

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
349**

Deuxième édition  
Second edition  
1991-11

---

---

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

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 349: 1991

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

## Terminologie

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

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

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

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

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

## Terminology

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

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

## Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

## IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
349

Deuxième édition  
Second edition  
1991-11

---

---

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

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

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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

---

---



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.....	8
 Articles	
<b>SECTION 1: GÉNÉRALITÉS</b>	
1.1 Domaine d'application et objet .....	10
1.2 Références normatives .....	12
1.3 Conditions de service .....	14
 <b>SECTION 2: DÉFINITIONS</b>	
2.1 Généralités .....	16
2.2 Régime assigné d'une machine .....	16
2.3 Tension assignée .....	18
2.4 Vitesse assignée d'une machine .....	20
2.5 Tension maximale (ou minimale) d'une machine .....	20
2.6 Courant maximal .....	22
2.7 Vitesse maximale d'utilisation .....	22
2.8 Puissances des machines électriques et des moteurs thermiques .....	22
2.9 Caractéristiques d'une génératrice principale .....	24
2.10 Taux d'excitation d'un moteur série .....	24
2.11 Résistance effective d'un moteur série .....	24
2.12 Taux d'ondulation .....	24
2.13 Fréquence d'ondulation .....	24
2.14 Réglage par impulsions .....	24
 <b>SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES</b>	
3.1 Généralités .....	26
3.2 Température de référence .....	26
3.3 Caractéristiques de rendement .....	26
3.4 Caractéristiques des moteurs de traction à collecteurs .....	26
3.5 Caractéristiques des moteurs de traction polyphasés .....	28
3.6 Caractéristiques des génératrices principales .....	30
3.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires .....	30
3.8 Caractéristiques des génératrices auxiliaires .....	32
3.9 Caractéristiques des groupes moteurs-générateurs auxiliaires et des convertisseurs tournants .....	32
 <b>SECTION 4: MARQUAGE</b>	
4.1 Plaque signalétique .....	34
4.2 Marquage des câbles et des bornes .....	34
 <b>SECTION 5: CATÉGORIES D'ESSAIS</b>	
5.1 Catégories d'essais .....	36
5.2 Liste des essais .....	38

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	9
Clause	
<b>SECTION 1: GENERAL</b>	
1.1 Scope and object .....	11
1.2 Normative references .....	13
1.3 Service conditions .....	15
<b>SECTION 2: DEFINITIONS</b>	
2.1 General .....	17
2.2 Rating of a machine .....	17
2.3 Rated voltage .....	19
2.4 Rated speed of a machine .....	21
2.5 Maximum (or minimum) voltage of a machine .....	21
2.6 Maximum current .....	23
2.7 Maximum working speed .....	23
2.8 Output and input power of electrical machines and heat engines .....	23
2.9 Main generator characteristics .....	25
2.10 Effective field ratio of a series motor .....	25
2.11 Effective resistance of a series motor .....	25
2.12 Ripple factor .....	25
2.13 Pulsation frequency .....	25
2.14 Pulse control .....	25
<b>SECTION 3: CHARACTERISTICS</b>	
3.1 General .....	27
3.2 Reference temperature .....	27
3.3 Efficiency characteristics .....	27
3.4 Commutator type traction motor characteristics .....	27
3.5 Polyphase a.c. traction motor characteristics .....	29
3.6 Main generator characteristics .....	31
3.7 Auxiliary motor characteristics .....	31
3.8 Auxiliary generator characteristics .....	33
3.9 Auxiliary motor-generator set and rotary convertor characteristics .....	33
<b>SECTION 4: MARKING</b>	
4.1 Nameplate .....	35
4.2 Terminal and lead markings .....	35
<b>SECTION 5: TEST CATEGORIES</b>	
5.1 Test categories .....	37
5.2 Summary of tests .....	39

Articles

Pages

SECTION 6: ESSAIS DE TYPE

6.1	Essais d'échauffement .....	40
6.2	Relevé des caractéristiques et tolérances .....	52
6.3	Essais de commutation .....	60
6.4	Essais en régime transitoire .....	64
6.5	Essais de court-circuit des alternateurs principaux et auxiliaires .....	68
6.6	Essais de démarrage .....	70
6.7	Essais de survitesse .....	72

SECTION 7: ESSAIS DE SÉRIE

7.1	Essais de bon fonctionnement de courte durée .....	74
7.2	Essais de détermination des caractéristiques et tolérances .....	76
7.3	Essais de commutation .....	82
7.4	Essais de survitesse .....	82
7.5	Essais diélectriques .....	84
7.6	Essais de vibrations .....	86
7.7	Mesure de la déformation radiale du collecteur .....	88

Annexes

A	Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement .....	96
B	Bruit .....	122
C	Tensions d'alimentation des réseaux de traction .....	128
D	Accords entre exploitant et constructeur .....	130

Tableaux

1	Liste des essais (article 5.2) .....	38
2	Limites d'échauffement pour les régimes assignés continus ou autres (article 6.1) .....	50
3	Valeurs d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée (paragraphe 6.1.9) .....	52
4	Tolérances sur la vitesse des moteurs de traction à collecteur (paragraphe 6.2.2.2) .....	54
5	Tensions d'essais diélectriques (article 7.5) .....	86
6	Limites de la déformation radiale du collecteur (article 7.7) .....	88
B.1	Limites de niveau de bruit aérien moyen généré par les machines électriques tournantes autres que moteurs de traction, pour véhicules ferroviaires et routiers (article B.3) .....	126

Figures

1	Caractéristiques typiques des moteurs à courant alternatif (article 3.5) .....	90
2	Définition des régimes d'essais pour moteurs de traction à collecteur (paragraphe 6.2.2.2, 6.3.2, 7.2.2, 7.3.2) .....	92
3	Définition des régimes d'essais pour génératrices principales (paragraphe 6.2.4, 6.3.3, 7.2.4, 7.3.3) .....	94

Clause	Page
--------	------

### SECTION 6: TYPE TESTS

6.1	Temperature-rise tests .....	41
6.2	Characteristic tests and tolerances .....	53
6.3	Commutation tests .....	61
6.4	Transient tests .....	65
6.5	Short-circuit tests on main and auxiliary alternators .....	69
6.6	Starting tests .....	71
6.7	Overspeed tests .....	73

### SECTION 7: ROUTINE TESTS

7.1	Short-time soundness test .....	75
7.2	Characteristic tests and tolerances .....	77
7.3	Commutation tests .....	83
7.4	Overspeed tests .....	83
7.5	Dielectric tests .....	85
7.6	Vibration tests .....	87
7.7	Commutator radial run-out measurement .....	89

#### Annexes

A	Methods of determining losses and efficiency .....	97
B	Noise .....	123
C	Supply voltages of traction systems .....	129
D	Agreement between user and manufacturer .....	131

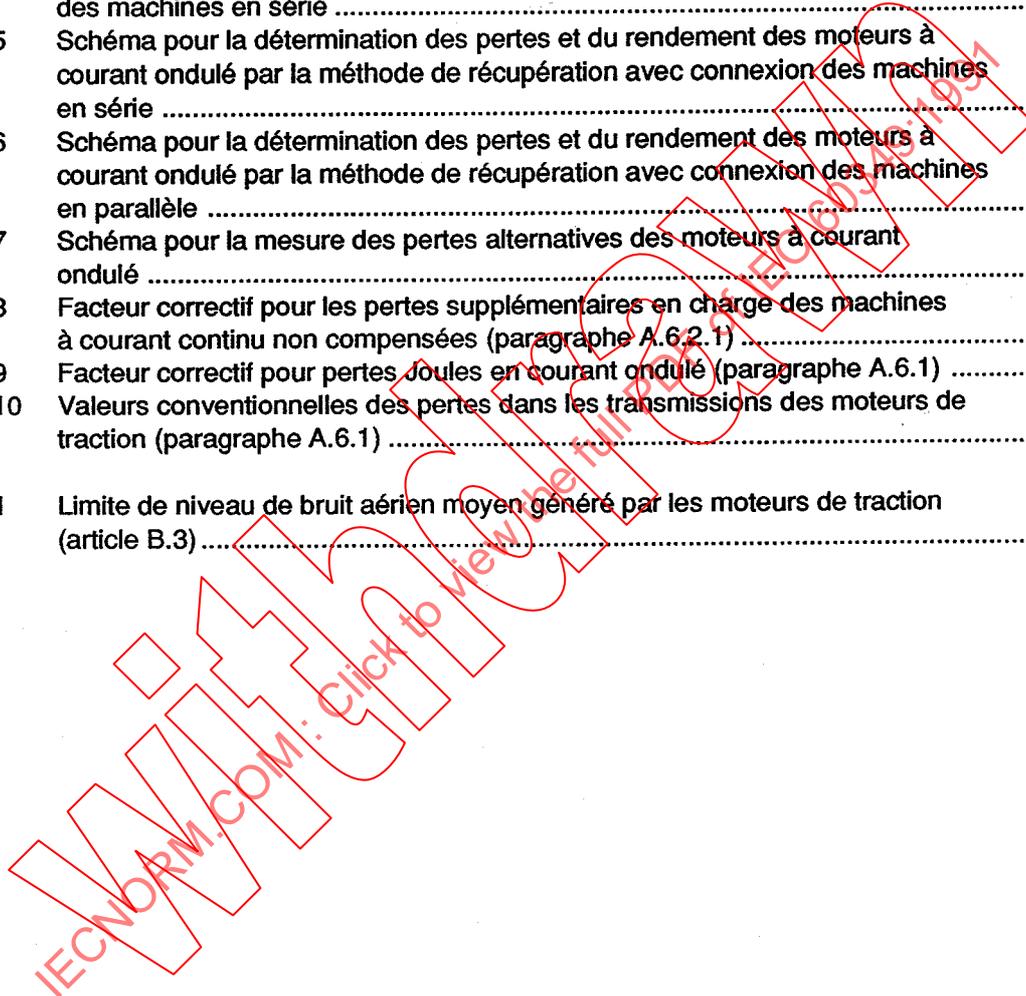
#### Tables

1	Summary of tests (clause 5.2) .....	39
2	Limits of temperature rise for continuous or other ratings (clause 6.1) .....	51
3	Temperature rise for short-time overload rating (subclause 6.1.9) .....	53
4	Tolerances on the speed of commutator type traction motors (subclause 6.2.2.2) .....	55
5	Dielectric test voltages (clause 7.5) .....	87
6	Limits of commutator radial run-out (clause 7.7) .....	89
B.1	Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by rotating electrical machines for rail and road vehicles other than traction motors (clause B.3) .....	127

#### Figures

1	Typical a.c. motor characteristics (clause 3.5) .....	91
2	Commutator type traction motor test points (subclauses 6.2.2.2, 6.3.2, 7.2.2, 7.3.2) .....	93
3	Main generator test points (subclauses 6.2.4, 6.3.3, 7.2.4, 7.3.3) .....	95

A.1	Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en parallèle .....	102
A.2	Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série .....	104
A.3	Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série avec accouplement mécanique ..	106
A.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 .....	108
A.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 .....	110
A.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 .....	112
A.7	Schéma pour la mesure des pertes alternatives des moteurs à courant ondulé .....	114
A.8	Facteur correctif pour les pertes supplémentaires en charge des machines à courant continu non compensées (paragraphe A.6.2.1) .....	120
A.9	Facteur correctif pour pertes Joules en courant ondulé (paragraphe A.6.1) .....	120
A.10	Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction (paragraphe A.6.1) .....	120
B.1	Limite de niveau de bruit aérien moyen généré par les moteurs de traction (article B.3) .....	124



	Page
A.1 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in parallel .....	103
A.2 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series .....	105
A.3 Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series and with mechanical drive .....	107
A.4 Circuit for determining loss and efficiency of single-phase a.c. commutator motors by the regenerative method with the machines connected in series .....	109
A.5 Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in series .....	111
A.6 Circuit for determining loss and efficiency of pulsating current motors by the regenerative method with the machines connected in parallel .....	113
A.7 Circuit for the measurement of the a.c. losses of pulsating current motors .....	115
A.8 Correction factor for additional load loss of uncompensated d.c. machines (subclause A.6.2.1) .....	121
A.9 Correction factor for pulsating current I <sup>2</sup> R loss (subclause A.6.1) .....	121
A.10 Conventional values of traction motor transmission losses (subclause A.6.1) .....	121
B.1 Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction motors (clause B.3) .....	125

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60449:1991

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TRACTION ÉLECTRIQUE

### MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS

#### AVANT-PROPOS

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

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

Cette norme constitue la deuxième édition de la CEI 349 et remplace la première édition parue en 1971.

A la suite de l'approbation du projet selon la Règle des Six Mois, le Comité d'Etudes n° 9, lors de sa réunion tenue à Istanbul en 1988, a décidé que le développement rapide de la technologie des moteurs alimentés par convertisseur justifiait une révision des articles se référant à ces machines.

Cette révision est terminée et ses recommandations techniques ont été approuvées par le Comité d'Etudes n° 9 lors de sa rencontre de Stockholm de 1991. En cas de vote favorable, une Norme internationale CEI 349-2: Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur - sera publiée.

Les références à ce type de moteurs figurant dans la présente Norme CEI 349, seront retirées et cette Norme renommée CEI 349-1: Traction électrique – Machines tournantes pour véhicules ferroviaires et routiers - Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
9(BC)281/CMT 166	9(BC)286

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

Les annexes B et C font partie intégrante de cette Norme internationale.

Les annexes A et D sont données uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ELECTRIC TRACTION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL  
AND ROAD VEHICLES

## FOREWORD

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

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

It constitutes the second edition of IEC 349 and supersedes the first edition issued in 1971.

Subsequent to approval of the draft under the Six Months' Rule, the decision of Technical Committee No. 9 at its meeting held in Istanbul in 1988 was that the rapid development of convertor-fed motor technology justified a review of the clauses referring to such machines

The review has been completed and its technical recommendations approved by Technical Committee No. 9 at the meeting held in Stockholm in 1991. Subject to favourable voting, an International Standard, IEC 349-2: Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors - will be published.

The references to this type of motor, which at present appear in this standard IEC 349, will be deleted and this standard retitled IEC 349-1: Electric traction - Rotating electrical machines for rail and road vehicles - Part 1: Machines other than convertor-fed alternating current motors.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
9(CO)281/CMT 166	9(CO)286

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

Annexes B and C form an integral part of this International Standard.

Annexes A and D are for information only.

# TRACTION ÉLECTRIQUE

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS

### SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

#### 1.1 Domaine d'application et objet

1.1.1 La présente Norme internationale est applicable aux machines électriques tournantes 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.

#### NOTES

- 1 La présente norme est également applicable aux machines installées sur les remorques attelées aux-dits véhicules.
- 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 elle ne couvre pas les dispositifs antidéflagrants ou autres équipement spéciaux qui pourraient être nécessaires.
- 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, tels que les moteurs d'essuie-glaces, qui peuvent être utilisées sur tous types de véhicules.
- 4 Des machines de type industriel conformes à la CEI 34 peuvent convenir pour certaines fonctions auxiliaires.

1.1.2 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).

Tous ces courants peuvent être obtenus et/ou régulés par réglage de phase ou d'impulsions.

1.1.3 Dans la présente norme, les machines électriques concernées sont classées comme suit:

#### 1.1.3.1 Moteurs de traction

Moteurs utilisés pour propulser des véhicules ferroviaires ou routiers.

# ELECTRIC TRACTION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND ROAD VEHICLES

### SECTION 1: GENERAL

#### 1.1 Scope and object

1.1.1 This International Standard is applicable to rotating electrical machines 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.

#### NOTES

- 1 This standard also applies to machines installed on trailers hauled by electrically propelled vehicles.
- 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.
- 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. It does not apply either to minor machines such as windscreen wiper motors, etc. that may be used on all types of vehicles.
- 4 Industrial type machines complying with IEC 34 may be suitable for certain auxiliary applications.

1.1.2 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).

All the above may be synthesized and/or varied by phase or pulse control.

1.1.3 For the purpose of this standard, the electrical machines concerned are classified as follows:

##### 1.1.3.1 *Traction motors*

Motors for propelling rail or road vehicles.

### 1.1.3.2 *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.

### 1.1.3.3 *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.

### 1.1.3.4 *Moteurs auxiliaires*

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

### 1.1.3.5 *Génératrices auxiliaires*

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

### 1.1.3.6 *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.

## 1.2 **Références normatives**

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 34-2: 1972, *Machines électriques tournantes - 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 34-5: 1991, *Machines électriques tournantes - Cinquième partie: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes.*

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

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

CEI 50(131): 1978: *Vocabulaire électrotechnique international - Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques.*

### 1.1.3.2 *Engine-driven main generators*

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

### 1.1.3.3 *Main motor-generator sets*

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

### 1.1.3.4 *Auxiliary motors*

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

### 1.1.3.5 *Auxiliary generators*

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

### 1.1.3.6 *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.

## 1.2 Normative references

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

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

IEC 34-5: 1991, *Rotating electrical machines - Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures for rotating machines*.

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

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

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

CEI 50 (151): 1978, *Vocabulaire électrotechnique international - Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.*

CEI 50 (411): 1973, *Vocabulaire électrotechnique international - Chapitre 411: Machines tournantes.*

CEI 50 (811): 1991, *Vocabulaire électronique international - Chapitre 811: Traction électrique.*

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

CEI 411, *Convertisseurs de puissance pour la traction.*

CEI 638: 1979, *Critères d'appréciation et cotation de la commutation des machines tournantes de traction.*

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

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

### 1.3 Conditions de service

En l'absence de spécification particulière de l'exploitant, on admettra que les conditions de service 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 en des régions où l'une de ces limites (ou les deux) sont dépassées, des dispositions spéciales pourront 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.

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

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

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

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

IEC 411, *Power convertors for electric traction.*

IEC 638: 1979, *Criteria for assessing and coding of the commutation of rotating electrical machines for traction.*

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

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

### 1.3 Service conditions

Unless otherwise specified by the user, the following service 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.

## SECTION 2: DÉFINITIONS

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

## 2.1 Généralités

Pour la définition des termes généraux utilisés dans la présente Norme internationale, on se reportera aux CEI 50(131), CEI 50(151), CEI 50(411) et CEI 50(811).

**2.2 régime assigné d'une machine:** Ensemble des valeurs simultanées des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribué à la machine par le constructeur.

**2.2.1 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.

**2.2.2 régime continu assigné:** Charge électrique que la machine peut supporter au banc d'essai pendant une durée illimitée dans les conditions énoncées en 6.1 sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au tableau 2, toutes les autres prescriptions de la présente norme étant également satisfaites.

**2.2.2.1 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).

## NOTES

- 1 Ces deux régimes continus correspondent à des points de la caractéristique régulée à pleine puissance définie en 2.9.2 ou de la caractéristique intrinsèque définie en 2.9.3.
- 2 Des régimes similaires à ceux définis ci-dessus peuvent, dans les cas appropriés, s'appliquer aux groupes moteurs-générateurs principaux.

**2.2.3 régime de courte durée assigné (unihoraire 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 6.1 et commencé avec la machine froide (voir 6.1.3.1), toutes les autres prescriptions de la présente norme étant également satisfaites.

**2.2.4 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 dans le tableau 3, l'essai étant commencé et effectué dans les conditions énoncées en 6.1.9.

## SECTION 2: DEFINITIONS

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

## 2.1 General

For the definitions of general terms used in this International Standard, reference should be made to IEC 50(131), IEC 50(151), IEC 50(411) and IEC 50(811).

**2.2 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.

**2.2.1 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.

**2.2.2 continuous rating:** Electrical load the machine can withstand on the test bed for an unlimited period under the conditions specified in 6.1 without exceeding the limits of temperature rise given in table 2, all other appropriate requirements in this standard also being satisfied.

**2.2.2.1 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).

### NOTES

- 1 These two continuous ratings correspond to points on the full power regulated characteristic as defined in 2.9.2 or on the inherent characteristic as defined in 2.9.3.
- 2 Ratings similar to those specified above may, where appropriate, be applied to a main motor-generator set.

**2.2.3 short-time (for example, one hour) 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 6.1 starting with the machine cold (see 6.1.3.1), all other appropriate requirements in this standard also being satisfied.

**2.2.4 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 6.1.9).

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 de périodes à un régime supérieur. Ces régimes sont le plus souvent susceptibles de se produire dans les applications de locomotives. Ils ne correspondent pas à des cycles répétés comportant de courtes charges tels qu'on en rencontre dans les transports urbains et similaires, et ne doivent pas être spécifiés pour de telles applications.

**2.2.5 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.

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

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

**2.2.7.1 régime assigné garanti d'un moteur de traction:** Le régime assigné garanti est normalement le 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.

**2.2.7.2 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 2.2.2.1, mais, dans certains cas, constructeur et exploitant peuvent convenir qu'il s'agit de régimes assignés de courte durée ou de régimes intermittents assignés.

**2.2.7.3 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.

**2.2.7.4 régime assigné garanti d'une machine auxiliaire:** Sauf spécification contraire, le régime assigné garanti est le régime assigné continu.

**2.3 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.

**2.3.1 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 en annexe C.

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).

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.

**2.2.5 *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.

**2.2.6 *equivalent rating:*** Continuous rating with constant values of voltage, current and speed that, as far as temperature rise is concerned, is equivalent to 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.

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

**2.2.7.1 *guaranteed rating of a traction motor:*** The guaranteed rating is normally the continuous rating, but in special cases the manufacturer and user may agree that it is a short time or intermittent rating.

**2.2.7.2 *guaranteed ratings of an engine-driven main generator:*** The guaranteed ratings are normally the two continuous ratings defined in 2.2.2.1, but in special cases, the manufacturer and user may agree that they are short-time or intermittent ratings.

**2.2.7.3 *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.

**2.2.7.4 *guaranteed rating of an auxiliary machine:*** Unless otherwise specified, the guaranteed rating is the continuous rating.

**2.3 *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.

**2.3.1 *rated voltage of a motor fed directly or indirectly from a contact system (including motors of motor-generator sets):*** The 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 C.

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.

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.

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

**2.3.2.1 moteurs de traction:** La tension assignée est celle correspondant à la tension maximale de la source quand celle-ci alimente le moteur à son courant assigné.

**2.3.2.2 moteurs auxiliaires:** La tension assignée est celle correspondant à la tension nominale du réseau auxiliaire d'alimentation (voir note de 2.3.4).

**2.3.3 tensions assignées d'une génératrice principale:** Les deux tensions assignées correspondant aux deux régimes assignés continus définis en 2.2.2.1.

**2.3.4 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 - La tension nominale du réseau d'alimentation auxiliaire doit être normalement 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.

**2.4 vitesse assignée d'une machine:** Vitesse correspondant au régime assigné garanti de la machine.

**2.4.1 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.

**2.4.2 vitesse assignée d'une génératrice entraînée par l'essieu:** Vitesse fixée par accord entre le constructeur et l'exploitant.

**2.5 tension maximale (ou minimale) d'une machine**

**2.5.1 Généralités**

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.

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.

**2.5.2 machines alimentées directement ou indirectement par la ligne de contact:** Tensions maximales et minimales correspondant normalement aux tensions les plus élevées et les plus basses du réseau de traction (voir annexe C), compte tenu des caractéristiques de régulation des transformateurs ou équipements de commande interposés entre la ligne et la machine.

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

**2.3.2 rated voltage of a motor fed from a generator or battery located on the vehicle:**

**2.3.2.1 traction motors:** The rated voltage is that corresponding to the maximum voltage of the source when supplying the motor at its rated current.

**2.3.2.2 auxiliary motors:** The rated voltage is that corresponding to the nominal voltage of the auxiliary supply (see note to 2.3.4).

**2.3.3 rated voltages of a main generator:** The two rated voltages corresponding to the two continuous ratings defined in 2.2.2.1.

**2.3.4 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.

**2.4 rated speed of a machine:** Speed at the guaranteed rating of the machine.

**2.4.1 rated speed of an engine-driven main or auxiliary generator:** The speed of the generator corresponding to the rated speed of the engine.

**2.4.2 rated speed of an axle driven generator:** The speed agreed between the manufacturer and the user.

**2.5 maximum (or minimum) voltage of a machine**

**2.5.1 General**

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.

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.

**2.5.2 machines supplied directly or indirectly from a contact system:** The maximum and minimum voltages normally correspond to the highest and lowest voltages of the traction system (see annex C), account being taken of the regulation of any transformer or control equipment interposed between the line and the machine.

**2.6 courant maximal:** Valeur maximale du courant indiquée sur les courbes caractéristiques fournies par le constructeur.

## **2.7 vitesse maximale d'utilisation**

**2.7.1 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, cette vitesse ne devra pas être inférieure à celle qui correspond à la vitesse maximale en service du véhicule, en admettant que le diamètre des roues motrices correspond à l'état "usé" dans le cas de roues métalliques ou est égal au diamètre minimal de roulement dans le cas de pneumatiques.

**2.7.2 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 réglée du moteur thermique pour cette application particulière.

NOTE - Celle-ci sera normalement la vitesse maximale réglée à vide. Les variations transitoires de vitesse durant les changements de régime ne seront pas prisés en compte.

**2.7.3 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 2.7.1.

**2.7.4 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 sera tenu compte, pour fixer la vitesse maximale, des conditions les plus défavorables de tension, excitation, fréquence, charge, etc. qui peuvent exister en service.

## **2.8 puissance des machines électriques et des moteurs thermiques**

**2.8.1 puissance utile d'un moteur:** Puissance mécanique disponible à l'arbre du moteur, exprimée en kilowatts (kW).

**2.8.2 puissance maximale utile en service d'un moteur thermique:** Puissance utile maximale attribuée à un moteur thermique pour une application particulière.

**2.8.3 puissance mécanique 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.

**2.6 maximum current:** Maximum value of current shown on the characteristic curve supplied by the manufacturer.

## **2.7 maximum working speed**

**2.7.1 maximum working speed of a traction motor:** The 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.

**2.7.2 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.

**2.7.3 maximum working speed of a generator with a rotational speed proportional to the speed of the vehicle:** The highest rotational speed assigned to the generator by the manufacturer.

See note to 2.7.1.

**2.7.4 maximum working speed of a main or auxiliary motor-generator set, an auxiliary convertor or an auxiliary motor:** The 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.

## **2.8 output and input power of electrical machines and heat engines**

**2.8.1 output power of a motor:** Mechanical output power available at the motor shaft, expressed in kilowatts (kW).

**2.8.2 maximum service output power of a heat engine:** The maximum output power assigned to a heat engine for a particular application.

**2.8.3 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.

## 2.9 caractéristiques d'une génératrice principale

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

2.9.2 *caractéristique régulée à pleine puissance*: Caractéristique régulée correspondant à la puissance utile d'entrée maximale.

2.9.3 *caractéristique intrinsèque*: Caractéristique d'une génératrice fonctionnant sans équipement de régulation pour adapter sa puissance utile à la puissance d'entraînement disponible du moteur thermique.

2.10 **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.

### NOTES

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.

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

2.11 **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 qui prend en compte la présence des circuits de dérivation du courant par rapport aux enroulements d'excitation.

2.12 **taux d'ondulation** (dans le cadre de la présente norme): le taux d'ondulation d'un courant unidirectionnel exprimé en pourcentage est défini par la formule:

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

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 411.

2.13 **fréquence d'ondulation**: Fréquence de la composante alternative fondamentale du courant ondulé ou de la tension ondulée.

2.14 **réglage par impulsions** (dans le cadre de la présente norme): un réglage par impulsions est défini comme étant un 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.

## 2.9 main generator characteristics

**2.9.1 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.

**2.9.2 full power regulated characteristic:** Regulated characteristic corresponding to the maximum available input power.

**2.9.3 inherent characteristic:** Characteristic of a generator designed to operate without load regulating equipment to match its power demand to the available engine output power.

**2.10 effective field ratio of a series motor:** Ratio of the actual field ampere-turns to the maximum obtainable at the same armature current.

### NOTES

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.

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

**2.11 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.

**2.12 ripple factor (for the purpose of this standard):** The 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 411.

**2.13 pulsating frequency:** Frequency of the fundamental alternating component of a pulsating current or voltage.

**2.14 pulse control (for the purpose of this standard):** pulse control is defined as 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.

## SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES

### 3.1 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.

A la suite des essais des premières machines d'une série, des «caractéristiques de base» seront établies à partir des résultats d'essais en accord avec 6.2.

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 seront celles des machines existantes. Dans ce cas, le contrôle de conformité avec les caractéristiques peut se limiter aux seuls essais de série.

### 3.2 Température de référence

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

NOTE - La température de référence affecte légèrement le rendement calculé, une température élevée conduisant à un rendement plus faible.

### 3.3 Caractéristiques de rendement

Les caractéristiques de rendement doivent prendre en compte les pertes dans les résistances additionnelles 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 devra être précisée.

### 3.4 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, elles devront être conformes à la figure A.10 de l'annexe A.

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 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

## SECTION 3: CHARACTERISTICS

### 3.1 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.

When the first few machines of a type have been tested, "declared characteristics" shall be produced from the results in accordance with 6.2.

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.

### 3.2 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 characteristic.

NOTE - The reference temperature will slightly affect the calculated efficiency, a higher temperature giving a lower efficiency.

### 3.3 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.

### 3.4 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 A.10 of annex A.

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

équipement (tel que transformateur ou inductance) qui introduit aux bornes du moteur une chute de tension dépendant du courant. Dans de tels cas, 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 moteur et le courant devra figurer parmi les caractéristiques. Si ces informations ne sont pas disponibles, les caractéristiques seront 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 moteur correspondant à 1,1 fois la tension nominale du réseau d'alimentation.

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

### 3.5 Caractéristiques des moteurs de traction polyphasés

NOTE - Etant donné l'évolution de la technique, l'article 3.5 et les paragraphes 6.2.3 et 7.2.3 relatifs aux machines tournantes polyphasées sont à considérer seulement comme un guide provisoire et sont en cours de révision.

Pour les machines asynchrones, comme pour les machines synchrones, les caractéristiques doivent représenter le couple, le courant, la tension, la fréquence, le rendement et le facteur de puissance tracés en fonction de la vitesse dans tout le domaine de fonctionnement de la machine.

Les caractéristiques doivent comprendre aussi les courbes de courant d'excitation pour les machines synchrones et les courbes de glissement pour les machines asynchrones.

Sauf indication particulière, les courbes de tension et de courant doivent représenter les composantes fondamentales de ces formes d'onde respectives, et les autres courbes doivent prendre en compte les harmoniques existant dans l'alimentation.

Ces caractéristiques générales définissent les informations de base nécessaires à la conception du système de commande et au calcul des performances du train. Elles peuvent, si cela est préféré, représenter la vitesse et l'effort de traction du véhicule au lieu de la vitesse de rotation et du couple du moteur, auquel cas les prescriptions de 3.4 relatives aux pertes de transmission s'appliquent.

Des caractéristiques complémentaires sont nécessaires pour servir de base aux essais de série. Elles doivent être tracées pour une alimentation sinusoïdale soit à la fréquence industrielle, soit à une fréquence normale de fonctionnement.

current dependent voltage drop at the motor terminals. In these cases 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.

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

### 3.5 Polyphase a.c. traction motor characteristics

NOTE - In view of technical development, clauses 3.5, 6.2.3 and 7.2.3 relating to polyphase rotating machines are to be considered solely as a provisional guide and are at present under review.

Characteristics shall be drawn for both asynchronous and synchronous machines showing torque, current, voltage, frequency, efficiency and power factor as a function of speed over the whole range of application of the machine.

Characteristics of synchronous machines shall also include curves of excitation current and those of asynchronous machines shall include curves of slip.

Unless stated otherwise the voltage and current shall be the fundamental components of the respective waveforms and the other curves shall take account of the harmonics present in the supply.

These overall characteristics provide the basis for design of the control system and for calculation of train performance. They may, if preferred, show vehicle speed and tractive effort in place of motor speed and torque, in which case the requirements of clause 3.4 regarding transmission losses shall apply.

Additional characteristics are required to provide a basis for routine tests. These shall be drawn as follows for a sinusoidal supply at either power frequency or a frequency used in service.

- a) Pour les moteurs asynchrones, ces courbes doivent représenter la tension, la puissance absorbée et le facteur de puissance en fonction du courant à vide ainsi que le courant, la puissance absorbée et le facteur de puissance en fonction de la tension, rotor bloqué.
- b) Pour les moteurs synchrones, les courbes doivent représenter la tension, la puissance absorbée et le courant à vide tracés en fonction du courant d'excitation à facteur de puissance égal à 1, ainsi que le courant en fonction de l'excitation pour la machine en court-circuit entraînée à la vitesse de synchronisme.

Des caractéristiques générales et complémentaires typiques sont présentées en figure 1.

Dans le cas où les moteurs sont utilisés en freinage, des caractéristiques semblables devront représenter les performances du moteur en freinage. Elles pourront être obtenues à partir d'essais dans ce type de fonctionnement ou par calcul à partir des caractéristiques de base en traction.

### 3.6 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 devront aussi représenter les grandeurs de sortie du redresseur. Un alternateur sans balai et son excitatrice doivent être considérés comme une machine unique.

Si le moteur thermique est utilisé à différents crans de vitesses intermédiaires prédéterminées, des caractéristiques complémentaires devront être tracées pour un nombre suffisant de ces vitesses afin d'obtenir une représentation satisfaisante du fonctionnement de la génératrice.

Chaque courbe sera identifiée par les conditions d'excitation, la puissance absorbée, la vitesse de rotation de la génératrice et, au besoin, 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 - Consulter l'article 3.3 pour l'intégration de la puissance d'excitation dans les pertes pour la détermination du rendement.

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.

### 3.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires

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

En variante, 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.

- a) For asynchronous motors the curves shall show voltage, input power and power factor against no load current, and also current, input power and power factor against voltage with the rotor locked.
- b) For synchronous motors the curves shall show voltage, input power and current against excitation current at unity power factor on no-load and also current against excitation for the machine driven at synchronous speed on short circuit.

Typical general and additional characteristics are shown in figure 1.

In the case of motors used in the braking mode, similar characteristics shall show the performance when braking. They may be derived from tests in that mode or by calculation from the declared motoring characteristics.

### 3.6 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.

If the engine has a number of pre-determined 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 the two continuous ratings.

NOTE - See clause 3.8 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.

### 3.7 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, 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.

### 3.8 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 sera précisée.

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

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

### 3.9 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 tension minimale, assignée et maximale. Le rendement global pour le régime assigné continu sera précisé. Les caractéristiques des machines à courant alternatif inclueront les courbes de facteur de puissance.

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

Si la machine entraîne une charge externe, par exemple un ventilateur, la puissance qu'elle absorbe devra être tracée ou précisée et on substituera à la détermination du rendement global celle de la puissance totale absorbée par la machine au régime assigné continu.

### 3.8 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.

### 3.9 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.

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 it 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.

## SECTION 4: MARQUAGE

### 4.1 Plaque signalétique

Toutes les machines couvertes par la présente norme doivent être munies d'une plaque signalétique comportant au minimum les informations suivantes:

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

De plus, un numéro de fabrication doit être porté à la fois sur le stator et sur le rotor de chaque machine et, dans le cas de machines destinées à tourner dans un seul sens, une flèche indiquant le sens de rotation normal doit être apposée.

NOTE - La flèche indiquant le sens de rotation et le numéro de fabrication doivent être clairement lisibles lorsque la machine est montée sur le véhicule.

### 4.2 Marquage des câbles et des bornes

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

## SECTION 4: MARKING

### 4.1 Nameplate

All the machines covered by this standard shall carry a nameplate including at least the following information:

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

Furthermore, a serial number shall be punched on both stator and rotor of each machine and machines designed for unidirectional rotation shall carry an arrow to indicate the direction of rotation.

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

### 4.2 Terminal and lead markings

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 349-1-01

With Norm

## SECTION 5: CATÉGORIES D'ESSAIS

### 5.1 Catégories d'essais

#### 5.1.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essai:

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

#### 5.1.2 Essais de type

Les essais de type ont pour but de déterminer les régimes, les caractéristiques et les performances de nouveaux types de machines. Sauf accord particulier, les essais de type complets doivent être effectués sur une seule machine d'un modèle nouveau ou provenant d'une nouvelle fabrication. En complément, les essais nécessaires pour établir les caractéristiques de base doivent être effectués sur plusieurs machines conformément à l'article 6.2.

La machine subissant les essais complets sera l'une des dix premières de la série construite.

Une machine pourra 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 de service et les mêmes régimes.

Par 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.

#### 5.1.3 Essais de série

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

Les essais de série spécifiés dans la section 7 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, subiront les essais de série à condition que les essais de survitesse et les essais diélectriques suivant les articles 7.4 et 7.5 soient effectués sur toutes les machines.

#### 5.1.4 Essais d'investigation

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

## SECTION 5: TEST CATEGORIES

### 5.1 Test categories

#### 5.1.1 *General*

There are three categories of tests:

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

#### 5.1.2 *Type tests*

Type tests are intended to establish the ratings, characteristics and performance of new types of machine. Unless otherwise agreed, full type tests shall be carried out on one machine of a new specification or method of manufacture. In addition, tests to establish the declared characteristics shall be carried out on further machines in accordance with clause 6.2.

The fully tested machine shall be one of the first ten manufactured.

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 electro-magnetic design for the same service conditions and at the same ratings.

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.

#### 5.1.3 *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 section 7 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 clauses 7.4 and 7.5 being carried out on all machines.

#### 5.1.4 *Investigation tests*

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

## 5.2 Liste des essais

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

Tableau 1 - Liste des essais

Catégorie de machine (article 1.1.3)	Essais	Echauffement		Bon fonctionnement		Caractéristiques		Commutation		Transitoire	Démarrage	Bruit	Survitesse		Diélectriques	Vibrations	Faux-rondu du collecteur
		Type	Série	Type	Série	Type	Série	Type	Série				Type	Série			
Moteurs de traction	Collecteur	6.1	7.1	6.2.2	7.2.2	6.3.2	7.3.2	6.4.2*	6.6.2*	Annexe B	NA	7.4.2	7.5	7.6	7.7		
	Rotor bobiné	6.1	7.1	6.2.3	7.2.3	NA	NA	NA	NA	Annexe B	NA	7.4.2	7.5	7.6	7.7		
	Rotor à cage	6.1	NA	6.2.3	7.2.3	NA	NA	NA	NA	Annexe B	6.7	NA	7.5	7.6	7.7		
Génératrices principales	Courant continu	6.1	7.1	6.2.4	7.2.4	6.3.3	7.3.3	NA	NA	Annexe B	NA	7.4.3	7.5	7.6	7.7		
	Courant alternatif	6.1	7.1	6.2.4	7.2.4/5	NA	NA	6.5	NA	Annexe B	NA	7.4.3	7.5	7.6	NA		
Groupes moteurs-générateurs principaux	Moteur	6.1	7.1	6.2.2/3	7.2.2/3	6.3.2*	7.3.2*	6.4.2*	6.6.3	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
	Génératrice	6.1	7.1	6.2.4	7.2.4/5	6.3.3*	7.3.3*	6.5*	NA	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
Moteurs auxiliaires	Collecteur	6.1	7.1	6.2.5	7.2.6	6.3.4	7.3.4	6.4.3/4*	6.6.4	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7		
	Rotor bobiné	6.1	7.1	6.2.5	7.2.6	NA	NA	NA	6.6.4	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	NA		
	Rotor à cage	6.1	7.1	6.2.5	7.2.6	NA	NA	NA	6.6.4	Annexe B	6.7	NA	7.5	7.6	NA		
Génératrices auxiliaires	Courant continu	6.1	7.1	6.2.6	7.2.7	6.3.4	7.3.4	NA	NA	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7		
	Courant alternatif	6.1	7.1	6.2.6	7.2.7	NA	NA	6.5	NA	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	NA		
Groupes moteurs générateurs auxiliaires Convertisseurs tournants	Moteur	6.1	7.1	6.2.7	7.2.8	6.3.4*	7.3.4*	6.4.3/4	6.6.4	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
	Génératrice	6.1	7.1	6.2.7	7.2.8	6.3.4*	7.3.4*	6.5*	NA	Annexe B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		

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.

5.2 Summary of tests

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

Table 1 - Summary of tests

Class of machine (clause 1.1.3)	Test category (clause 5.1)	Test	Temperature rise	Soundness	Characteristics		Commutation		Transient	Starting	Noise	Overspeed		Dielectric	Vibration	Commutator run-out
					Type	Routine	Type	Routine				Type	Routine			
Traction motors	6.1	6.2.2	7.1	7.2.2	6.3.2	7.3.2	6.4.2*	6.6.2*	Annex B	NA	7.4.2	7.5	7.6	7.7		
		6.2.3	7.1	7.2.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	7.4.2	7.5	7.6	7.7		
		6.2.8	NA	7.2.8	NA	NA	NA	NA	NA	6.7	NA	7.5	7.6	7.7		
Main Generators	6.1	6.2.4	7.1	7.2.4	6.3.3	7.3.3	NA	NA	Annex B	NA	7.4.3	7.5	7.6	7.7		
		6.2.4	7.1	7.2.4/5	NA	NA	6.5	NA	NA	NA	7.4.3	7.5	7.6	NA		
Main motor-generator sets	6.1	6.2.2/3	7.1	7.2.2/3	6.3.2*	7.3.2*	6.4.2*	6.6.3	Annex B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
		6.2.4	7.1	7.2.4/5	6.3.3*	7.3.3*	6.5*	NA	NA	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
Auxiliary motors	6.1	6.2.5	7.1	7.2.6	6.3.4	7.3.4	6.4.3/4*	6.6.4	Annex B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7		
		6.2.5	7.1	7.2.6	NA	NA	NA	6.6.4	NA	NA	7.4.5	7.5	7.6	NA		
		6.2.5	7.1	7.2.6	NA	NA	NA	6.6.4	NA	6.7	NA	7.5	7.6	NA		
Auxiliary generators	6.1	6.2.6	7.1	7.2.7	6.3.4	7.3.4	NA	NA	Annex B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7		
		6.2.6	7.1	7.2.7	NA	NA	6.5	NA	NA	NA	7.4.5	7.5	7.6	NA		
Auxiliary motor-generator sets Rotary converters	6.1	6.2.7	7.1	7.2.8	6.3.4*	7.3.4*	6.4.3/4	6.6.4	Annex B	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		
		6.2.7	7.1	7.2.8	6.3.4*	7.3.4*	6.5	NA	NA	NA	7.4.5	7.5	7.6	7.7*		

NA = Not applicable

\* Not applicable to all machines in the class, refer to relevant clause.

All machines, including those type tested, are to be routine tested.

## SECTION 6: ESSAIS DE TYPE

### 6.1 Essais d'échauffement

#### 6.1.1 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 gros moteurs synchrones peuvent aussi, après accord, être essayés comme des alternateurs dans les conditions précisées ci-dessus, l'essai b) étant effectué à un courant d'excitation égal à celui du régime assigné continu.

Les alternateurs utilisés avec redresseur de puissance devront être essayés avec leur redresseur ou 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:

- a) si le taux d'ondulation du courant en service, au régime assigné garanti, dépasse 10 %;
- b) si l'excitation est réglée par impulsions;
- c) si la machine est alimentée par un système de courant polyphasé synthétisé électriquement.

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.

#### NOTES

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.

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 d'équilibre ont été atteintes.

3 Si les courants d'excitation de base diffèrent des valeurs spécifiées, les essais doivent être effectués avec les valeurs de base.

## SECTION 6: TYPE TESTS

## 6.1 Temperature-rise tests

6.1.1 *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.

Large synchronous motors may also, if agreed, be tested as alternators under the above conditions, test b) being at the declared continuous rated excitation current.

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:

- a) if the ripple factor of the load current in service exceeds 10 % of the guaranteed rating;
- b) if the excitation is pulse controlled;
- c) if the supply to the machine is electronically synthesized polyphase alternating current.

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

## NOTES

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.

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 two hours or until it is demonstrated by appropriate means that steady temperatures have been reached.

3 If the declared excitation current differs from the specified value, the tests shall be carried out with the declared value.

### 6.1.2 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 sera 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.

### 6.1.3 Mesure de la température

#### 6.1.3.1 Température des parties de la machine

Deux méthodes de détermination de la température des parties de la machine sont 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 fera pas de correction par rapport aux 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 devra s'assurer par une mesure 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 jusqu'à 4 K sera retranchée du résultat si l'enroulement est initialement à une température plus élevée que l'air, ou lui sera 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:

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

### 6.1.2 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.

### 6.1.3 Measurement of temperature

#### 6.1.3.1 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:

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

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, 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.

#### *6.1.3.2 Température de l'air de refroidissement*

Pour les machines complètement fermées, la température de l'air de refroidissement devra 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 sera mesurée à son entrée dans la machine et dans le cas où il existe plusieurs entrées, la température d'entrée sera 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.

#### *6.1.4 Mesure de la résistance*

##### *6.1.4.1 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 devra pas s'écarter de la température ambiante de plus de 4 K à cet instant.

##### *6.1.4.2 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.

where:

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

$R_1$  is the 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.

#### *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.

##### *6.1.3.2 Temperature of the cooling air*

For totally enclosed machines 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.

##### *6.1.4 Measurement of resistance*

###### *6.1.4.1 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.

###### *6.1.4.2 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.

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 une 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 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 pôles.

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

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.

#### 6.1.5 Arrêt de la machine et instant «origine de refroidissement»

A la fin des essais, les machines doivent être arrêtées dans un temps 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 simultanément.

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 s'applique dans le cas où des balais spéciaux doivent être mis en place pour la mesure de la courbe de refroidissement.

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.

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.

#### 6.1.5 *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.

#### 6.1.6 *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 devront pas commencer plus de 45 s après l'instant «origine de refroidissement» (voir 6.1.5 pour les exceptions) et doivent être poursuivies pendant au moins 5 min.

Les intervalles entre mesures successives n'excéderont pas 20 s pendant les trois premières minutes et n'excéderont pas 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.

#### 6.1.7 *Appréciation des résultats*

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

#### 6.1.8 *Limites d'échauffement*

Les différentes classes de matériaux isolants sont définies dans la CEI 85.

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 des 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 seront celles des classes d'isolation correspondantes.

#### 6.1.6 *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 6.1.5 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.

#### 6.1.7 *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.

#### 6.1.8 *Limits of temperature rise*

The different classes of insulating materials are defined in IEC 85.

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

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

Partie de la machine	Méthode de mesure	Classe d'isolation			
		B	F	H	200
Enroulements fixes ou enroulements tournants d'excitation d'alternateurs ou de 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 ci-dessus 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 dans le tableau 2 doit avoir fait 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 commutation et, bien qu'en général la commutation soit améliorée par une réduction de température, ce n'est pas toujours le cas.

#### 6.1.9 Essai d'échauffement de surcharge de courte durée

Si des régimes de surcharge de courte durée sont spécifiés, ils seront vérifiés par un ou plusieurs essais conduits 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 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 sera alors appliquée à cet instant prédéterminé avec les conditions normales de ventilation et sera maintenue pendant la durée spécifiée, puis l'essai sera arrêté et l'échauffement déterminé par une mesure de résistance dans les conditions de 6.1.6.

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, afin de conduire aux échauffements du tableau 3.

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, the above limits 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.

#### 6.1.9 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 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 6.1.6.

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.

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

Tableau 3 - Valeurs d'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 - 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 - au début de l'essai - valeur finale	75 K 120 K	85 K 140 K	100 K 160 K	110 K 180 K

NOTES

- 1 L'enroulement critique d'une machine à collecteur est normalement son induit. Pour les machines polyphasées, c'est normalement le stator.
- 2 Pour les machines totalement fermées, les valeurs d'échauffement données au tableau 3 sont augmentées de 10 K.
- 3 Pour obtenir l'échauffement de début d'essai, une autre méthode peut être employée après accord entre le constructeur et l'exploitant.

6.2 Relevé des caractéristiques et tolérances

6.2.1 Généralités

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

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 seront prises en compte pour le calcul du rendement suivant les indications données dans l'annexe A.

Les relevés des caractéristiques globales des machines fonctionnant sous une tension alternative synthétisée électroniquement seront de préférence effectués avec des formes d'onde de courant et de tension se rapprochant de celles rencontrées en service. Si cette exigence ne peut être satisfaite en pratique, le constructeur et l'exploitant devront convenir d'une méthode permettant la détermination des caractéristiques par le calcul à partir d'un essai sous alimentation sinusoïdale.

Les relevés de rendement et de pertes ne sont requis que pour les machines devant être soumises à l'essai de type complet tel que défini en 5.1.2.

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	85 K	100 K	120 K	130 K
- final	130 K	155 K	180 K	200 K
All other rotating windings				
- at start of test	75 K	85 K	100 K	110 K
- final	120 K	140 K	160 K	180 K

#### NOTES

- 1 The critical winding of commutator type machines is normally the armature. For polyphase machines it is normally the stator.
- 2 For totally enclosed machines the temperature rises given in table 3 shall be increased by 10 K.
- 3 An alternative method of obtaining the starting temperature rise may be employed if agreed between manufacturer and user.

## 6.2 Characteristic tests and tolerances

### 6.2.1 General

Tests to demonstrate compliance with the specified characteristics may be by any suitable method (examples being given in annex A), 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 A shall be taken into account when calculating the efficiency.

Tests to establish the declared overall characteristic of machines intended to operate on synthesised polyphase a.c. shall preferably be carried out with voltage and current wave-forms closely resembling those to be employed in service. If it is not practicable to meet this requirement the user and manufacturer may agree on a method of determining the characteristic by calculation from test results on a sinusoidal supply.

Efficiency or loss tests are required only on those machines which are to be fully type tested as defined in 5.1.2.

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

6.2.2 Moteurs de traction à collecteur

6.2.2.1 Des relevés en nombre suffisant, par exemple 4 ou 5 pour chaque courbe, devront être effectués pour permettre le tracé des courbes caractéristiques de base correspondant aux caractéristiques spécifiées.

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

Les caractéristiques de base couple/courant seront calculées à partir des caractéristiques vitesse/courant en fonction des valeurs de rendement déterminées lors de l'essai de type.

NOTE - Comme indiqué à l'article 3.4, 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.

6.2.2.2

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 caractéristique spécifiée ou la 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 2).

Le point Car2 correspond à 90 % du courant maximal indiqué sur la courbe caractéristique (voir figure 2).

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

Reversible machines shall be tested in both directions of rotation.

### 6.2.2 Commutator type traction motors

6.2.2.1 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.

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 clause 3.4, 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.

#### 6.2.2.2

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 2).

Point Ch2 is at 90 % of the maximum current shown on the relevant curve (see figure 2).

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

Les tolérances sont majorées de 1 % dans le cas de moteurs de puissance assignée inférieure ou égale 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.

6.2.2.3 Les pertes au régime garanti ne devront 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, la comparaison entre les pertes spécifiées et les pertes mesurées sera limitée aux pertes de la seule machine.

6.2.3 *Moteurs de traction polyphasés* (voir note article 3.5)

6.2.3.1 Un nombre de points de mesure suffisant devra être relevé pour permettre le tracé des courbes caractéristiques de base correspondant à la caractéristique globale spécifiée. A l'exception des caractéristiques de rendement, les courbes de base seront établies à partir des moyennes des relevés des quatre premières machines essayées.

Le courant d'excitation de base d'une machine synchrone pourra s'écarter des valeurs spécifiées pourvu qu'il reste compatible avec le dimensionnement de l'équipement de réglage d'excitation.

Les caractéristiques complémentaires définies dans l'article 3.5, nécessaires pour fixer les conditions des essais de série, seront établies à partir des valeurs moyennes des résultats des essais de type des quatre premières machines.

6.2.3.2 Le courant au couple maximal et au couple correspondant au régime garanti ne devra pas s'écarter de  $\pm 5\%$  de la valeur spécifiée.

Les pertes au régime garanti ne devront pas dépasser de plus de 15 % les pertes déduites des caractéristiques spécifiées. La note relative à 6.2.2.3 est applicable.

Le glissement au régime garanti des machines asynchrones ne doit pas s'écarter de  $\pm 30\%$  de la valeur déduite des caractéristiques spécifiées. Si un couple de décrochage est spécifié, la valeur mesurée ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée.

6.2.4 *Génératrices principales* (voir figure 3)

6.2.4.1 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 devront être considérés comme une machine unique.

Dans le cas de gros alternateurs dont l'essai à pleine puissance n'est pas possible, des essais à vide et en court-circuit appropriés devront être effectués pour vérifier les caractéristiques et déterminer le rendement par la méthode des pertes séparées. Le détail des essais devra faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant.

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.

6.2.2.3 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 shall be based on the machine losses only.

6.2.3 *Polyphase a.c. motors* (see note to clause 3.5)

6.2.3.1 Sufficient test readings shall be taken to enable declared characteristic curves corresponding to the specified overall characteristic to be plotted. Except for efficiency characteristics the declared curves shall be derived by averaging the readings on the first four machines tested.

The declared excitation current of a synchronous machine may differ from the specified value provided it remains within the capacity of the excitation control equipment.

The additional characteristics referred to in clause 3.5, which are required to provide a basis for routine testing, shall be established by averaging the results of routine tests on the first four machines.

6.2.3.2 The current at the maximum torque and at the guaranteed rating torque shall not differ from the specified value by more than  $\pm 5\%$ .

The losses at the guaranteed rating shall not exceed the value derived from the specified characteristics by more than 15 %. The note to 6.2.2.3 applies.

For asynchronous machines the slip at the guaranteed rating shall not vary from the value derived from the specified characteristics by more than  $\pm 30\%$ . If a pull-out torque is specified the measured value shall be not less than the specified one.

6.2.4 *Main generators* (refer to figure 3)

6.2.4.1 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.

In the case of large alternators which it is not practicable to test at full power, suitable open-circuit and short-circuit tests shall be carried out to prove the characteristics and determine the efficiency by the summation of losses method, the details of the tests to be agreed between user and manufacturer.

6.2.4.2 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 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 a la liberté de modifier les valeurs d'excitation, les valeurs fixées devant alors être maintenues pour tous les essais suivants. 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 (points Car1 et Car2) ne doivent pas s'écarter de plus de  $\pm 5$  % des valeurs indiquées sur la caractéristique spécifiée.

6.2.4.3 Dans le cas d'une génératrice fonctionnant sur ses caractéristiques naturelles, 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 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  $\pm 5$  % des valeurs portées sur les courbes spécifiées.

6.2.4.4 Aussi bien dans le cas de génératrices régulées que dans celui de génératrices fonctionnant sur ses caractéristiques naturelles, les pertes aux deux régimes continus (définis en 2.2.2.1) ne doivent pas dépasser la valeur spécifiée de plus de 15 %.

#### 6.2.5 *Moteurs auxiliaires*

Des relevés suffisants doivent être effectués sur les quatre premières machines essayées pour permettre le tracé des caractéristiques de base 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  $\pm 5$  % de la valeur assignée.

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  $\pm 5$  %.

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

#### 6.2.6 *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.

6.2.4.2 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  $\pm 5\%$ .

6.2.4.3 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  $\pm 5\%$ .

6.2.4.4 For both regulated and inherent characteristic generators the losses at the two continuous ratings (defined in 2.2.2.1) shall not exceed the specified value by more than 15 %.

#### 6.2.5 *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 5 % from the rated value.

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 %.

#### 6.2.6 *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.

La tension de sortie mesurée d'une génératrice non régulée ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 5\%$  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 maximale et des caractéristiques moyennes doivent être établies pour servir de référence pour les essais de série.

### 6.2.7 *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  $\pm 5\%$  pour tout point de fonctionnement compris entre la marche à vide et le courant nominal. 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 pourra 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 continu ne devront 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 %.

## 6.3 **Essais de commutation**

### 6.3.1 *Généralités*

Les essais de commutation seront effectués en conformité avec le rapport CEI 638. 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.

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 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.

### 6.2.7 Auxiliary motor-generator sets and rotary convertors

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 tolerated.

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 %.

## 6.3 Commutation tests

### 6.3.1 General

Commutation test results are to be recorded in accordance with IEC 638. 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.

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 seront exécutés dans un ordre quelconque 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 avec le taux d'ondulation assigné pour les moteurs à courant ondulé. Dans certains cas à la fréquence d'ondulation en service, la fréquence pourra être modifiée en accord avec la note 1 de 6.1.1.

### 6.3.2 Moteurs de traction (voir figure 2)

Les essais de commutation doivent être effectués aux points suivants:

Point de commutation n° 1 (Com1): A 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 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;
- pour les moteurs alimentés par batterie:
  - . tension correspondant à la tension à vide de la batterie complètement chargée.

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 6.1.1.

#### 6.3.2 *Traction motors* (refer to figure 2)

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

Si, dans l'exécution des essais aux points Com2 et Com3, et 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 les dispositifs de contrôle, les essais doivent être effectués à la tension maximale possible.

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 laisse les 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 dépasse 10 %, les essais de commutation en freinage doivent être effectués dans les conditions s'approchant au mieux de celles existant en service.

### 6.3.3 *Génératrices principales (voir figure 3)*

Les essais de commutation doivent être effectués pour les points suivants sur la caractéristique de pleine puissance comme indiqué sur la figure 3.

Com1: Fonctionnement à l'intensité maximale.

Com2: Fonctionnement à l'intensité correspondant au régime continu à la tension la plus basse.

Com3: Fonctionnement à l'intensité correspondant au point de décharge ou, pour un générateur non réglé, à une intensité égale à 50 % de celle correspondant au point Com2.

### 6.3.4 *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 comme définies dans l'article 2.5.

## 6.4 Essais en régime transitoire

### 6.4.1 *Généralités*

Des essais en régime transitoire doivent être effectués pour les moteurs à courant continu ou à courant ondulé alimentés directement ou indirectement à partir de la ligne de contact.

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 uni-directional current ripple exceeds 10 %, commutation tests in the braking mode shall be carried out under conditions closely resembling those in service.

### 6.3.3 *Main generators* (refer to figure 3)

Commutation tests shall be made at the following points on the full power characteristic as shown in figure 3.

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.

### 6.3.4 *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 clause 2.5.

## 6.4 *Transient tests*

### 6.4.1 *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

Ces essais ne sont pas exigés si l'alimentation de la machine comporte un équipement électronique qui, en cas d'une interruption ou d'une coupure brusque de la tension, limite le courant à une valeur inférieure ou égale à la valeur maximale indiquée sur la caractéristique.

La machine doit supporter chaque essai sans détérioration mécanique, amorçage ou dommage permanent, un dommage permanent étant compris comme un défaut qui interdirait 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 interdire le déroulement de l'essai suivant la procédure spécifiée. Dans de tels cas, le constructeur et l'exploitant devront s'accorder sur une procédure modifiée.

#### 6.4.2 *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 une seconde 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 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.

#### 6.4.3 *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 seront intégrés dans le circuit.

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.

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.

#### 6.4.2 *Traction motors and motors of main motor-generator sets*

The tests 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 to be 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.

#### 6.4.3 *Auxiliary motors, auxiliary motor generators 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.

L'alimentation doit être interrompue et rétablie successivement à quatre reprises, de façon à permettre entre chaque interruption 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 6.4.2.

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. Ceci 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.

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

La machine sera 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 successivement cinq fois, 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 puissance nominale garantie.

#### **6.5 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 défaut 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;

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 6.4.2.

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.

#### 6.4.4 *Voltage jump tests on auxiliary motors, auxiliary motor generators 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.

#### 6.5 **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.

- 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.

## 6.6 Essais de démarrage

### 6.6.1 Généralités

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

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

### 6.6.2 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 interdit le fonctionnement satisfaisant ultérieur de la machine en service.

### 6.6.3 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 chaque démarrage. 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 à l'article 2.5. Si des limitations dues à l'installation d'essai interdisent d'obtenir ces conditions, le constructeur et l'exploitant peuvent convenir d'une procédure en variante.

### 6.6.4 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.

- 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.

## 6.6 Starting tests

### 6.6.1 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 converters.

### 6.6.2 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.

### 6.6.3 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 clause 2.5. If test plant limitations prevent this being attained the manufacturer and the user may agree on an alternative procedure.

### 6.6.4 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.

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 chaque démarrage. Le moteur doit être chargé de façon que le couple développé soit approximativement identique à celui existant en service dans les conditions de démarrage.

Les conditions d'alimentation et les performances à obtenir doivent être celles spécifiées en 6.6.3.

#### 6.7 Essais de survitesse

Sauf accord contraire, les essais de survitesse sont des essais de type pour les machines autres que les machines à collecteur ou à rotor bobiné. Les détails des essais sont donnés à l'article 7.4.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60344-1991  
Withdrawn

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.

The performance and supply capacities shall be as specified in 6.6.3.

### 6.7 Overspeed tests

Unless agreed otherwise, overspeed tests are type tests on machines other than commutator and wound rotor machines. Details of the tests are given in clause 7.4.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349:1991

Withdrawn

## SECTION 7: ESSAIS DE SÉRIE

### 7.1 Essais de bon fonctionnement de courte durée

#### 7.1.1 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.

#### 7.1.2 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 et les machines prévues pour une alimentation polyphasée délivrée par un convertisseur doivent être essayées en courant alternatif sinusoïdal à la fréquence industrielle ou à une fréquence rencontrée en exploitation. Les alternateurs peuvent être essayés en court-circuit. Pour les alternateurs prévus pour fonctionner avec redresseur, l'essai peut être effectué sans redresseur.

En cas d'accord entre le constructeur et l'exploitant, les gros moteurs synchrones peuvent être essayés en alternateurs en court-circuit.

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

La méthode de mesure des températures et des résistances doit être en accord avec 6.1.3, 6.1.4, 6.1.5 et 6.1.6, à l'exception des relevés des courbes d'échauffement et de refroidissement qui doivent être établis en conformité avec 7.1.3 ci-dessous.

#### 7.1.3 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 «caractéristique d'échauffement et de refroidissement déclarée» 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 sera enregistré pour permettre la comparaison du résultat obtenu avec la courbe déclarée correspondante et pourra être prolongé au-delà de la minute, en conformité avec 6.1.5.

## SECTION 7: ROUTINE TESTS

## 7.1 Short-time soundness test

7.1.1 *General*

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

7.1.2 *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 and machines intended for a synthesized polyphase supply shall be tested on sinusoidal alternating current at power frequency or at a frequency used in service. A.C. generators may be tested on short circuit. If the output of an a.c. generator is to be rectified the test may be without the rectifier.

If agreed between the manufacturer and the user large synchronous motors may be tested as a.c. generators on short circuit.

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

The method of measuring temperature and resistance shall be in accordance with 6.1.3, 6.1.4, 6.1.5 and 6.1.6 except that the plotting of heating and cooling curves shall be as detailed in 7.1.3 below.

7.1.3 *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 6.1.5.

#### 7.1.4 *Appréciation des résultats*

Une machine est réputée satisfaisante aux essais de série de bon fonctionnement si les échauffements enregistrés à un instant donné à partir du début du refroidissement ne dépassent pas les valeurs correspondantes sur la courbe déclarée, établie comme défini en 7.1.3, de plus de 8 % ou 10 K (la limite prise en compte étant la plus grande de ces deux valeurs).

NOTE - Si la courbe d'échauffement déclarée approche sensiblement les limites données dans le 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 déclarée d'une valeur dépassant la tolérance admise, elle peut être soumise à un essai de type à son régime garanti et elle est acceptable 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, une nouvelle courbe déclarée peut être établie et acceptable si elle n'est pas de plus de 5 % plus élevée que la précédente.

### 7.2 *Essais de détermination des caractéristiques et tolérances*

#### 7.2.1 *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.

#### 7.2.2 *Moteurs de traction à collecteur (voir figure 2)*

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 sont tracées pour une excitation constante et un relevé au point Car2 est suffisant.

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

#### 7.2.3 *Moteurs de traction polyphasés (voir note de l'article 3.5)*

7.2.3.1 Les machines asynchrones doivent être essayées en régime sinusoïdal à la fréquence industrielle ou à une fréquence rencontrée en service pour les deux régimes suivants:

#### 7.1.4 *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 7.1.3 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.

## 7.2 Characteristic tests and tolerances

### 7.2.1 *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.

### 7.2.2 *Commutator type traction motors (see figure 2)*

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.

### 7.2.3 *Polyphase a.c. traction motors (see note to clause 3.5)*

7.2.3.1 Asynchronous machines shall be tested on a sinusoidal supply at either power frequency or at a frequency used in service under the following two conditions:

a) Essais à vide à la tension indiquée sur la caractéristique de base à la fréquence d'essai. L'intensité ne doit pas alors s'écarter de la valeur moyenne établie après l'essai des quatre premières machines de plus de  $\pm 10\%$ .

b) Essais à rotor bloqué à une tension donnant approximativement le courant assigné garanti. Cette tension doit être déterminée lors de l'essai des premières machines et doit être appliquée pour tous les essais suivants. Le courant à rotor bloqué ne doit pas s'écarter de la valeur moyenne établie pour les quatre premières machines de plus de  $\pm 7\%$ .

7.2.3.2 Les moteurs synchrones doivent être essayés en régime sinusoïdal à la fréquence industrielle ou à une fréquence rencontrée en service pour les deux régimes suivants:

a) Essais à vide à la tension et à la fréquence d'essais indiquées pour la caractéristique générale de base. L'excitation sera réglée pour établir un facteur de puissance égal à 1.

Le courant d'excitation ne doit pas alors s'écarter de la valeur moyenne établie après les essais des quatre premières machines de plus de  $\pm 7\%$ .

b) Essais en court-circuit à la vitesse de synchronisme pour une excitation réglée de façon à fournir le courant assigné garanti.

Le courant d'excitation ne doit pas alors s'écarter de la valeur moyenne établie après les essais des quatre premières machines de plus de  $\pm 5\%$ .

#### 7.2.4 *Génératrices principales* (voir figure 3)

Dans le cas de génératrices réglées, les relevés sont effectués aux points suivants sur la caractéristique réglée 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 réglée de la caractéristique de base,

Car2: correspondant à la tension maximale de fonctionnement sur la partie réglée de la caractéristique de base.

L'intensité 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 réglée 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 maximale;

Car2: relevé au courant nominal à tension inférieure;

Car3: relevé à vide.

a) On no-load at the voltage shown on the declared characteristic at the test frequency. The current shall not vary from the average value established on the first four machines by more than  $\pm 10\%$ .

b) With a locked rotor at a voltage giving approximately the guaranteed rating current. This voltage shall be determined for the first machine to be tested and shall be used for all subsequent tests. The current with a locked rotor shall not vary from the average value established on the first four machines by more than  $\pm 7\%$ .

7.2.3.2 Synchronous motors shall be tested on a sinusoidal supply at either power frequency or at a frequency used in service under the following two conditions:

a) On no load at the voltage and test frequency shown on the declared overall characteristic with the excitation adjusted to give unity power factor.

The excitation current shall not vary from the average value established on the first four machines by more than  $\pm 7\%$ .

b) Driven at synchronous speed on short circuit with the excitation adjusted to give the guaranteed rated current.

The excitation current shall not vary from the average value established on the first four machines by more than  $\pm 5\%$ .

7.2.4 *Main generators* (refer to figure 3)

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.

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  $\pm 5\%$ .

#### 7.2.5 *Essais particuliers aux gros alternateurs*

Ces essais consistent 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  $\pm 5\%$ .

#### 7.2.6 *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  $\pm 20\%$ .

#### 7.2.7 *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 devront pas s'écarter des valeurs de base de plus de  $\pm 5\%$ .

Pour les génératrices à courant continu régulées, 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  $\pm 5\%$ .

Les alternateurs doivent être soumis à un essai à vide (mesure de la tension) et en court-circuit (mesure du courant). Sauf accord spécial, ces essais doivent être effectués pour un courant d'excitation égal à 50 % et 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  $\pm 5\%$ .

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

#### 7.2.8 *Groupes moteurs-générateurs auxiliaires et convertisseurs*

Dans le cas de groupes non régulés, 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, si nécessaire, la fréquence ne doivent pas s'écarter des valeurs indiquées sur les courbes types de plus de  $\pm 5\%$ .

Dans le cas de groupes régulés, 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

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

#### 7.2.5 *Alternative tests for large 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  $\pm 5\%$ .

#### 7.2.6 *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  $\pm 20\%$ .

#### 7.2.7 *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  $\pm 5\%$ .

For regulated d.c. generators, the excitation currents required to generate the rated voltage at open circuit at maximum speed and at maximum load at 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.

#### 7.2.8 *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

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 au point d'essai en charge ne doit pas s'écarter de la valeur de base correspondante de plus de  $\pm 5\%$ .

### 7.3 Essais de commutation

#### 7.3.1 Généralités

Les conditions générales applicables aux essais de commutation lors des essais de série sont celles indiquées dans l'article 6.3 relatif aux essais de type, sauf que les moteurs à courant ondulé peuvent être essayés en courant continu.

#### 7.3.2 Moteurs de traction (voir figure 2)

Les moteurs de traction doivent être essayés aux régimes correspondants aux points Com1, 2 et 3, 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.

#### 7.3.3 Génératrices principales (voir figure 3)

Les génératrices principales sont essayées aux points Com1 et Com2.

#### 7.3.4 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 d'essais.

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.

### 7.4 Essais de survitesse

#### 7.4.1 Généralités

Les essais de survitesse sont des essais de série pour toutes les machines à collecteur ou 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 à l'article 7.5.

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  $\pm 5\%$ .

### 7.3 Commutation routine tests

#### 7.3.1 *General*

The general requirements for routine commutation tests are the same as those given in clause 6.3 for type tests except that pulsating current motors may be tested on direct current.

#### 7.3.2 *Traction motors (refer to figure 2)*

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.

#### 7.3.3 *Main generators (refer to figure 3)*

Main generators shall be tested at points Com1 and Com2.

#### 7.3.4 *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.

### 7.4 Overspeed tests

#### 7.4.1 *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 clause 7.5.

#### 7.4.2 Moteurs de traction

Les moteurs de traction doivent être essayés à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation des moteurs, telle que définie en 2.7.1.

Lorsque deux ou plusieurs moteurs à excitation série sont connectés en permanence en série sans couplage mécanique ou sans dispositif d'antipatinage automatique, le facteur de survitesse doit être porté à 1,3.

NOTE - Un équipement dont l'action est limitée au signalement du patinage et qui laisse au conducteur l'initiative des actions de correction ne permet pas de s'affranchir du coefficient de survitesse augmenté.

#### 7.4.3 Génératrices principales et auxiliaires entraînées par moteur thermique

Les génératrices principales et auxiliaires entraînées par moteur thermique doivent être essayées à 1,2 fois la vitesse maximale de service, telle que définie en 2.7.2.

#### 7.4.4 Génératrices entraînées par l'essieu

Les génératrices entraînées par l'essieu doivent être essayées à 1,2 fois la vitesse maximale de service, telle que définie en 2.7.3.

#### 7.4.5 Groupes moteurs-générateurs principaux et 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 de service, telle que définie en 2.7.4.

#### 7.5 Essais diélectriques

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 n'est 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 précédents articles.

La tension d'essai doit être alternative et aussi proche que possible d'une forme sinusoïdale, d'une fréquence comprise entre 25 Hz et 100 Hz.

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.

#### 7.4.2 *Traction motors*

Traction motors shall be tested at 1,2 times the maximum working speed of the motors as defined in 2.7.1.

When two or more series excited motors are permanently connected in series without either mechanical coupling or automatic wheelslip protection, the overspeed factor shall be increased to 1,3.

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.

#### 7.4.3 *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 2.7.2.

#### 7.4.4 *Generators driven by a vehicle axle*

Generators driven by an axle shall be tested at 1,2 times the maximum working speed defined in 2.7.3.

#### 7.4.5 *Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary converters and auxiliary motors*

Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary converters and auxiliary motors shall be tested at 1,2 times the maximum working speed defined in 2.7.4.

### 7.5 **Dielectric tests**

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 alternating and as nearly as possible of sine-wave form, the frequency being between 25 Hz and 100 Hz.

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.

Tableau 5 - Tensions d'essais diélectriques

Groupe	Enroulement	Tension d'essai (valeur efficace)
1	a) Enroulements directement connectés à la ligne de contact b) Enroulements connectés à la ligne de contact par l'intermédiaire d'un transformateur redresseur ou d'un hacheur sans circuit intermédiaire	$2,25 U_1 + 2\ 000\ V$
2	a) Enroulements non connectés à la ligne de contact (sauf groupe 3) b) Enroulements alimentés par un circuit régulé intermédiaire qui n'est pas directement connecté à la ligne de contact	$2 U_2 + 1\ 000\ V$
3	Enroulements d'excitation des génératrices à courant alternatif et des moteurs synchrones	$10 U_3$ avec un minimum de 1 500 V et un maximum de 3 500 V
<p><math>U_1</math> est la tension maximale par rapport à la terre qui peut être appliquée à l'enroulement quand la ligne de contact est à sa tension nominale.</p> <p><math>U_2</math> est la tension maximale par rapport à la terre qui peut être appliquée à l'enroulement en service normal.</p> <p><math>U_3</math> est la tension maximale d'excitation.</p>		

**NOTES**

1 Comme exemple du groupe 2b, on peut considérer le cas d'un réseau continu intermédiaire alimentant des moteurs polyphasés à partir d'un réseau monophasé. Des moteurs alimentés par transformateur-redresseur à partir d'un réseau alternatif ou par hacheur à partir d'un réseau continu seront essayés en accord avec le groupe 1.

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,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  sont les valeurs moyennes arithmétiques des ondes de tension considérées.

3 Si la tension appliquée à l'enroulement n'est pas normalement référencée par rapport à la terre,  $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$  sont alors considérées comme les tensions les plus élevées qui peuvent apparaître sur l'enroulement si un point quelconque de celui-ci est relié à la terre.

**7.6 Essais de vibrations**

La démonstration que la machine présente, au banc d'essais, un fonctionnement tranquille dans tout le domaine de vitesse, est un essai normalement suffisant, et le niveau d'équilibrage normal devra être suffisant pour que ce résultat soit obtenu.

Cependant, si l'utilisateur spécifie une mesure quantitative des niveaux de vibration, cette mesure doit être effectuée en accord avec la CEI 34-14.

La vitesse de vibration pour des vitesses de rotation jusqu'à 3 600 tr/min doit être en conformité avec les limites précisées dans le tableau I de la CEI 34-14 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.

Table 5 - Dielectric test voltages

Group	Winding	Test voltage (r.m.s.)
1	a) Windings directly connected to a contact system b) Windings connected to a contact system through a transformer rectifier or chopper without an intermediate circuit	$2,25 U_1 + 2\ 000\ V$
2	a) Windings not connected to a contact system (except group 3) b) Windings supplied through an intermediate regulating circuit which is not directly connected to a contact system	$2 U_2 + 1\ 000\ V$
3	Field windings of a.c. generators or synchronous motors	$10 U_3$ with a minimum of 1 500 V and a maximum of 3 500 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.

## NOTES

1 An example of group 2b is a d.c. link supplying polyphase motors from a single-phase supply. Motors supplied by a transformer/rectifier from an a.c. supply or by a chopper from a d.c. system are within group 1.

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.

3 If the winding voltage is not normally earth referenced then  $U_1$ ,  $U_2$  and  $U_3$  shall be taken as the highest voltage that can appear on the winding should any point in its circuit become connected to earth.

## 7.6 Vibration tests

It should 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 such that this is achieved.

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

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

Dans le cas d'une machine à vitesse variable, les mesures sont 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 n'en sera pas tenu compte sous réserve que cette résonance ne coïncide pas avec une vitesse de fonctionnement particulière définie 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 vitesse de fonctionnement définie, l'essai devra être repris dans des conditions de montage au banc différentes.

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

Si cela est spécifié par l'exploitant, une mesure du faux-rond radial du collecteur sera effectuée immédiatement après la fin des essais de type. Le faux-rond radial (crête à crête) ne devra pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau 6. De plus, le profil relevé ne devra pas faire 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 devront 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
Jusqu'à 400 mm	0,03 mm
De 400 mm à 800 mm	0,04 mm
Plus de 800 mm et machines à un seul palier ou montées en porte-à-faux	0,06 mm

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 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 the limits.

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

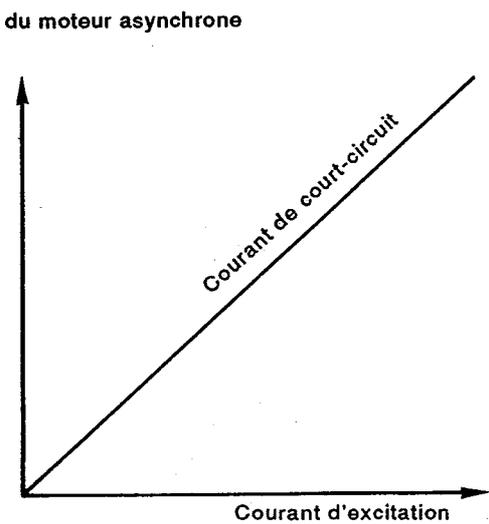
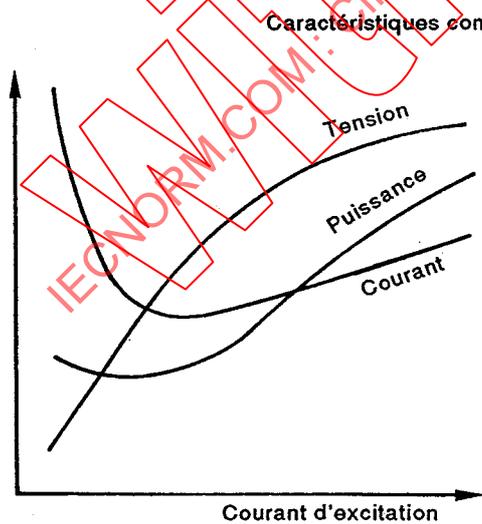
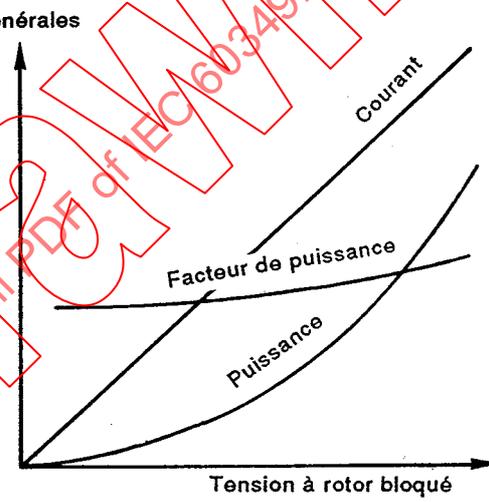
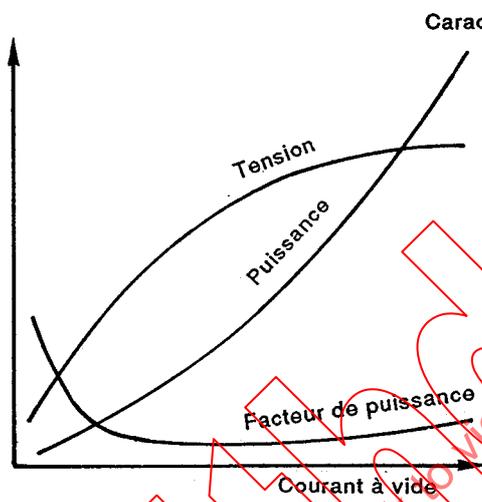
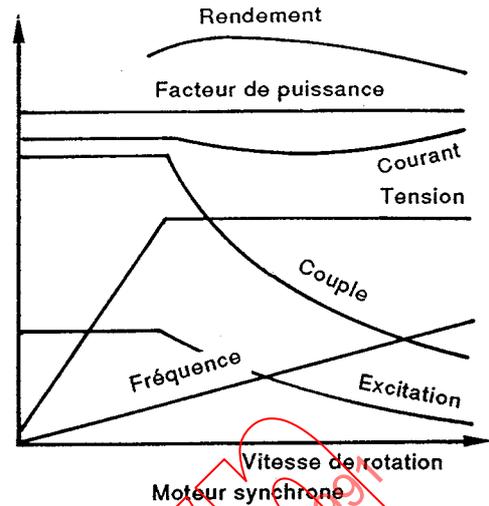
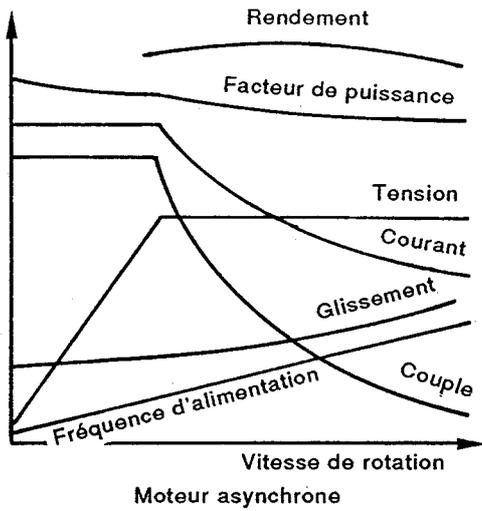
### 7.7 Commutator radial run-out measurement

If specified by the user a commutator radial run-out measurement shall be taken immediately after completion of the routine test. The radial run-out (peak to peak) shall not exceed the values given in table 6 and there shall be no abrupt changes in the 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	Max. radial run-out
Up to 400 mm	0,03 mm
400 mm to 800 mm	0,04 mm
Over 800 mm and all single bearing or overhung machines	0,06 mm



Fonctionnement à vide avec facteur de puissance unité

Entraînement à la vitesse synchrone en court-circuit

Caractéristiques complémentaires du moteur synchrone

CEI 859/91

Figure 1 - Caractéristiques typiques des moteurs à courant alternatif

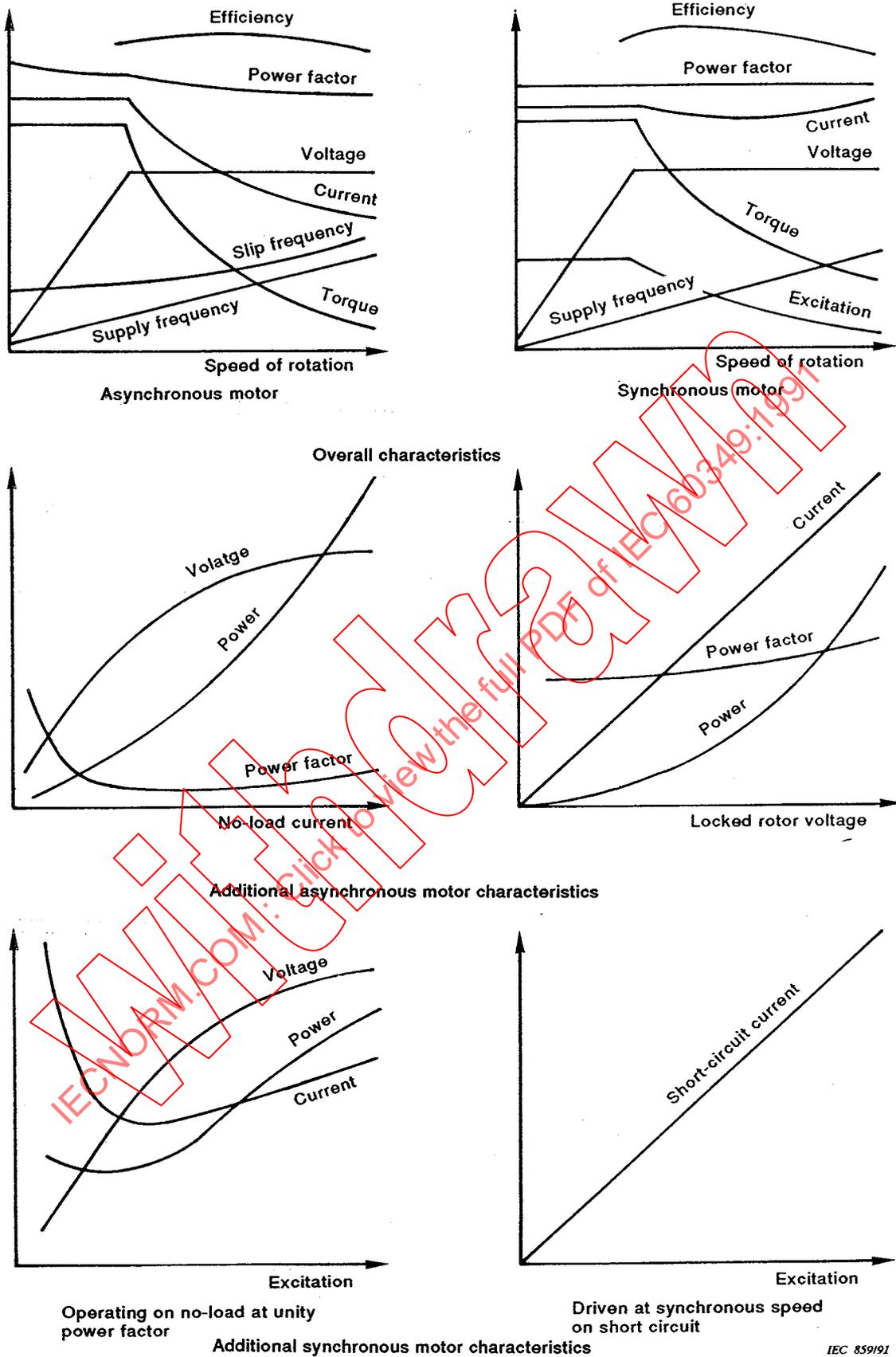
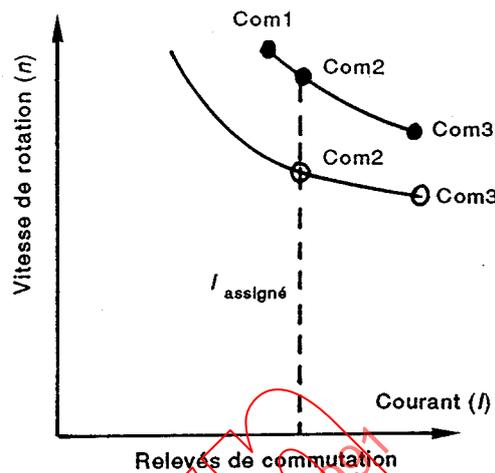
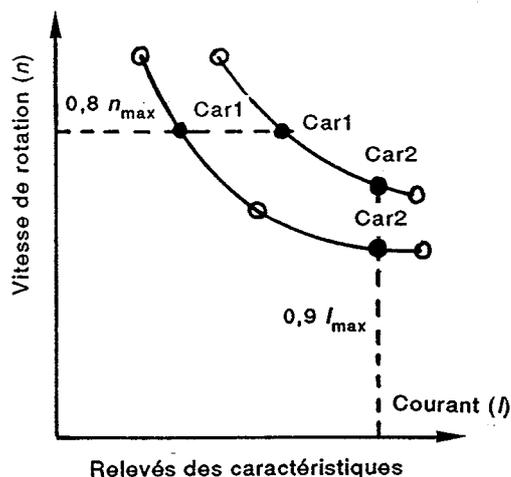
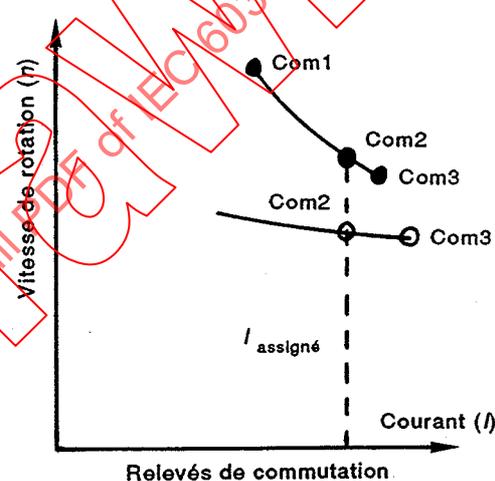
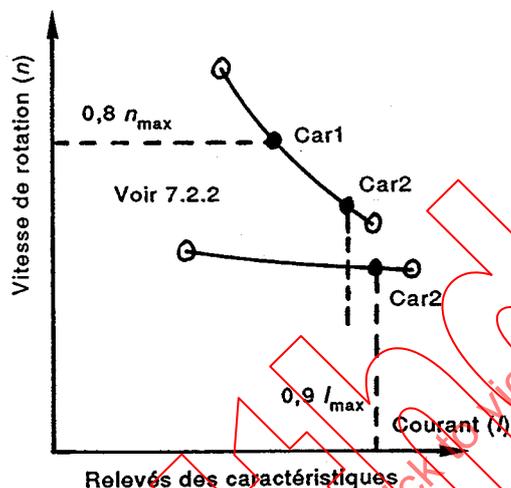


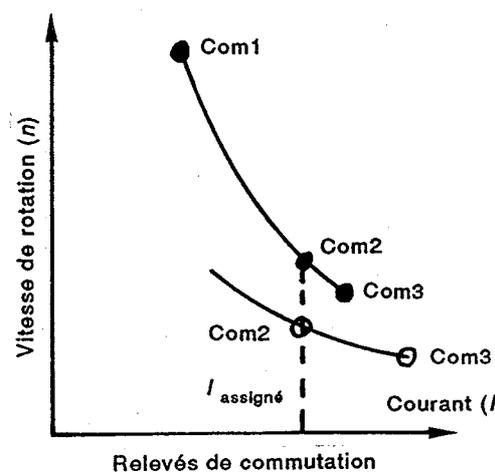
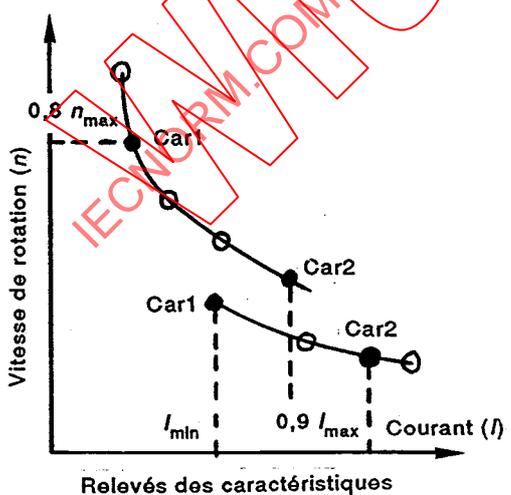
Figure 1 - Typical a.c. motor characteristics



Moteur série alimenté directement par une ligne de contact



Moteur à excitation séparée ou moteur compound alimenté directement par une ligne de contact

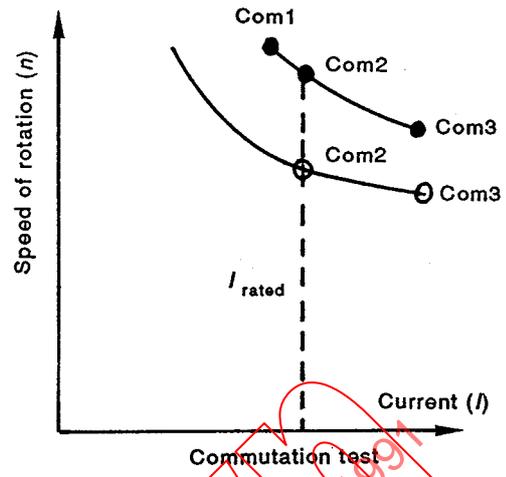
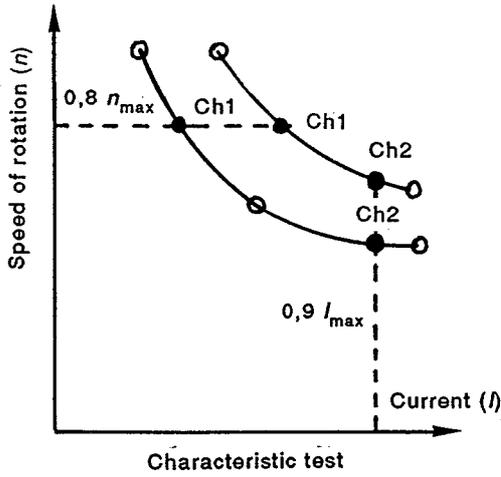


Moteur de véhicule thermo-électrique

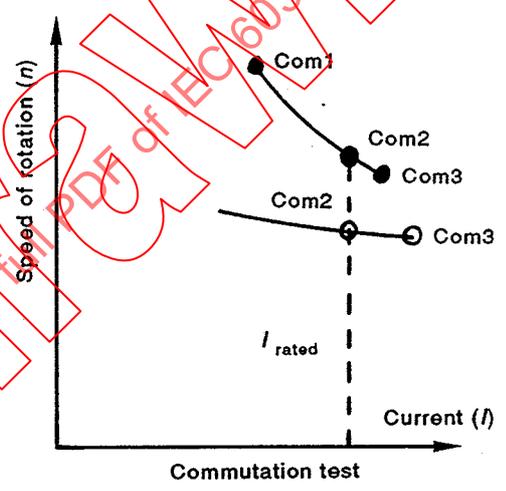
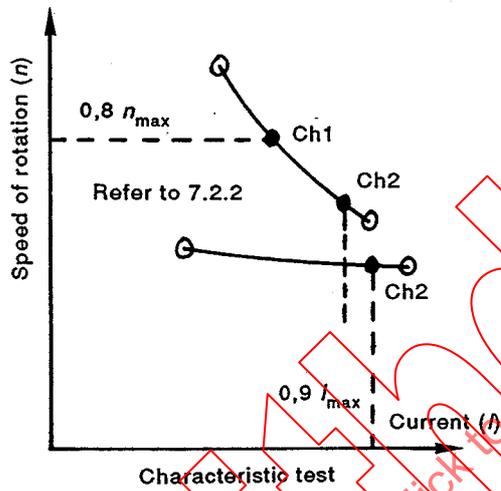
CEI 860/91

o point d'essai de type    ● point d'essai de série

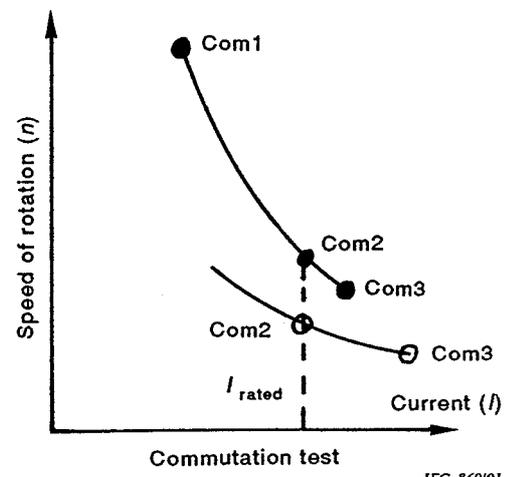
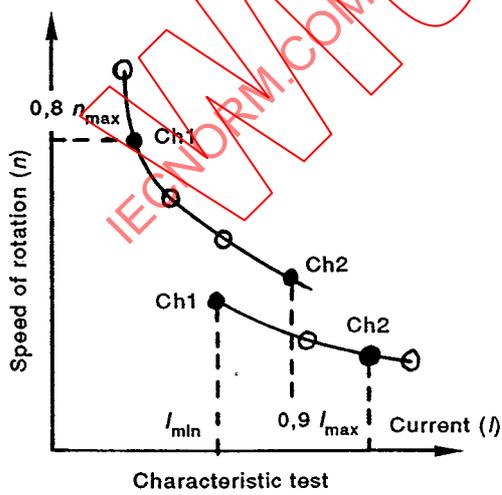
Figure 2 - Définition des régimes d'essais pour moteurs de traction à collecteur



Series motor supplied from a contact system



Separately excited or compound motor supplied from a contact system

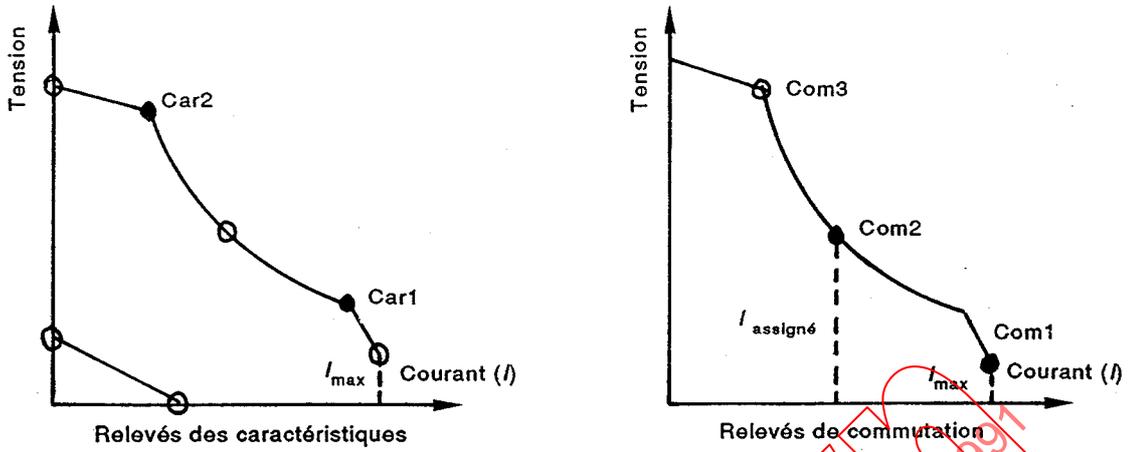


IEC 860191

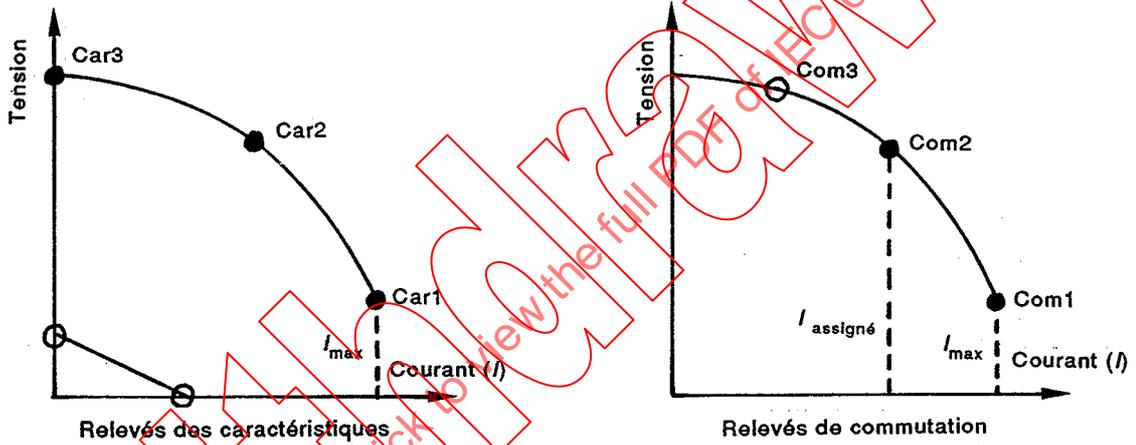
Thermo-electric vehicle motor

○ Type test point ● Type and routine test point

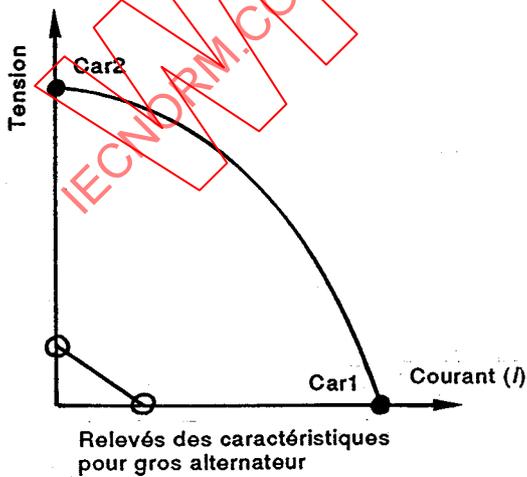
Figure 2 - Commutator type traction motor test points



Génératrice régulée



Génératrice travaillant sur sa caractéristique naturelle

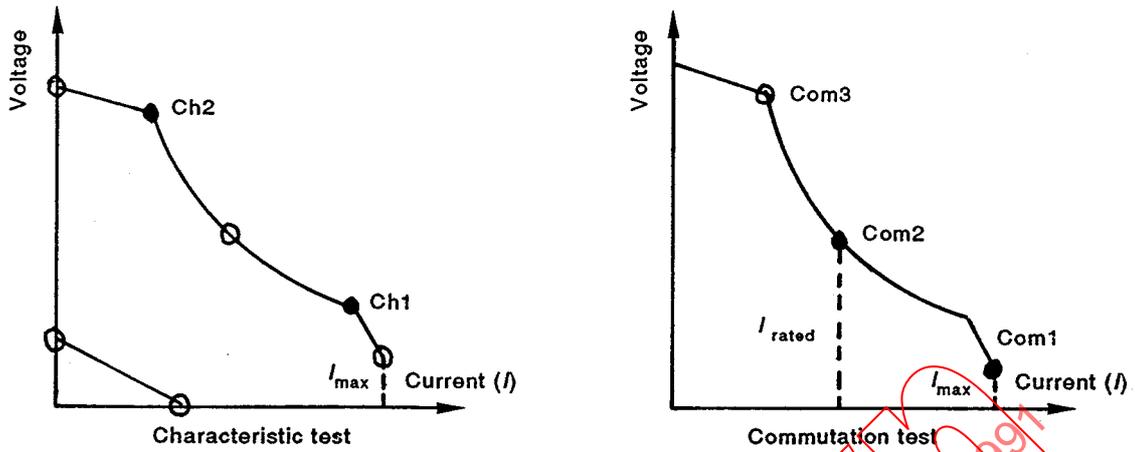


CEI 861/91

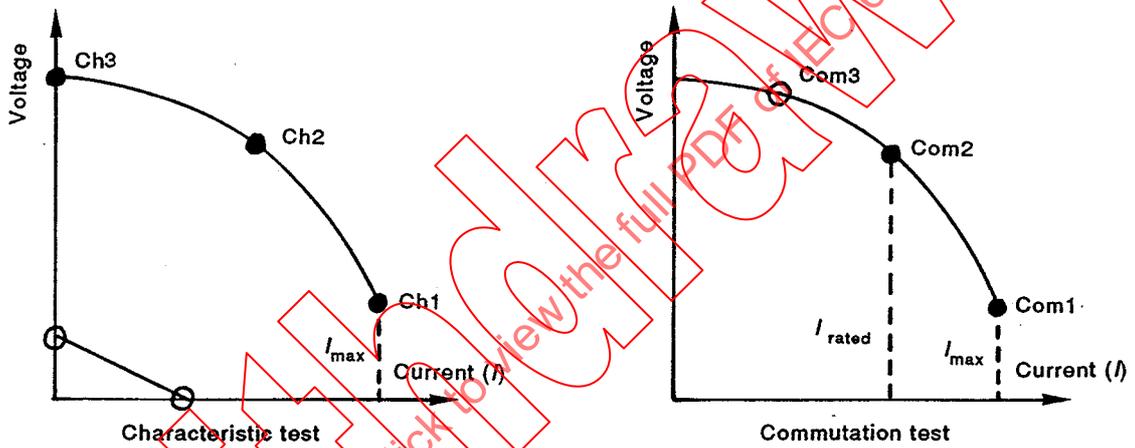
○ Point d'essai de type

● Point d'essai de type et d'essai de série

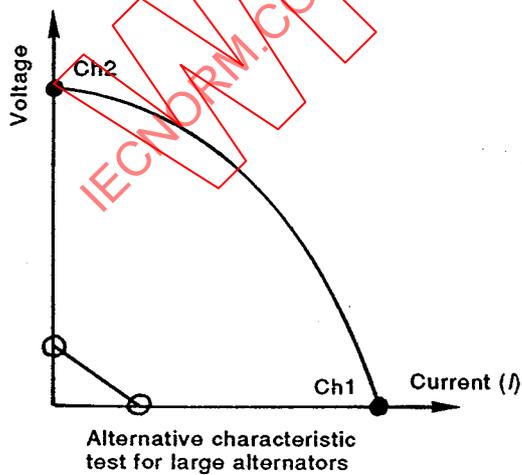
Figure 3 - Définition des régimes d'essais pour génératrices principales



Regulated generator



Inherent characteristic generator



○ Type test point

● Type and routine test point

Figure 3 - Main generator test points

## Annexe A (informative)

### Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement

#### A.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: cette annexe doit être considérée comme une extension de la CEI 34-2 afin de satisfaire aux exigences spéciales des machines de traction.

Les conditions générales suivantes doivent s'appliquer quelle que soit la méthode d'essai adoptée:

- 1) la charge doit rester constante pendant au moins 10 s avant de pouvoir effectuer la lecture des appareils de mesure;
- 2) les résistances des enroulements doivent être 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) ceci afin de permettre de ramener le rendement à la température de référence de 150 °C (article 3.2). 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;
- 3) la chute de tension totale aux balais ( $U_c$ ) doit être 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;
- 4) pour les machines réversibles, le rendement à un courant donné doit être pris égal à la moyenne arithmétique des rendements dans les deux sens de rotation;
- 5) 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 doit prendre les valeurs conventionnelles données dans la présente annexe, à moins que d'autres valeurs ne soient données sur la caractéristique de rendement.

#### A.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

## Annex A (informative)

### Methods of determining losses and efficiency

#### A.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 34-2 to meet requirements specific to traction machines.

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

- 1) the load shall have remained constant for at least 10 s before the instrument readings are recorded;
- 2) winding resistances shall be 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 (clause 3.2). For the purpose of this correction the resistances of the windings during a series of readings shall be taken as the arithmetic mean of the above two measurements;
- 3) the total brush contact voltage drop ( $U_b$ ) shall be taken as 3 V if the brushes do not have flexible connections to the brush holders and 2 V if connections are fitted;
- 4) for reversible machines the efficiency at a given current shall be taken as the arithmetic mean of the efficiencies for each direction of rotation;
- 5) 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 shall be assumed unless other values are given on the characteristic.

#### A.2 Symbols

The following symbols are used throughout this annex:

$U_m$  = motor terminal voltage

$U_g$  = generator terminal voltage

- $U_s$  = tension aux bornes du survolteur
- $U_l$  = tension d'alimentation
- $U_f$  = tension de l'enroulement 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
- $R_m$  = 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

$U_b$  = 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

$R_m$  = 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

$P_m$  = 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 article A.1)

$R_t$  =  $R$  corrigée pour la température de référence

Les abréviations suivantes sont utilisées dans le schéma:

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.

### A.3 Correction des résultats pour la température de référence

Les formules données à l'article A.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.

### A.4 Méthodes de récupération

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

$P_m$  = 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 clause 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.

### A.3 Correction of results to the reference temperature

The formulae given in clause A.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.

### A.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.

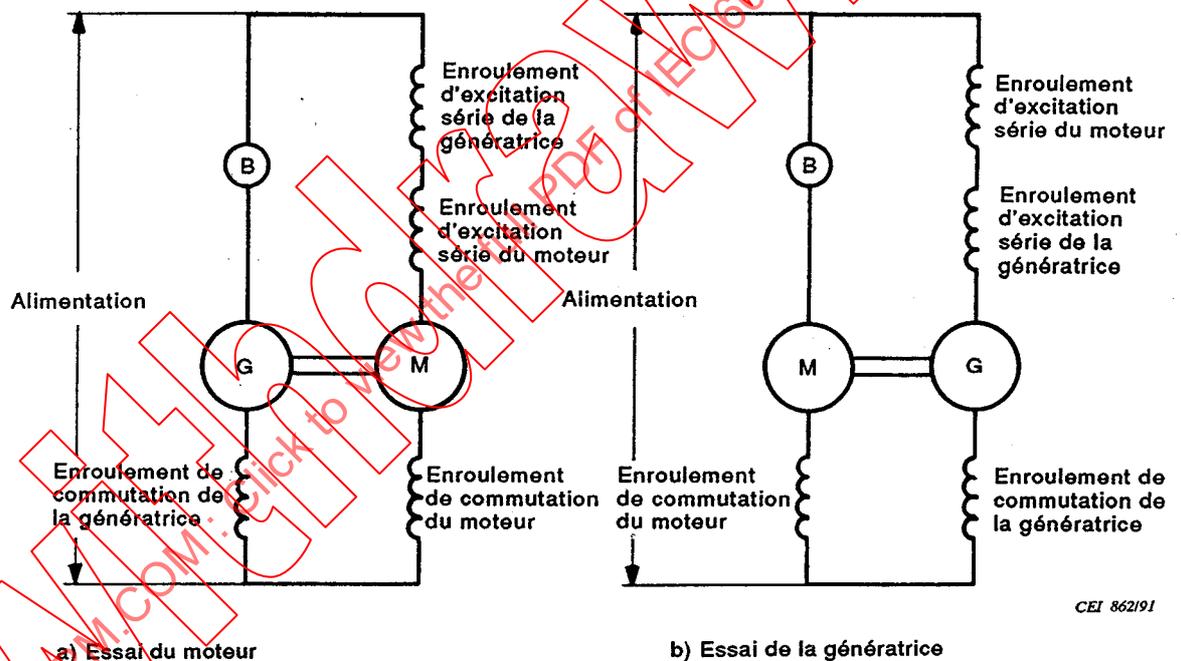
A.4.1 Connexion en parallèle

Les pertes sont fournies en partie par une alimentation à tension constante et 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, il faut que le courant d'excitation soit réglé à la même valeur que le courant de charge du moteur; ainsi dans les calculs de rendement  $r_g$  sera pris égal à zéro.

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



CEI 862/91

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

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

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

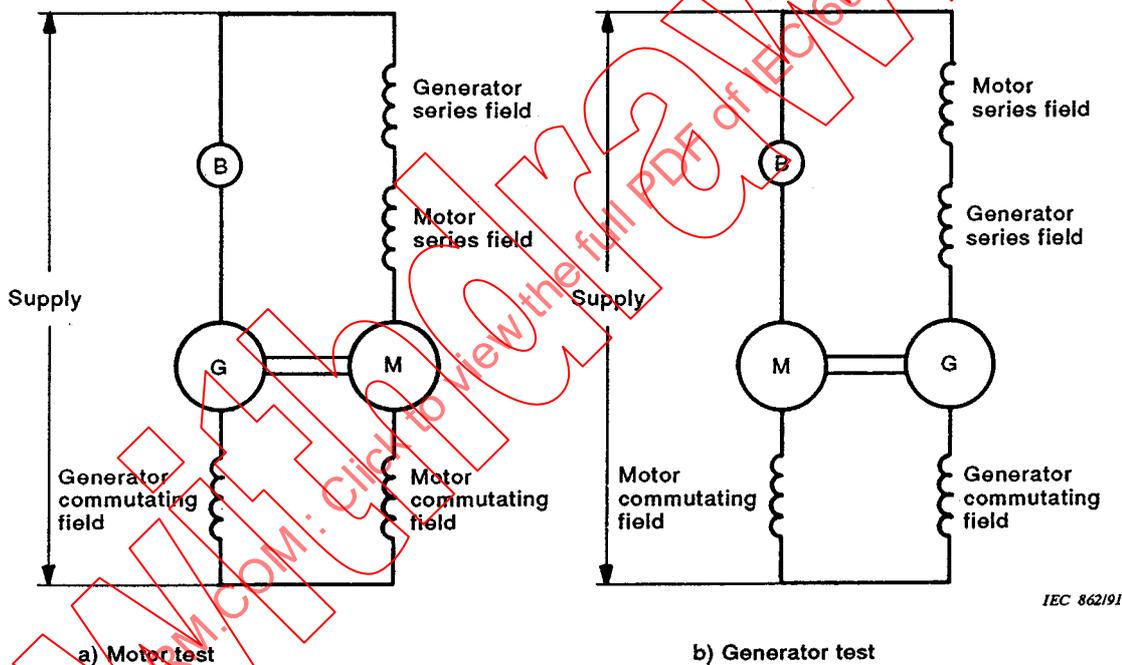
A.4.1 Parallel connection

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.



IEC 862/91

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

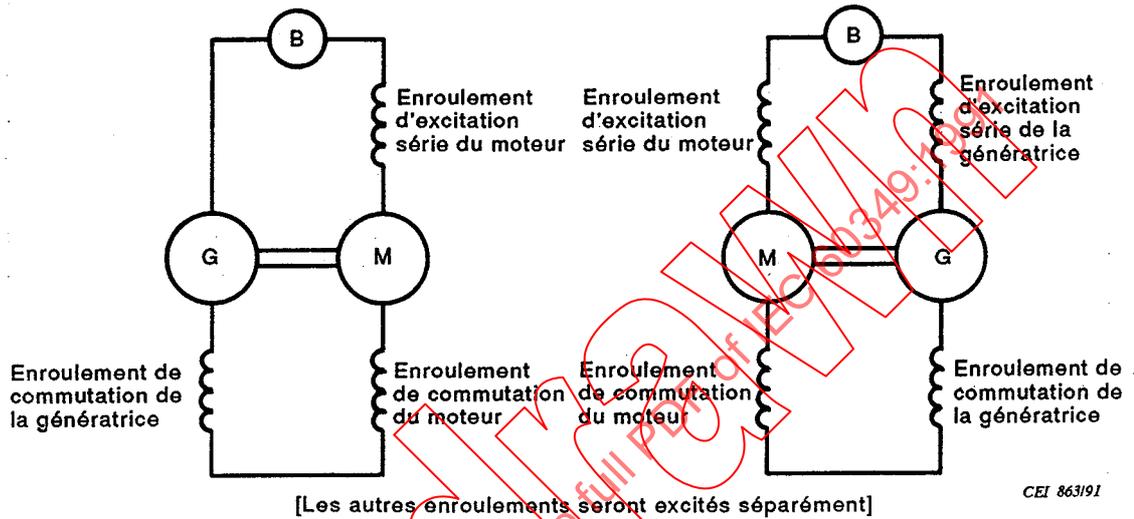
$$\text{Generator efficiency} = \frac{2U_g I_g}{2U_g I_g + U_b I_m + U_l I_l + (R_g + r_g - r_m) I_g^2 - R_m I_m^2 - U_c I_l + 2r_s i_s^2 - 2(R - R_l) I_g^2}$$

Figure A.1 - Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in parallel

A.4.2 Connexion en série

En l'absence d'alimentation convenable on pourra 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.



a) Essai du moteur

b) Essai de la génératrice

$$\text{Rendement du moteur} = \frac{(2U_m - U_b - U_f) I_m + 2(R - R_f) I_m^2}{2(U_m I_m + r_s i_s^2)}$$

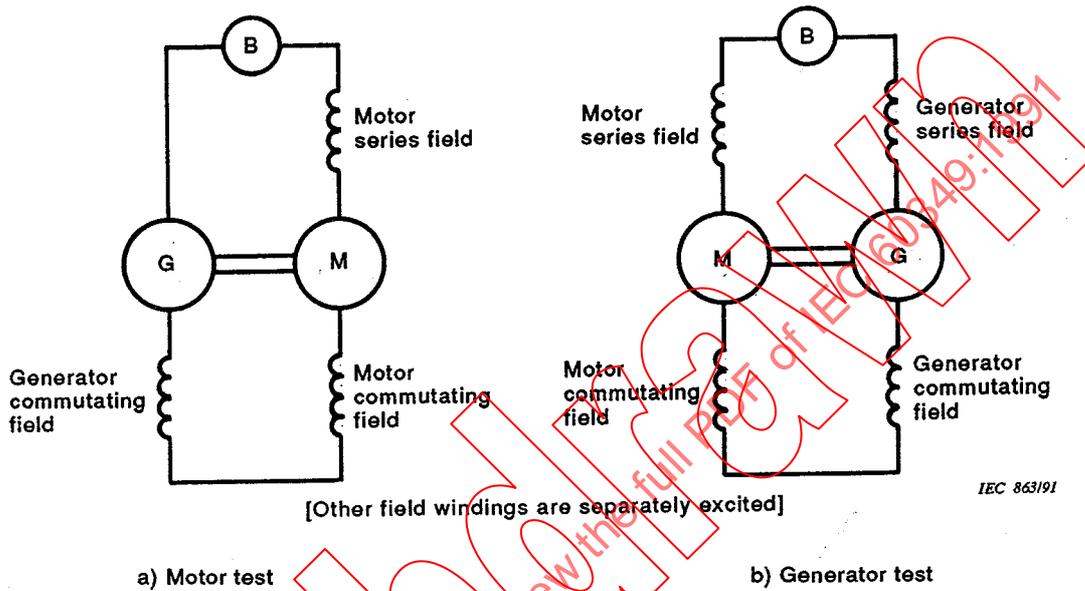
$$\text{Rendement de la génératrice} = \frac{2U_g I_g}{(2U_g + U_b) I_g + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_f) I_g^2}$$

Figure A.2 - Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série.

A.4.2 Series connection

In the absence of a suitable line supply the series connection may be used.

It is less stable than the parallel circuit and is not recommended if other methods are available.



$$\text{Motor efficiency} = \frac{(2U_m - U_b - U_f) I_m + 2(R - R_t) I_m^2}{2(U_m I_m + r_s i_s^2)}$$

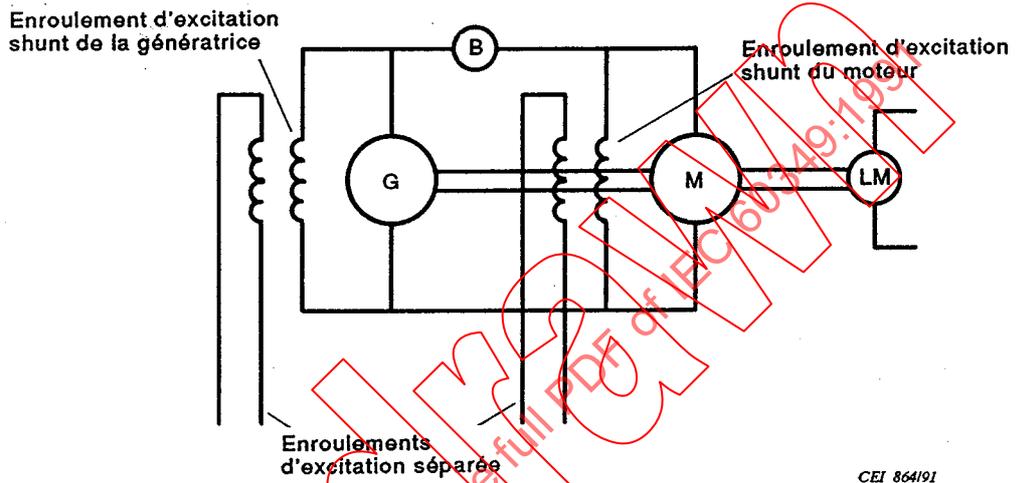
$$\text{Generator efficiency} = \frac{2U_g I_g}{(2U_g + U_b) I_g + 2r_s I_s^2 - 2(R - R_t) I_g^2}$$

Figure A.2 - Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series

**A.4.3 Connexion en série avec accouplement mécanique**

La méthode est similaire à celle décrite en A.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.



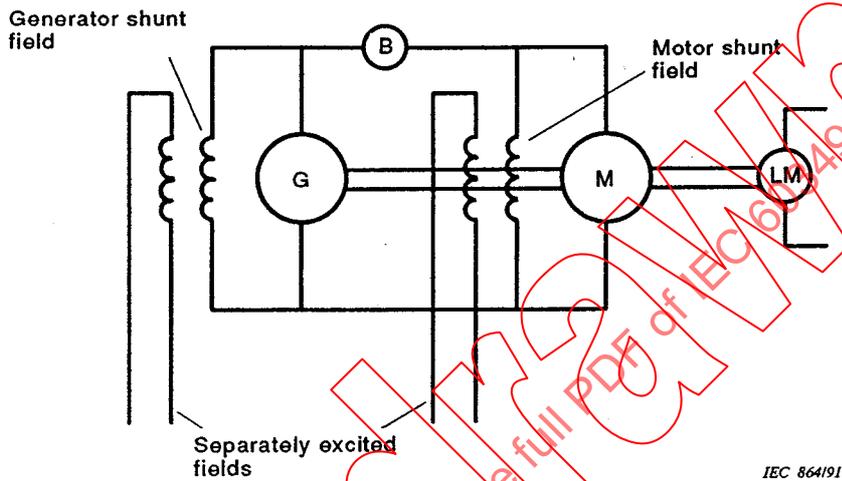
$$\text{Rendement de la génératrice} = \frac{2 (U_g I_g - r_{sh} i_g^2)}{2 (U_g I_g + r_s i_s^2) + U_b I_g + P_{lr} - 2 (R - R_t) I_g^2}$$

Figure A.3 - Schéma pour la détermination des pertes et du rendement par la méthode de récupération avec connexion des machines en série avec accouplement mécanique

A.4.3 Series connection with mechanical drive

Similar to method A.4.2 but using a motor of known efficiency to supply the rotational losses.

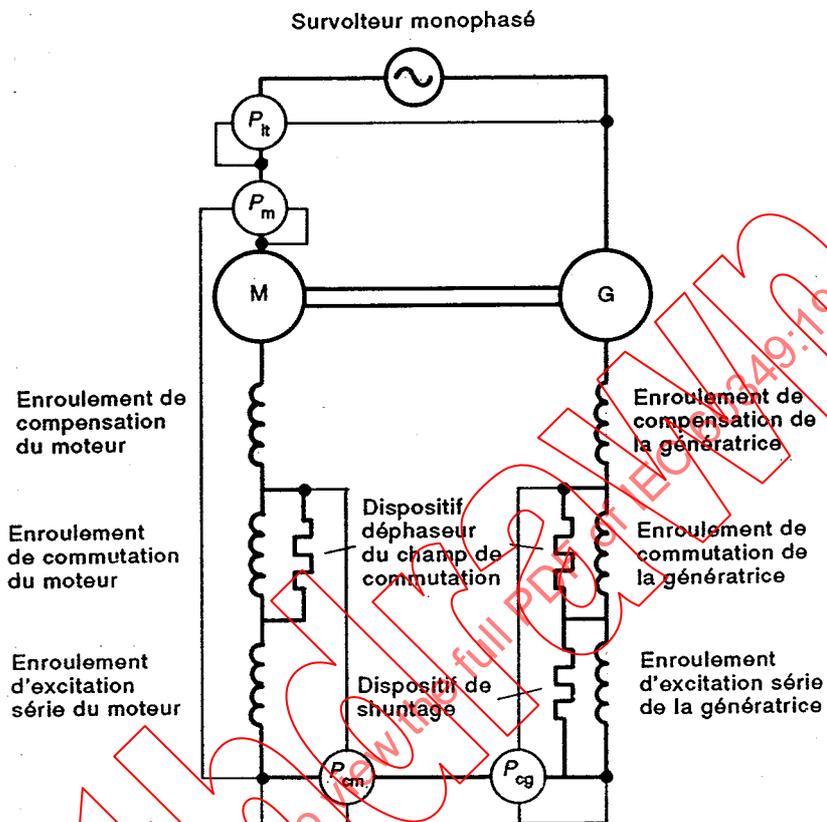
The method is particularly suitable for testing engine driven main and auxiliary generator sets as the auxiliary machine can be used as the test motor.



$$\text{Generator efficiency} = \frac{2 (U_g I_g - r_{sh} I_g^2)}{2 (U_g I_g + r_s I_g^2) + U_b I_g + P_{lr} - 2 (R - R_t) I_g^2}$$

Figure A.3 - Circuit for determining loss and efficiency by the regenerative method with the machines connected in series and with mechanical drive

A.4.4 Connexion en série pour moteurs monophasés à collecteur



CEI 865/91

En supposant que les températures des enroulements correspondants des deux machines sont égales, le rendement du moteur est donné par:

$$\frac{2 P_m - P_{it} + P_{cg} - P_{cm} + 2 (R - R_t) I_m^2}{2 P_m}$$

Figure A.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