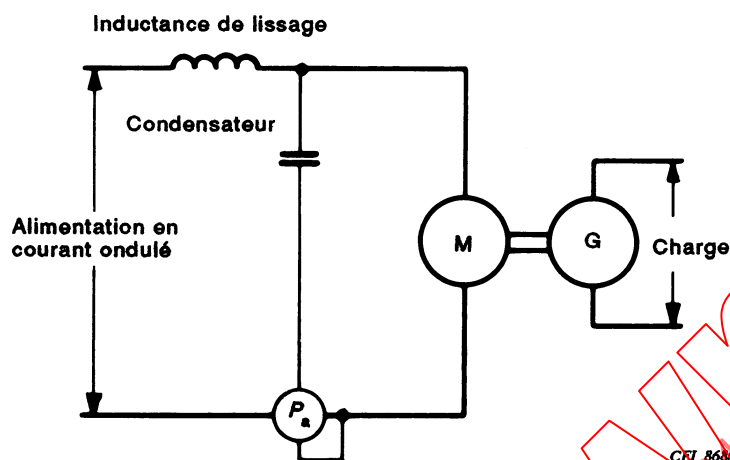


$$\text{Motor efficiency} = \frac{2 P_m - P_1 - P_a - R_a I_m^2 + R_m I_m^2 + R_g I_g^2 - U_c I_l + 2(R - R_t) I_m^2}{2(P_m + P_t)}$$

The purpose of the inductor in the supply circuit is to limit the ripple current fed into the supply.

Figure B.6 – Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in parallel

B.5 Mesure des pertes alternatives des moteurs à courant ondulé



$$\text{Rendement en courant ondulé} = \frac{\text{rendement en courant continu}}{1 + \frac{P_a}{U_m I_m}}$$

P_a est mesurée par un wattmètre exact jusqu'à 200 Hz.

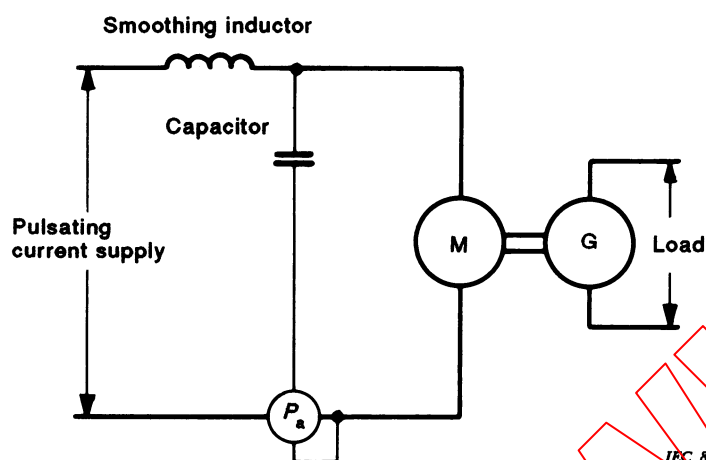
Le rendement est d'abord déterminé pour le moteur alimenté en courant continu.

Le moteur est ensuite alimenté par une source appropriée de courant ondulé à la même tension U_m (valeur moyenne) et au même courant I_m (valeur moyenne). Il entraîne une génératrice dont la charge peut être ajustée de sorte que le courant du moteur soit égal à I_m (il n'est pas nécessaire de prévoir des mesures sur la génératrice).

P_a est mesurée avec un wattmètre alternatif dont la bobine courant est alimentée à travers un shunt approprié et dont la bobine tension, reliée aux bornes du moteur par l'intermédiaire d'un condensateur, est simplement soumise à la composante alternative de la tension.

Figure B.7 – Schéma pour la mesure des pertes alternatives des moteurs à courant ondulé

B.5 Measurement of the a.c. losses of pulsating current motors



$$\text{Pulsating current efficiency} = \frac{\text{DC efficiency}}{1 + \frac{P_a}{U_m I_m}}$$

P_a is measured by a wattmeter accurate up to 200 Hz.

The efficiency is first determined for the motor supplied on d.c.

The motor is then fed by a suitable source of pulsating current at the same voltage U_m (mean arithmetic value) and same current I_m (mean arithmetic value). It drives a generator the load of which can be adjusted so that the motor current is equal to I_m (measurements on the generator are not needed).

P_a is measured with an a.c. wattmeter, the current coil of which is fed across a suitable shunt whereas the voltage coil, connected across the motor terminals through a capacitor, is only subjected to the a.c. components of the voltage.

Figure B.7 – Circuit for the measurement of the a.c. losses of pulsating current motors

B.6 Méthode de sommation des pertes

B.6.1 Généralités

Il convient que le rendement soit déterminé suivant les articles adéquats de la CEI 60034-2, à l'exception des exigences particulières suivantes qu'il convient d'appliquer aux machines qui satisfont à la présente norme. Il convient que

- a) la température de référence soit 150 °C;
- b) la chute de tension totale au contact des balais soit prise égale à 3 V si les balais ne comportent pas de connexions souples et à 2 V, s'ils en comportent;
- c) les pertes par effet Joule dans les enroulements parcourus par des courants pulsés soient corrigées conformément à la figure B.9;
- d) les valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction soient celles de la figure B.10;
- e) les pertes supplémentaires en charge soient prises en compte conformément à B.6.2.

B.6.2 Pertes supplémentaires en charge

B.6.2.1 Machines à courant continu

Il convient que les pertes supplémentaires en charge d'une machine à courant continu compensée soient prises égales aux pertes parasites en court-circuit qui sont définies comme étant la puissance totale absorbée diminuée des pertes par effet Joule, des pertes par frottement et des pertes par ventilation, lorsque la machine fonctionne en tant que génératrice débitant en court-circuit le courant de charge à la vitesse en charge.

Il convient que les pertes supplémentaires en charge d'une machine à courant continu non compensée soient considérées comme égales aux pertes parasites en court-circuit multipliées par une constante k_1 , déduite de la figure B.8. le rapport des ampères-tours de champ sur les ampères-tours d'induit étant celui du point de charge.

B.6.2.2 Machines asynchrones à courant alternatif

Lorsque la CEI 60034-2 n'est pas applicable, il est recommandé d'utiliser la CEI 60349-3.

B.7 Documents de référence

CEI 60034-2:1972, *Machines électriques tournantes – Deuxième partie: 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 60349-3:1995, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 3: Détermination des pertes totales des moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur par sommation des pertes élémentaires*

B.6 Summation of losses method

B.6.1 General

The efficiency should be determined in accordance with the relevant clauses of IEC 60034-2, except that the following special requirements should apply to machines complying to this standard:

- a) the reference temperature should be 150 °C;
- b) the total brush contact voltage drop should be taken as 3 V if the brushes do not have flexible connections and 2 V if connections are fitted;
- c) the I^2R loss in windings carrying pulsating currents should be corrected in accordance with figure B.9;
- d) conventional values of traction motor transmission losses should be in accordance with figure B.10;
- e) additional load losses should be included in accordance with B.6.2.

B.6.2 Additional load losses

B.6.2.1 DC machines

The additional load loss of a compensated d.c. machine should be taken as equal to the short-circuit stray loss, which is defined as the total input, less the I^2R , friction and windage losses, when the machine is run as a generator on short circuit at the same current and speed as for the load point.

The additional load loss of an uncompensated d.c. machine should be taken as the short-circuit stray loss multiplied by a constant k_1 , obtained from figure B.8, the ratio of field to armature ampere turns being that at the load point.

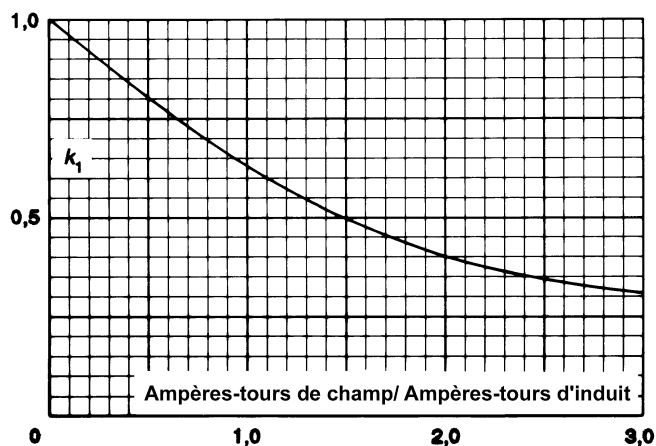
B.6.2.2 Asynchronous a.c. machines

Where IEC 60034-2 is not applicable, IEC 60349-3 should be used.

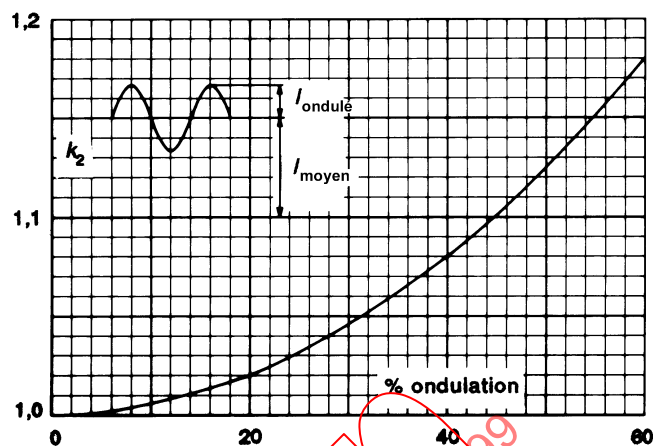
B.7 Reference documents

IEC 60034-2:1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 60349-3:1995, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 3: Determination of the total losses of convertor-fed alternating current motors by summation of component losses*



CEI 869/91



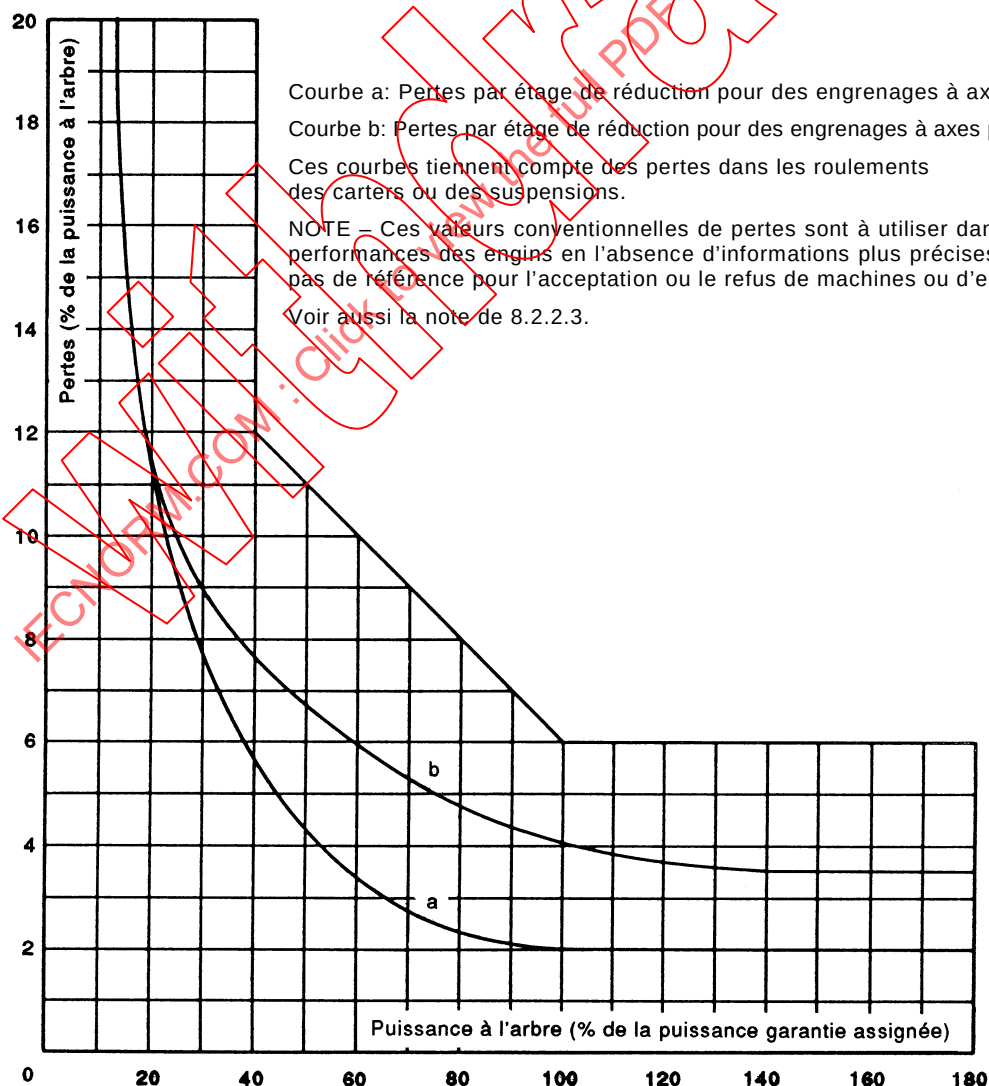
CEI 870/91

Figure B.8 – Facteur correctif pour les pertes supplémentaires en charge des machines à courant continu non compensées

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{I_{\text{ondulé}}}{I_{\text{moyen}}} \right)^2$$

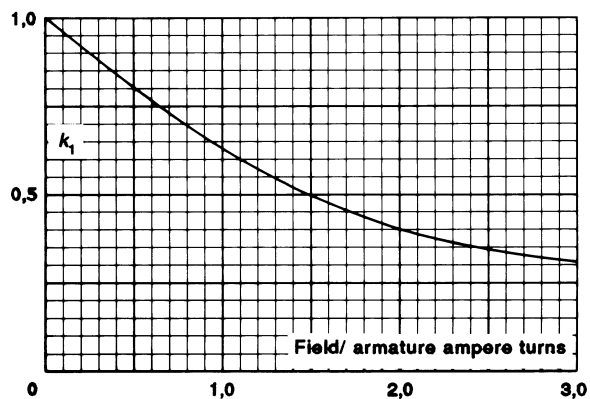
Pertes Joule corrigées = $I_{\text{moyen}}^2 \times k_2 \times R$

Figure B.9 – Facteur correctif pour pertes Joule en courant ondulé

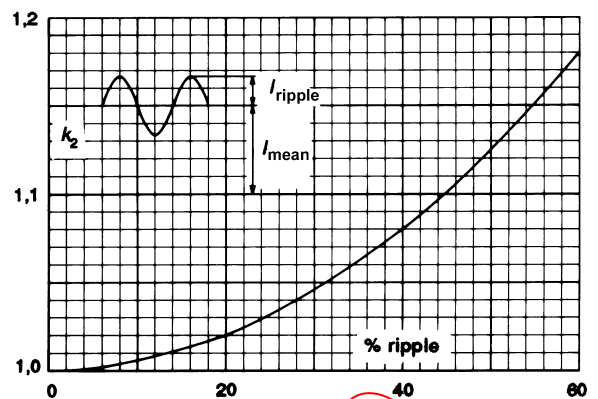


CEI 259/93

Figure B.10 – Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction



IEC 869/91



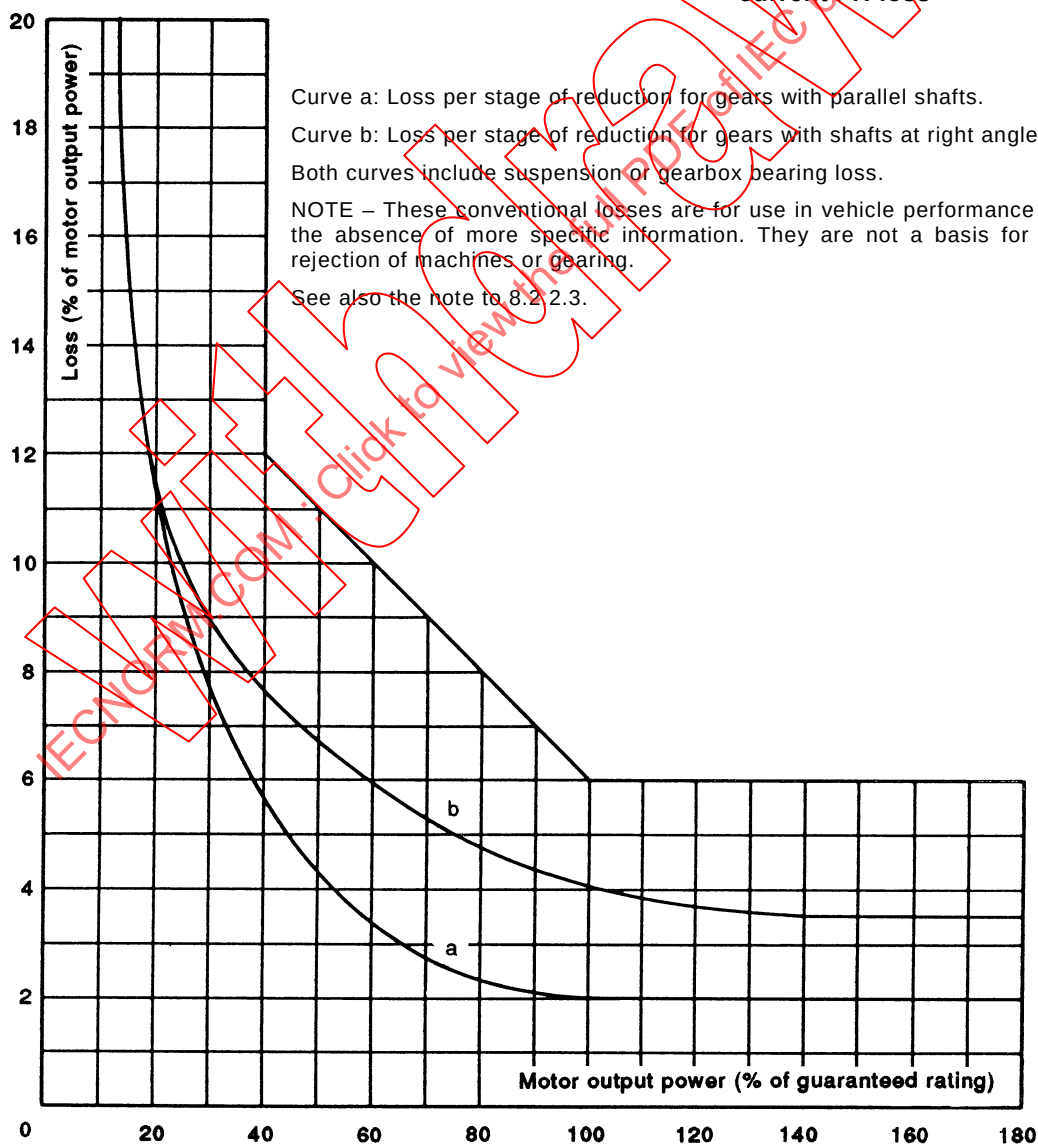
IEC 870/91

$$K_2 = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{I_{\text{ripple}}}{I_{\text{mean}}} \right)^2$$

$$\text{Corrected } I^2R \text{ loss} = I_{\text{mean}}^2 \times k_2 \times R$$

Figure B.8 – Correction factor for additional load loss of uncompensated d.c. machines

Figure B.9 – Correction factor for pulsating current I^2R loss



IEC 259/93

Figure B.10 – Conventional values of traction motor transmission losses

Annexe C (informative)

Bruit

C.1 Mesure du bruit

Si une mesure du bruit est requise, il convient qu'elle soit spécifiée par l'exploitant et effectuée sur une seule machine de la commande. Toutefois, si l'exploitant l'accepte, un résultat d'essai de bruit conforme à la présente norme (ou à l'ISO 1680:1970) effectué sur une machine identique mais d'une série antérieure peut être considéré comme satisfaisant.

Il convient que la mesure soit conforme à la méthode suivante. On suppose que la mesure en champ libre est impossible et que les conditions sont semi-réverbérantes. Il convient que le résultat des mesures soit toujours exprimé en dB (A), en largeur de bande de un octave, et dans les bandes de fréquence réellement employées.

C.2 Terminologie et définitions

Pour les besoins de la présente annexe, les termes et les définitions suivants sont utilisés.

C.2.1

niveau de pression acoustique

niveau de pression acoustique L_p , exprimé, en décibels, par

$$20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

où

p est la pression acoustique mesurée;

p_0 est la pression acoustique de référence, exprimée dans les mêmes unités que p et égale à $2,10^{-5}$ N/m² ou 20 µN/m²

C.2.2

niveau sonore

lecture donnée par un sonomètre conforme à la CEI 60651

C.2.3

spectre acoustique

spectre montrant la distribution du niveau de pression acoustique dans la gamme de fréquences. L'allure du spectre dépend des caractéristiques de largeur de bande de l'analyseur utilisé

C.2.4

niveau de pression acoustique de bande

pour une bande de fréquences acoustiques spécifiée, niveau de pression acoustique non pondéré correspondant à l'énergie acoustique contenue à l'intérieur de la bande

Annex C (informative)

Noise

C.1 Noise measurement

If noise measurement is required it should be specified by the user and carried out on one machine of the order only, except that, if acceptable to the user, a test record in accordance with this standard (or ISO 1680:1970) of an identical machine constructed on a previous occasion may be regarded as meeting the requirement for noise measurement.

Measurement should be in accordance with the following method. It is assumed that free-field measurement is impracticable and that semi-reverberant conditions exist. The results of the measurements should always be expressed in dB (A), in octave band, in the actual frequency bands employed.

C.2 Terms and definitions

For the purpose of this annex the following terms and definitions are used.

C.2.1

sound pressure level

sound pressure level, L_p , expressed in decibels as

$$20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

where

p is the measured sound pressure;

p_0 is the reference sound pressure expressed in the same units as p and is equal to $2,10^{-5}$ N/m² or 20 µN/m²

C.2.2

sound level

reading given by a sound level meter complying with IEC 60651

C.2.3

noise spectrum

spectrum showing the sound pressure level distribution throughout the frequency range. The appearance of the spectrum depends on the bandwidth characteristics of the analyzer used

C.2.4

band pressure level

for a specified frequency band, effective unweighted sound pressure level corresponding to the sound energy contained within the band

C.2.5

niveau de puissance acoustique

niveau de puissance acoustique L_P exprimé, en décibels, par

$$10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

où

P est la puissance acoustique mesurée;

P_0 est la puissance acoustique de référence exprimée dans les mêmes unités que P et égale à 10^{-12} W (ou 1 pW)

NOTE – L_{PA} est un niveau de puissance acoustique pondéré déterminé de telle sorte que le niveau de puissance acoustique dans chacune des bandes de fréquences soit pondéré suivant l'échelle A.

C.2.6

contour prescrit

ligne imaginaire autour de la machine comme elle est détaillée dans la présente annexe et le long de laquelle les points de mesure sont situés

C.2.7

hémisphère équivalent

hémisphère imaginaire entourant la machine sur laquelle les mesures sont supposées être faites; son rayon est appelé r_s

C.3 Conditions d'essais

C.3.1 Préparation de la machine

Les vibrations transmises du support d'une machine à ses éléments de montage, ou à d'autres parties de la salle d'essais peuvent influencer le niveau de pression acoustique dans la salle d'essais. Il convient que de tels effets soient minimisés, par exemple en montant la machine sur des supports élastiques convenablement étudiés.

Il convient que la machine soit complète avec tous ses capots en place et ne soit accouplée à aucun autre équipement. Il convient que les moteurs de traction soient testés sans leurs engrenages associés.

Il convient que les machines à ventilation séparée soient testées avec leur flux d'air normal mais que le ventilateur soit disposé de manière que son bruit propre n'affecte pas trop les résultats.

C.3.2 Conditions de fonctionnement

Il convient que la machine fonctionne à vide à sa vitesse normale de fonctionnement ou bien, s'il existe une plage de vitesses, à sa vitesse maximale de fonctionnement pour l'application en question. Il convient qu'une machine conçue pour fonctionner à deux ou plus de deux valeurs discrètes de vitesse soit testée à chacune de ces vitesses. Il convient qu'une machine réversible soit testée dans les deux sens de rotation.

C.3.3 Bruit de fond

Il convient que les résultats des mesures à chaque point de mesure soient corrigés pour tenir compte des effets de tout *bruit de fond*, c'est-à-dire de tout bruit aux points de mesure autre que celui de la machine en cours d'essai. Cela inclut aussi le bruit de tout équipement d'essai.