

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 349

Première édition — First edition

1971

**Règles applicables aux machines électriques tournantes
des véhicules ferroviaires et routiers**

Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349:1971

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

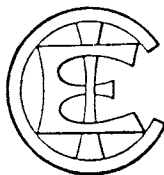
Publication 349

Première édition — First edition

1971

**Règles applicables aux machines électriques tournantes
des véhicules ferroviaires et routiers**

Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
SECTION UN – DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE	
1. Domaine d'application.	8
2. Conditions de service	10
SECTION DEUX – DÉFINITIONS	
3. Généralités	10
4. Champ d'un moteur à excitation série	10
5. Régime d'une machine.	12
6. Valeur nominale	12
7. Catégories de régimes	12
8. Régime continu	12
9. Régime unihoraire.	14
10. Régime intermittent d'une machine auxiliaire	14
11. Régime équivalent.	14
12. Régime garanti	14
13. Tension nominale	16
14. Tension maximale (ou minimale) d'un moteur auxiliaire, d'une génératrice auxiliaire ou d'un convertisseur auxiliaire	18
15. Courant maximal	20
16. Vitesse nominale	20
17. Vitesse maximale	20
18. Puissance des moteurs électriques, des moteurs thermiques et de leurs transmissions électriques	22
19. Puissance nominale des véhicules moteurs	22
20. Taux d'ondulation du courant	24
21. Fréquence d'ondulation	24
SECTION TROIS – MARQUAGE	
22. Plaque signalétique et marquage des machines	24
CHAPITRE II: ESSAIS	
SECTION QUATRE – CATÉGORIES D'ESSAIS ET PRESCRIPTIONS SPÉCIALES	
23. Catégories d'essais	26
24. Prescriptions spéciales pour les moteurs de traction destinés à équiper des véhicules à courant monophasé à redresseurs	26
25. Prescriptions spéciales pour les alternateurs	28
26. Liste des essais	28
SECTION CINQ – ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT	
27. Généralités	30
28. Essais de type	30
29. Essais de série	30
30. Classification des isolants.	32
31. Limites d'échauffement	32
32. Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant les essais d'échauffement	34
33. Méthodes de mesure de la température des parties de la machine	34
34. Résistance initiale	36
35. Mesure des résistances et des températures lors de l'essai et correction des mesures	36
SECTION SIX – ESSAIS DE SURVITESSE	
36. Essais de survitesse	40
SECTION SEPT – ESSAIS DE DÉMARRAGE	
37. Essais de démarrage	40
SECTION HUIT – ESSAIS DE COMMUTATION	
38. Généralités	44
39. Essais de commutation en régime établi	44
40. Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation	48

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

Clause

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE – SCOPE AND OPERATING CONDITIONS

1. Scope	9
2. Service conditions	11

SECTION TWO – DEFINITIONS

3. General	11
4. Field strength of a series excited motor.	11
5. Rating of a machine.	13
6. Rated quantity	13
7. Classes of ratings	13
8. Continuous rating.	13
9. One-hour rating.	15
10. Intermittent rating of an auxiliary machine	15
11. Equivalent rating	15
12. Guaranteed rating.	15
13. Rated voltage.	17
14. Maximum (or minimum) voltage of an auxiliary motor, generator or convertor	19
15. Maximum current.	21
16. Rated speed	21
17. Maximum speed	21
18. Output and input of electric motors, heat engines and their electrical transmissions	23
19. Rated power of electrically propelled vehicles	23
20. Current ripple factor.	25
21. Pulsation frequency	25

SECTION THREE – MARKING

22. Rating plate and marking of machines	25
--	----

CHAPTER II: TESTS

SECTION FOUR – TEST CATEGORIES AND SPECIAL RULES

23. Test categories	27
24. Special rules for traction motors intended for use on single-phase rectifier vehicles	27
25. Special rules for alternators.	29
26. Summary of tests	29

SECTION FIVE – TEMPERATURE-RISE TESTS

27. General	31
28. Type tests	31
29. Routine tests	31
30. Classification of insulating materials	33
31. Limits of temperature rise	33
32. Measurement of cooling-air temperature during temperature-rise tests	35
33. Methods of measuring temperatures of machine parts	35
34. Initial resistance.	37
35. Measuring of resistances and temperatures during the test and correction of measurements	37

SECTION SIX – OVERSPEED TESTS

36. Overspeed tests	41
-------------------------------	----

SECTION SEVEN – STARTING TESTS

37. Starting tests	41
------------------------------	----

SECTION EIGHT – COMMUTATION TESTS

38. General	45
39. Commutation tests under steady state conditions	45
40. Interruption and restoration tests	49

Articles	SECTION NEUF – ESSAIS DIÉLECTRIQUES	Pages
41. Essais diélectriques		50
SECTION DIX – RELEVÉS DES COURBES CARACTÉRISTIQUES		
42. Courbes caractéristiques		52
43. Méthodes pour la détermination du rendement		60
44. Tolérances		64
SECTION ONZE – ESSAIS DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES AUXILIAIRES COMPLETS		
45. Essais de vérification de bon fonctionnement du groupe		68
46. Essais de coupure et de variation brusque de la tension.		68
SECTION DOUZE – ESSAIS DIVERS SUR LES GROUPES AUXILIAIRES COMPLETS		
47. Essais d'endurance		70
ANNEXE A – Description de méthodes recommandées pour la détermination du rendement (article 43)		72
ANNEXE B – Tension d'alimentation des réseaux de traction		84

Withdrawing
IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349:1971

Clause	SECTION NINE – DIELECTRIC TESTS	Page
41. Dielectric tests		51
SECTION TEN – DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES		
42. Characteristic curves.		53
43. Methods for determining the efficiency		61
44. Tolerances		65
SECTION ELEVEN – RUNNING TESTS ON COMPLETE AUXILIARY SETS		
45. Tests to check that the set is in good running order		69
46. Interruption and voltage jump tests		69
SECTION TWELVE – MISCELLANEOUS TESTS ON COMPLETE AUXILIARY SETS		
47. Endurance tests		71
APPENDIX A – Description of recommended methods for determining the efficiency (Clause 43)		73
APPENDIX B – Supply voltage of traction systems		85

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60349:1971

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÈGLES APPLICABLES AUX MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

Le Comité Mixte International du Matériel de Traction Électrique, lors de la réunion tenue à Venise en 1963, décida d'entreprendre la révision des Publications 101 de la CEI: Règles applicables aux machines auxiliaires (Moteurs et génératrices électriques) des véhicules moteurs, et 102: Règles applicables aux transmissions électriques des véhicules à moteurs Diesel (Moteurs et génératrices principales à courant continu), pour les mettre en conformité avec la quatrième édition de la Publication 48 de la CEI: Règles concernant les moteurs de traction électrique.

Lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965, le Comité Mixte décida de regrouper ces différentes règles en une publication unique s'appliquant à l'ensemble des machines électriques tournantes des véhicules et d'introduire divers compléments pour tenir compte de l'évolution de la technique. Un Groupe de Travail préparatoire fut constitué à cet effet. Le projet mis au point par ce Groupe fut examiné par le Comité Mixte lors de la réunion tenue à Londres en 1968, à la suite de laquelle un projet de recommandation fut soumis, en juin 1969, à l'approbation des Comités nationaux de la CEI suivant la Règle des Six Mois, ainsi qu'à l'Union Internationale des Chemins de Fer.

Ce projet a reçu l'accord explicite des Comités nationaux de la CEI des pays suivants:

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Pologne
Autriche	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Israël	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques

et de l'Union Internationale des Chemins de Fer.

La présente recommandation annule et remplace les Publications 48, 101 et 102 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RULES FOR ROTATING ELECTRICAL MACHINES
FOR RAIL AND ROAD VEHICLES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

At the meeting held in Venice in 1963, the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment decided to undertake revision of IEC Publication 101, Rules for Auxiliary Machines on Motor Vehicles (Electric Motors and Generators), and IEC Publication 102, Rules for the Electric Transmission of Vehicles with Diesel Engines (Main d.c. Motors and Generators), so as to bring them into line with the fourth edition of IEC Publication 48, Rules for Electric Traction Motors.

At the meeting held in Tokyo in 1965, the International Mixed Committee decided to regroup these various rules in the form of one single publication applying to all rotating electrical machinery on vehicles, and to add various supplements to keep abreast of technical progress. A preparatory Working Group was set up to this effect. The draft prepared by this Working Group was considered by the International Mixed Committee at the meeting held in London in 1968, following which a draft recommendation was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in 1969, as well as to the International Union of Railways.

This draft was explicitly approved by the IEC National Committees of the following countries:

Australia	Netherlands
Austria	Poland
Belgium	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	

and by the International Union of Railways.

This Recommendation supersedes IEC Publications 48, 101 and 102.

RÈGLES APPLICABLES AUX MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1. Domaine d'application

- 1.1 Ces règles s'appliquent aux machines électriques tournantes faisant partie de l'équipement de véhicules ferroviaires et routiers mus électriquement. Les véhicules peuvent être alimentés soit par une source externe, soit par une source interne.

Notes 1. — Ces règles sont également applicables aux machines installées sur les remorques attelées auxdits véhicules.

2. — Certaines de ces règles peuvent, après accord entre l'exploitant et le constructeur, être appliquées aux machines électriques tournantes d'autres véhicules, telles les locomotives de mines. Elles ne couvrent pas les dispositifs antigrisouteux (voir Publication 79 de la CFI: Recommandations pour la construction des carters antidéflagrants d'appareils électriques) ou spéciaux, qui peuvent être requis. Ces dispositifs particuliers doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

3. — Il n'est pas prévu que ces règles soient applicables aux machines de petits véhicules routiers, telles les camionnettes de livraison alimentées par une batterie, tels les chariots d'usine, etc. Elles ne sont pas applicables aux très petites machines, tels les moteurs d'essuie-glaces qui sont utilisés sur les véhicules de traction.

- 1.2 Le courant électrique absorbé ou fourni par les machines couvertes par ces règles peut avoir l'une des formes suivantes:

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

Tous ces courants peuvent être obtenus ou non par synthèse et être réglés ou non par contrôle de phase ou d'impulsions.

- 1.3 Dans la présente recommandation, les machines électriques dont il s'agit sont classées comme suit.

1.3.1 *Moteurs de traction*

Moteurs utilisés pour actionner des véhicules ferroviaires ou routiers.

1.3.2 *Génératrices principales (entraînées par un moteur thermique)*

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

1.3.3 *Groupeurs moteurs-générateurs principaux*

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

1.3.4 *Moteurs auxiliaires*

Moteurs servant à l'entraînement de compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires ou d'autres machines auxiliaires faisant partie de l'équipement d'un véhicule.

RULES FOR ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND ROAD VEHICLES

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE — SCOPE AND OPERATING CONDITIONS

1. Scope

- 1.1 These rules apply 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.

Notes 1. — These rules also apply to machines installed on trailers hauled by the electrically propelled vehicles.

2. — Certain of these rules may, after agreement between user and manufacturer, be used for rotating electrical machines on other vehicles such as mine locomotives. They do not cover flameproof (see IEC Publication 79, Recommendations for the Construction of Flameproof Enclosures of Electrical Apparatus) or other special features that may be required. Such additional requirements must be agreed between user and manufacturer.
3. — It is not intended that these rules should apply to machines on small road vehicles such as battery-fed delivery vehicles, works trucks, etc. They also do not apply to minor machines such as windscreen wiper motors, etc. that may be used on traction vehicles.

- 1.2 Electrical inputs or outputs of machines covered by these rules may be of the following types:

- a) direct current (including rectified multi-phase);
- b) pulsating current (rectified single-phase alternating current);
- c) single-phase alternating current;
- d) multi-phase alternating current (in general 3-phase).

All the above inputs or outputs may be synthesised and/or varied by phase or pulse control.

- 1.3 For the purpose of this Recommendation, the electrical machines concerned are classified as follows:

1.3.1 *Traction motors*

Motors which are used for propelling rail or road vehicles.

1.3.2 *Engine-driven main generators*

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

1.3.3 *Main motor-generator sets*

Machines which obtain their input power from the line or from a battery, the output supplying power to traction motors on the same vehicle or train.

1.3.4 *Auxiliary motors*

Motors for driving compressors, fans, auxiliary generators or other auxiliary machines forming part of a vehicle equipment.

1.3.5 *Génératrices auxiliaires*

Génératrices servant à fournir de l'énergie pour l'excitation, le contrôle, l'éclairage, la charge de batterie, l'alimentation de moteurs auxiliaires, le chauffage du train, etc.

1.3.6 *Groupes moteurs-générateurs et convertisseurs auxiliaires*

Machines qui sont alimentées par la ligne de contact ou par une batterie et qui fournissent de l'énergie pour l'excitation, le contrôle, l'éclairage, la charge de batterie, l'alimentation de moteurs auxiliaires, etc.

2. **Conditions de service**

La présente recommandation s'applique aux machines qui doivent être utilisées dans des conditions spécifiées ou présumées. En l'absence de spécification de l'exploitant, on admettra les conditions de service 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 ces limites 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, neige, effets dynamiques, etc.) dans laquelle les machines sont destinées à fonctionner.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

3. **Généralités**

Pour la définition des termes généraux utilisés dans les présentes règles, on se reportera à la Publication 50(10) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International, Groupe 10: Machines et transformateurs, et à la Publication 50(30) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International, Groupe 30: Traction électrique.

Pour les besoins de la présente recommandation, les différentes classes de machines dont il s'agit ont été définies au paragraphe 1.3 et des définitions complémentaires sont données aux articles 4 à 21.

4. **Champ d'un moteur à excitation série**

4.1 *Taux d'excitation*

Rapport du nombre d'ampères-tours dans les enroulements inducteurs du moteur, fonctionnant à une charge quelconque, au nombre maximal d'ampères-tours qu'il serait possible d'obtenir dans les mêmes enroulements pour un même courant dans l'induit.

4.2 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;

1.3.5 *Auxiliary generators*

Generators for supplying power for excitation, control, lighting, battery charging, auxiliary motors, train heating, etc.

1.3.6 *Auxiliary motor-generator sets and convertors*

Machines which obtain their input power from the line or from a battery, the output supplying power for excitation, control, lighting, battery charging, auxiliary motors, etc.

2. **Service conditions**

This Recommendation applies to machines to be used under specified or assumed conditions. Unless otherwise specified by the user, the following operating 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 arrangements may be made by agreement between user and manufacturer.

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

SECTION TWO — DEFINITIONS

3. **General**

For the definition of general terms used in these rules, reference should be made to IEC Publication 50(10), International Electrotechnical Vocabulary, Group 10: Machines and Transformers, and IEC Publication 50(30), International Electrotechnical Vocabulary, Group 30: Electric Traction.

For the purpose of this Recommendation, the different classes of machines concerned have been defined in Sub-clause 1.3 and further definitions are given in Clauses 4 to 21.

4. **Field strength of a series excited motor**

4.1 *Field strength*

Ratio of the number of ampere-turns in the excitation windings of the motor operating at a given load to the maximum number of ampere-turns obtainable in the same windings for the same armature current.

4.2 A series excited motor is said to be:

- at *full field* when the current through the field winding is equal to the armature current;
- at *maximum field* when the motor operates with the highest field strength allowed in 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 admissible en service.

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

5. Régime d'une machine

Ensemble de valeurs simultanées de grandeurs électriques et mécaniques associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribué à la machine par le constructeur. L'objet d'un régime est de permettre de vérifier au banc d'essai le fonctionnement de la machine et de servir de base pour s'assurer qu'elle convient pour un service spécifié et pour permettre une comparaison entre différentes machines.

6. Valeur nominale

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

7. Catégories de régimes

Il existe quatre catégories de régimes:

- a) le régime continu (voir articles 8 et 12);
- b) le régime unihoraire (voir article 9);
- c) le régime intermittent (voir article 10);
- d) le régime équivalent (voir article 11), qui est une variante du régime intermittent, utilisable après accord entre exploitant et constructeur.

8. Régime continu

8.1 Régime continu d'une machine

Régime qui correspond à une charge que la machine peut supporter au banc d'essai pendant une durée illimitée dans les conditions énoncées à l'article 28 sans dépasser les limites d'échauffement indiquées à l'article 31.

Toutes les autres prescriptions des présentes règles doivent également être satisfaites.

8.2 Cas des génératrices principales entraînées par un moteur thermique

Ces génératrices ont en général deux régimes continus, le premier déterminé par l'échauffement de tous les enroulements parcourus par le courant principal (l'intensité la plus élevée du courant et une tension relativement basse), le second par l'échauffement des enroulements de champ (la tension la plus élevée et un courant principal plus faible). Dans ce qui suit, ces deux régimes continus sont respectivement désignés par les termes « à tension inférieure » et « à tension supérieure ». Ces deux régimes continus doivent correspondre à la courbe de régulation spécifiée par le constructeur en accord avec le paragraphe 18.4.

8.3 Prescriptions spéciales à certains groupes moteurs-générateurs principaux

Des prescriptions analogues à celles du paragraphe 8.2 peuvent, dans des cas spéciaux, s'appliquer à des groupes moteurs-générateurs principaux.

- at *weak field* when the motor operates with a field strength smaller than the maximum field;
- at *minimum field* when the motor operates with the minimum field strength permitted in service.

Note. — In the case of motors without permanent diverts across excitation windings, maximum field and full field are equivalent.

5. Rating of a machine

The combination of simultaneous values of electrical and mechanical quantities with their duration and sequence, assigned to the machine by the manufacturer. The purpose of the rating is to enable the performance of a machine to be confirmed on the test bed and to serve as a basis both for an assessment of its suitability for a specified duty and for a comparison between different machines.

6. Rated quantity

The numerical value of any quantity included in the rating. For traction machines, certain special quantities are often included in the rating, e.g. current ripple factor for a pulsating current motor, field strength for a variable field motor, and so on.

7. Classes of ratings

There are four classes of ratings:

- a) *continuous rating* (see Clauses 8 and 12);
- b) *one-hour rating* (see Clause 9);
- c) *intermittent rating* (see Clause 10);
- d) *equivalent rating* (see Clause 11) as an alternative to intermittent rating, to be used after agreement between user and manufacturer.

8. Continuous rating

8.1 Continuous rating of a machine

The rating that corresponds to a load that the machine can withstand on the test bed for an unlimited period under the conditions specified in Clause 28, without exceeding the limits of temperature rise given in Clause 31.

All other appropriate requirements in these rules shall also be satisfied.

8.2 Case of engine-driven main generators

These generators shall generally have two continuous ratings, the first determined by the temperature rise of all the windings through which the load current flows (higher value of load current and lower voltage), the second by the temperature rise of the field windings (lower value of load current and higher voltage). In the following sub-clauses, these two continuous ratings are designated by the terms “at lower voltage” and “at higher voltage”. These two continuous ratings shall correspond to the regulation curve specified by the manufacturer in accordance with Sub-clause 18.4.

8.3 Special rules for some main motor-generator sets

Rules similar to those specified in Sub-clause 8.2 may, in special cases, be applied to main motor-generator sets.

9. **Régime unihoraire**

Régime qui correspond à une charge que la machine peut supporter au banc d'essai pendant une heure sans dépasser les limites d'échauffement indiquées à l'article 31, l'essai étant commencé avec la machine froide (voir article 34) et effectué dans les conditions énoncées à l'article 28.

Toutes les autres prescriptions de la présente recommandation doivent également être satisfaites.

Pour les génératrices principales et les moteurs de traction qu'elles alimentent, le régime unihoraire doit correspondre à la courbe de régulation spécifiée par le constructeur en accord avec le paragraphe 18.4; il est limité par l'échauffement des enroulements parcourus par le courant principal.

Note. — Dans des cas très spéciaux et après accord entre exploitant et constructeur, le régime unihoraire peut être remplacé par un régime de durée plus réduite.

10. **Régime intermittent d'une machine auxiliaire**

Régime correspondant à une suite de cycles identiques, chacun comprenant des temps de fonctionnement à des valeurs spécifiées de la charge tels que, séparés ou non, suivant le cas, par un temps de repos, les échauffements de la machine, après un nombre illimité de cycles, ne dépassent pas les limites indiquées à l'article 31.

Le cycle de charge à reproduire lors des essais de certaines machines auxiliaires doit tenir compte du service à assurer ainsi que des conditions d'alimentation ou d'entraînement des machines; il doit faire l'objet d'un diagramme préalablement établi après entente entre exploitant et constructeur.

Dans le cas de groupes moteurs-générateurs, il faudra vérifier que les cycles de charge spécifiés pour les différentes machines d'un même groupe correspondent entre eux.

11. **Régime équivalent**

Régime continu ou de durée limitée caractérisé par des valeurs constantes de tension, de courant et de vitesse et considéré du point de vue échauffement comme équivalent au régime intermittent que la machine aura à supporter en service réel. Ce régime doit faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

12. **Régime garanti**

Régime garanti par le constructeur.

12.1 **Régime garanti d'un moteur de traction**

Normalement, le régime garanti est le régime continu. Le régime unihoraire n'est pas garanti; il est donné uniquement à titre indicatif par le constructeur et est déterminé d'une façon précise, lors des essais de type, en vue d'être utilisé comme base pour les essais de série.

Pour les moteurs de traction de véhicules thermo-électriques, le régime continu garanti doit correspondre au régime garanti de la génératrice principale à tension inférieure, sauf accord contraire entre exploitant et constructeur.

Dans des cas très spéciaux, le régime unihoraire ou un autre régime de durée réduite peut être utilisé comme régime garanti après accord entre exploitant et constructeur.

12.2 **Régime garanti d'une génératrice principale (entraînée par un moteur thermique)**

Les régimes garantis d'une génératrice principale sont ses deux régimes continus définis au paragraphe 8.2.

De même que pour les moteurs de traction, le régime unihoraire n'est pas garanti; il est donné uniquement à titre indicatif par le constructeur et est déterminé d'une façon précise, lors des essais de type, en vue d'être utilisé comme base pour les essais de série.

9. One-hour rating

The rating that corresponds to a load that the machine can withstand on the test bed for one hour without exceeding the limits of temperature rise given in Clause 31, the test being started with the machine cold (see Clause 34) and carried out under the conditions specified in Clause 28.

All other appropriate requirements in this Recommendation shall also be satisfied.

In the case of main generators and the traction motors fed from them, the one-hour rating shall correspond to the regulation curve specified by the manufacturer in accordance with Sub-clause 18.4 as limited by the temperature rise of windings through which the load current flows.

Note. — In very special cases, and after agreement between user and manufacturer, the one-hour rating may be replaced by a shorter time rating.

10. Intermittent rating of an auxiliary machine

The rating that corresponds to a sequence of identical cycles, each including a period of operation at specified values of the load such that, whether separated or not, according to circumstances, by a period of shutdown, after an unlimited number of cycles the temperature rises of the machine do not exceed the limits given in Clause 31.

The duty cycle to be reproduced in tests on auxiliary machines should take into account both the purpose for which these machines are used and the conditions under which they are supplied or driven, and should be specified in a diagram drawn up in advance by agreement between user and manufacturer.

In the case of motor-generator sets, it should be checked that the specified duty cycles of the different machines of the same set correspond to one another.

11. Equivalent rating

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

12. Guaranteed rating

Rating guaranteed by the manufacturer.

12.1 *Guaranteed rating of a traction motor*

Normally, the guaranteed rating is the continuous rating. The one-hour rating is not guaranteed; it is given by the manufacturer for information only and is accurately determined during the type tests in order to be used as a basis for the routine tests.

For traction motors of thermo-electric vehicles, the guaranteed continuous rating shall correspond to the guaranteed rating of the main generator at lower voltage, unless otherwise agreed between user and manufacturer.

In very special cases, the one-hour or another short time rating may be used as the guaranteed rating after agreement between user and manufacturer.

12.2 *Guaranteed rating of an engine-driven main generator*

The guaranteed ratings of a main generator are its two continuous ratings, defined in Sub-clause 8.2.

As for traction motors, the one-hour rating is not guaranteed; it is given by the manufacturer for information only and is accurately determined during the type tests in order to be used as a basis for the routine tests.

12.3 *Régime garanti d'un groupe moteur générateur principal*

Le régime garanti est le régime continu.

12.4 *Régime garanti d'une machine auxiliaire*

Sauf spécification contraire, le régime garanti est le régime continu.

13. **Tension nominale**

Tension spécifiée aux bornes de la machine.

13.1 *Tension nominale des moteurs de traction*

13.1.1 *Généralités*

Les paragraphes 13.1.2 à 13.1.7 ci-après couvrent le cas de moteurs simples comme celui de branches de n moteurs connectés en permanence en série. Dans ce dernier cas, la tension nominale de chaque moteur de traction est égale à la tension nominale, définie aux paragraphes 13.1.2. à 13.1.7, divisée par n .

13.1.2 *Moteurs à courant continu alimentés directement par la ligne de contact*

Sauf dispositions spéciales résultant d'un accord entre exploitant et constructeur, la tension nominale est égale à la tension nominale du réseau de traction (voir annexe B).

13.1.3 *Moteurs à courant alternatif alimentés par la ligne de contact par l'intermédiaire d'un transformateur placé sur le véhicule*

La tension nominale doit être fixée par accord entre exploitant et constructeur. En l'absence de valeur spécifiée, on admettra la valeur conventionnelle suivante: 90 % de la tension efficace maximale à vide du secondaire du transformateur lorsque la prise principale du primaire correspondant du transformateur est alimentée à la tension nominale du réseau de traction (voir annexe B et la Publication 310 de la CEI. Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction (première édition, articles 4 et 5).

13.1.4 *Moteurs alimentés par la ligne de contact par l'intermédiaire d'un convertisseur statique placé sur le véhicule*

La tension nominale, définie comme étant la valeur moyenne de l'onde de tension pendant une période, doit être fixée par accord entre exploitant et constructeur en tenant compte des caractéristiques de l'équipement de conversion. (Voir la Publication 310 de la CEI ainsi que la publication de la CEI traitant des convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction, en préparation.)

13.1.5 *Moteurs alimentés par une source d'énergie électrique placée sur le véhicule (par exemple une batterie d'accumulateurs)*

La tension nominale est égale à la tension nominale de la source d'énergie.

13.1.6 *Moteurs des véhicules thermo-électriques*

La tension nominale est égale à la tension inférieure nominale de la génératrice principale associée (voir paragraphe 13.2).

Dans le cas d'une génératrice principale à courant alternatif, la tension nominale est égale à la tension de sortie correspondante du redresseur inséré entre cette génératrice et les moteurs de traction.

12.3 *Guaranteed rating of a main motor-generator set*

The guaranteed rating is the continuous rating.

12.4 *Guaranteed rating of an auxiliary machine*

Unless otherwise specified, the guaranteed rating is the continuous rating.

13. **Rated voltage**

The specified value of the voltage at the terminals of the machine.

13.1 *Rated voltage of traction motors*

13.1.1 *General*

Sub-clauses 13.1.2 to 13.1.7 below refer to both single motors and groups of n motors permanently connected in series. In the latter case, the rated voltage of each traction motor is equal to the rated voltage, as defined in Sub-clauses 13.1.2 to 13.1.7, divided by n .

13.1.2 *D.C. motors supplied direct from the contact system*

Unless special arrangements have been agreed between user and manufacturer, the rated voltage shall be the system voltage of the traction system (see Appendix B).

13.1.3 *A.C. motors supplied from the contact system through a transformer located on the vehicle*

The rated voltage should be fixed by agreement between user and manufacturer. In the absence of a specified value, the following conventional value is to be assumed: 90 % of the maximum no-load secondary r.m.s. voltage of the transformer when the principal tap of the corresponding primary winding of the transformer is supplied at the system voltage of the traction system (see Appendix B and IEC Publication 310, Rules for Traction Transformers and Reactors (first edition, Clauses 4 and 5).

13.1.4 *Motors supplied from the contact system through a static convertor located on the vehicle*

The rated voltage, defined as being the arithmetic mean value of the voltage over one cycle, shall be fixed by agreement between user and manufacturer taking into account the characteristics of the converting equipment. (See IEC Publication 310 and the IEC Publication dealing with single-phase traction power convertors, in preparation.)

13.1.5 *Motors supplied from a source of electrical energy located on the vehicle (e.g. an accumulator battery)*

The rated voltage is equal to the rated voltage of the source.

13.1.6 *Motors on thermo-electric vehicles*

The rated voltage is equal to the lower rated voltage of the associated main generator (see Sub-clause 13.2).

In the case of an a.c. main generator, the rated voltage is the corresponding output voltage of the rectifier inserted between the said generator and the traction motors.

13.1.7 *Moteurs alimentés par certains groupes moteurs-générateurs principaux*

La tension nominale est égale à la tension inférieure nominale de la génératrice principale correspondante (voir paragraphe 8.3).

13.2 *Tension nominale d'une génératrice principale entraînée par un moteur thermique.*

Deux tensions nominales doivent être spécifiées par le constructeur et correspondre aux deux régimes continus définis au paragraphe 8.2.

13.3 *Tension nominale d'un groupe moteur-générateur principal*

La tension nominale du moteur du groupe est définie de la même façon qu'au paragraphe 13.1.2 ou 13.1.3 suivant le type de machine considéré. La tension nominale de la génératrice doit être spécifiée par le constructeur et correspondre au régime garanti.

13.4 *Tension nominale d'un moteur auxiliaire*

Sauf disposition spéciale résultant d'un accord entre exploitant et constructeur, la tension nominale est égale à la tension nominale du réseau de traction (voir annexe B) dans tous les cas où le moteur est alimenté directement par la ligne de contact. Si n moteurs sont couplés de façon permanente en série, la tension nominale de chaque moteur est égale à la tension précédente, divisée par n .

Pour les moteurs connectés de façon permanente en série avec des résistances de protection, ces dernières doivent être considérées comme faisant partie intégrante des moteurs. La tension nominale de tels moteurs est celle qui est appliquée à l'ensemble constitué par le moteur et sa résistance de protection, et le moteur sera essayé avec une résistance de même valeur insérée dans son circuit.

Pour les moteurs à courant alternatif ou pour les moteurs à courant ondulé alimentés par un transformateur ou par un convertisseur placé sur le véhicule, et pour les moteurs à courant continu non alimentés directement par la ligne de contact, la tension nominale doit être spécifiée par le constructeur.

13.5 *Tension nominale d'une génératrice auxiliaire*

La tension nominale doit être spécifiée par le constructeur et correspondre au régime garanti.

13.6 *Tensions nominales d'un groupe moteur générateur ou d'un convertisseur auxiliaire*

La tension nominale du moteur ou du côté primaire du convertisseur est définie de la même façon qu'au paragraphe 13.4, en tenant compte du type de machine considéré. La tension nominale de la génératrice ou du côté secondaire du convertisseur doit être spécifiée par le constructeur et correspondre au régime garanti.

14. **Tension maximale (ou minimale) d'un moteur auxiliaire, d'une génératrice auxiliaire ou d'un convertisseur auxiliaire**

14.1 *Généralités*

La tension maximale (ou minimale) d'un moteur, d'une génératrice ou d'un convertisseur auxiliaire est la tension maximale (ou minimale) que la machine est appelée à supporter en service, exception faite des tensions transitoires.

14.2 *Moteurs auxiliaires ou convertisseurs auxiliaires alimentés directement ou indirectement par la ligne de contact*

Les tensions maximale et minimale doivent être basées sur celles spécifiées pour le réseau de traction (voir annexe B), compte tenu des caractéristiques des transformateurs ou dispositifs de réglage interposés entre la ligne et la machine.

13.1.7 *Motors supplied by some main motor-generator sets*

The rated voltage is equal to the lower rated voltage of the corresponding main generator (see Sub-clause 8.3).

13.2 *Rated voltage of an engine-driven main generator*

Two rated voltages shall be specified by the manufacturer and correspond to the two continuous ratings defined in Sub-clause 8.2.

13.3 *Rated voltage of a main motor-generator set*

The rated voltage of the motor of the set is defined in the same way as in Sub-clause 13.1.2 or 13.1.3 according to the type of machine concerned. The rated voltage of the generator shall be specified by the manufacturer and correspond to the guaranteed rating.

13.4 *Rated voltage of an auxiliary motor*

Unless special arrangements have been agreed between user and manufacturer, the rated voltage is equal to the system voltage of the traction system (see Appendix B) in all cases where the motor is supplied direct from the contact system. When n motors are permanently connected in series, the rated voltage of each motor is equal to the aforesaid voltage divided by n .

For motors connected permanently in series with protective resistors, these latter devices shall be considered as being component parts of the motors. The rated voltage of such motors is that which is supplied to the assembly comprising the motor and its protective resistor, and the motor shall be tested with a resistor of this value in the circuit.

For a.c. motors and for pulsating current motors supplied from a transformer and/or a convertor located on the vehicle, and for d.c. motors not supplied directly from the contact system, the rated voltage shall be specified by the manufacturer.

13.5 *Rated voltage of an auxiliary generator*

The rated voltage shall be specified by the manufacturer and correspond to the guaranteed rating.

13.6 *Rated voltage of an auxiliary motor-generator set or convertor*

The rated voltage of the motor or on the primary side of the convertor is defined in the same way as in Sub-clause 13.4 and according to the type of machine concerned. The rated voltage of the generator or on the secondary side of the convertor shall be specified by the manufacturer and shall correspond to the guaranteed rating.

14. **Maximum (or minimum) voltage of an auxiliary motor, generator or convertor**

14.1 *General*

The maximum (or minimum) voltage of an auxiliary motor, generator or convertor is the highest (or lowest) voltage which the machine will be called upon to withstand in service, transient voltages being excluded.

14.2 *Auxiliary motor or convertor supplied directly or indirectly from a contact system*

The maximum and minimum voltages shall be based on those specified for the traction system (see Appendix B), account being taken of the regulation of any transformer or regulating equipment interposed between the line and the machine.

Si l'exploitant prévoit de plus grandes variations de la tension d'alimentation, il devra indiquer les limites prévues et s'entendre avec le constructeur sur les conditions à remplir par la machine lorsque la tension d'alimentation sort des limites normales de tensions maximale et minimale spécifiées ci-dessus.

Si n moteurs sont connectés de façon permanente en série, sans couplage mécanique, la tension maximale de chaque moteur sera égale au produit par 1,2 du quotient par n de la tension maximale totale admise pour l'ensemble.

15. Courant maximal

Courant qui ne doit pas être dépassé en service. Pour les moteurs de traction et pour les génératrices principales, il devra être clairement indiqué sur les courbes caractéristiques.

16. Vitesse nominale

16.1 *Vitesse nominale d'une génératrice principale ou auxiliaire entraînée par un moteur thermique*

Vitesse égale ou correspondant à la vitesse nominale du moteur d'entraînement. On tiendra compte du rapport de la transmission mécanique éventuelle.

16.2 *Vitesse nominale d'une génératrice dont la vitesse de rotation est proportionnelle à la vitesse du véhicule*

Vitesse fixée par accord entre exploitant et constructeur.

16.3 *Vitesse nominale des machines électriques autres que celles entraînées par un moteur thermique ou par un essieu*

Vitesse au régime garanti.

17. Vitesse maximale

17.1 *Vitesse maximale d'un moteur de traction*

La plus grande vitesse de rotation du moteur garantie par le constructeur. Si le moteur est destiné à équiper un véhicule dont les caractéristiques sont spécifiées, la vitesse maximale de rotation du moteur correspond à la vitesse maximale en service du véhicule, compte tenu du rapport de réduction et en admettant que le diamètre des roues motrices correspond à l'état « mi-usé » défini par l'exploitant dans le cas de roues métalliques ou est égal au diamètre moyen de roulement dans le cas de pneumatiques.

17.2 *Vitesse maximale d'une génératrice principale ou auxiliaire entraînée par un moteur thermique*

Vitesse égale ou correspondant à la vitesse maximale à laquelle le moteur d'entraînement peut développer sa pleine puissance. On tiendra compte du rapport de la transmission mécanique éventuelle.

17.3 *Vitesse maximale d'une génératrice dont la vitesse de rotation est proportionnelle à la vitesse du véhicule*

Vitesse correspondant à la vitesse maximale du véhicule dans les conditions définies au paragraphe 17.1.

If the user anticipates a greater variation in supply voltage, he shall state the expected limits and agree with the manufacturer as to the performance required of the machine when the supply voltage is outside the normal maximum and minimum voltages specified above.

If n motors are permanently connected in series without mechanical coupling, the maximum voltage of each motor shall be taken as equal to 1.2 times the quotient of the total maximum voltage allowed for the group of motors divided by n .

15. **Maximum current**

The current that must not be exceeded in service. For traction motors and main generators, it shall be clearly shown on the characteristic curves.

16. **Rated speed**

16.1 *Rated speed of an engine-driven main or auxiliary generator*

The speed equal or corresponding to the rated speed of the driving engine. Due account shall be taken of the ratio of mechanical transmission, if any.

16.2 *Rated speed of a generator with a rotational speed proportional to the speed of the vehicle*

The speed agreed between the user and the manufacturer.

16.3 *Rated speed of machines which are not driven by an engine or by an axle*

The speed corresponding to the guaranteed rating.

17. **Maximum speed**

17.1 *Maximum speed of a traction motor*

The highest rotational speed guaranteed by the manufacturer. When the characteristics of the vehicle for which the motor is intended are specified, the maximum rotational speed of the motor shall correspond to the maximum service speed of the vehicle, account being taken of the gear ratio and assuming that the wheel diameter corresponds to the half-worn condition defined by the user in the case of metallic wheels or to the mean rolling diameter in the case of rubber tyres.

17.2 *Maximum speed of an engine-driven main or auxiliary generator*

The speed equal or corresponding to the maximum speed at which the driving engine can develop its full power. Due account shall be taken of the ratio of mechanical transmission, if any.

17.3 *Maximum speed of a generator with a rotational speed proportional to the speed of the vehicle*

The speed corresponding to the maximum speed of the vehicle in the conditions defined in Sub-clause 17.1.

17.4 *Vitesse maximale d'un groupe moteur-générateur principal ou auxiliaire, d'un convertisseur auxiliaire ou d'un moteur auxiliaire*

Vitesse spécifiée par le constructeur en tenant compte des conditions les plus défavorables de tension, d'excitation, de fréquence, de charge, etc., qui peuvent exister en service.

18. **Puissance des moteurs électriques, des moteurs thermiques et de leurs transmissions électriques**

18.1 *Puissance d'un moteur*

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

18.2 *Puissance maximale d'utilisation en service d'un moteur thermique*

Puissance spécifiée à laquelle il est convenu, entre exploitant et constructeur, de régler le moteur thermique en tenant compte des conditions atmosphériques des régions où le véhicule équipé du moteur considéré sera appelé à circuler.

18.3 *Puissance maximale d'entraînement d'une génératrice principale*

En général, puissance maximale d'utilisation en service du moteur thermique diminuée de la somme des puissances qu'il fournit pour entraîner directement ou indirectement ses organes de refroidissement et les divers auxiliaires du véhicule (compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires, excitatrices) supposés fonctionner à la puissance minimale compatible avec la puissance maximale du véhicule.

La puissance d'entraînement de la génératrice principale, qui est transformée en puissance électrique disponible aux bornes de cette machine pour l'alimentation des moteurs de traction et d'autres charges éventuelles, par exemple le chauffage du train, sert à définir les régimes nominaux de la génératrice principale.

18.4 *Courbe de régulation à pleine puissance de la génératrice principale*

La puissance fournie par la génératrice principale étant généralement maintenue sensiblement constante par le jeu des excitations, la caractéristique externe de la génératrice (tension aux bornes en fonction du courant débité) présente une allure hyperbolique sur une partie de son étendue. Cette portion de la caractéristique externe est appelée *courbe de régulation à pleine puissance* de la génératrice.

19. **Puissance nominale des véhicules moteurs**

19.1 *Puissance nominale d'un véhicule moteur électrique*

Par convention, somme des puissances, exprimée en kilowatts, que les moteurs de traction du véhicule peuvent développer sur leurs arbres au régime continu.

19.2 *Puissance nominale d'un véhicule à moteurs thermiques et à transmission électrique*

Par convention, valeur maximale de la puissance, exprimée en kilowatts, disponible aux arbres des moteurs électriques de traction du véhicule sans que la charge des moteurs thermiques ni celle des génératrices principales excède la valeur maximale spécifiée aux paragraphes 18.2 et 18.3, et en supposant coupé le chauffage électrique du train lorsqu'il est alimenté par les génératrices principales.

17.4 *Maximum speed of a main or auxiliary motor-generator set, an auxiliary convertor or an auxiliary motor*

The speed specified by the manufacturer, account being taken of the most unfavourable conditions of voltage, excitation, frequency, loading, etc., that can occur in service.

18. **Output and input of electric motors, heat engines and their electrical transmissions**

18.1 *Output of a motor*

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

18.2 *Maximum service output of a heat engine*

The specified maximum output at which the user and manufacturer agree that the heat engine shall be adjusted, taking into consideration the atmospheric conditions of the regions where the vehicle fitted with the engine will operate.

18.3 *Maximum shaft input to main generator*

Generally, the maximum service output of the heat engine decreased by the sum of the outputs which it provides to drive directly or indirectly the cooling equipment of the engine and the various auxiliaries of the vehicle (compressors, fans, auxiliary generators, exciters) which are presumed to be operating at the minimum output compatible with the maximum output of the vehicle.

The main generator input, which is transformed into electrical power available at the terminals of the generator for the supply of the traction motors and any other loads, for example train heating, is used to derive the ratings of the main generator.

18.4 *Full power regulation curve of main generator*

The full power output of the main generator is generally maintained substantially constant by variation of the excitation, the external characteristic of the generator (terminal voltage as a function of load current) being substantially hyperbolic over a part of its length. This part of the external characteristic is called the *full power regulation curve* of the generator.

19. **Rated power of electrically propelled vehicles**

19.1 *Rated power of an electric vehicle*

Conventionally, the sum of the outputs, expressed in kilowatts, which are available at the traction motor shafts, the motors operating at their continuous rating.

19.2 *Rated power of a vehicle equipped with heat engines and electric transmission*

Conventionally, the maximum value of the total output, expressed in kilowatts, which is available at the shafts of the traction motors of the vehicle, provided that the loads on the heat engines and main generators do not exceed the maximum values specified in Sub-clauses 18.2 and 18.3, and assuming that the electric train heating is disconnected when the latter is supplied by the main generators.

L'énoncé de cette puissance nominale du véhicule sera précédé de celui de la puissance nominale internationale totale de ses moteurs thermiques, exprimée en kilowatts.

Exemple : Une locomotive diesel-électrique capable de développer en service une puissance maximale de 1 450 kW aux arbres de ses moteurs de traction et équipée d'un moteur diesel d'une puissance nominale internationale U.I.C. de 1 900 kW sera désignée comme suit:

Locomotive diesel-électrique de 1 900 kW/1 450 kW

Note. — Le rapport des deux puissances indiquées ne peut caractériser les rendements du véhicule ou de sa transmission puisqu'en dehors des pertes dans la transmission, il englobe les divers détarages appliqués aux moteurs thermiques ainsi que les puissances absorbées par certaines servitudes des moteurs thermiques, du véhicule ou du train.

20. Taux d'ondulation du courant

Conformément à la publication de la CEI traitant des convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction, en préparation, le taux d'ondulation du courant débité par un convertisseur statique monophasé, comportant ou non des inductances de lissage, s'exprime en pour-cent et est défini conventionnellement 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.

Cette formule est applicable dans tous les cas où le courant à travers les moteurs ne subit pas d'interruption.

21. Fréquence d'ondulation

Fréquence de la composante alternative fondamentale du courant ondulé.

SECTION TROIS — MARQUAGE

22. Plaque signalétique et marquage des machines

Toutes les machines couvertes par les présentes règles devront être munies d'une plaque signalétique comportant les caractéristiques les plus importantes et 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 sera porté à la fois sur la carcasse et sur le rotor de chaque machine. Pour les machines de type industriel fabriquées en grande série, ce numéro pourra toutefois n'être porté que sur la carcasse.

Enfin, dans le cas de machines destinées à ne tourner que dans un seul sens, une flèche indiquant le sens de rotation normal devra être apposée dans un endroit visible approprié.

The statement of this rated output of the vehicle shall be preceded by that of the international rated power of its heat engines, expressed in kilowatts.

Example: A diesel electric locomotive which can develop in service a maximum output of 1 450 kW at its traction motor shafts and which is equipped with a diesel engine having a U.I.C. international rated power of 1 900 kW shall be described as follows:

Diesel electric locomotive of 1 900 kW/1 450 kW

Note. — The ratio of the two stated outputs cannot represent the efficiency of the vehicle or of its transmission, since, apart from transmission losses, it embodies the various deratings applied to the heat engines as well as the power supplied to certain auxiliaries of the heat engine, the vehicle or the train.

20. Current ripple factor

In compliance with the IEC publication dealing with single-phase traction power converters, in preparation, the ripple factor of the current delivered by a single phase static converter with or without smoothing reactors is expressed in per cent, and is given conventionally by the formula:

$$\frac{I \text{ max.} - I \text{ min.}}{I \text{ max.} + I \text{ min.}} \times 100$$

in which $I \text{ max.}$ and $I \text{ min.}$ represent respectively the maximum and the minimum values of the current wave.

This formula is applicable in all cases where the current through the motors is continuous.

21. Pulsation frequency

Frequency of the fundamental alternating component of the pulsating current.

SECTION THREE — MARKING

22. Rating plate and marking of machines

All the machines covered by these rules shall carry a rating plate including the most important characteristics and at least the following information:

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

Furthermore, a manufacturer's serial number shall be punched both on the frame and on the rotor of each machine. For industrial-type machines of standard production, this number need only be punched on the frame.

In addition, machines which are designed to rotate in only one direction shall carry in an appropriate visible position an arrow to indicate this direction of rotation.

CHAPITRE II : ESSAIS

SECTION QUATRE — CATÉGORIES D'ESSAIS ET PRESCRIPTIONS SPÉCIALES

23. Catégories d'essais

23.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essai :

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

Les essais concernant chaque catégorie sont indiqués aux articles 27 à 47.

23.2 Essais de type

Les essais de type sont effectués sur une seule machine d'un modèle nouveau ou d'une fabrication nouvelle.

Les machines seront considérées comme ayant satisfait aux essais de type et seront dispensées de subir ces essais si le constructeur présente les procès-verbaux dûment signés d'essais de type déjà effectués sur des machines identiques construites précédemment pour les mêmes conditions de service et pour les mêmes régimes.

L'exécution des essais de type facultatifs n'est exigible que si elle est expressément spécifiée à la commande.

Note. — Dans le but de déterminer des valeurs de référence pour les essais de série, certains essais de type devront être exécutés sur plusieurs machines (voir articles 35 et 42).

23.3 Essais de série

Les essais de série sont ceux qui sont effectués sur toutes les machines d'une même fourniture.

Pour certaines machines, après accord entre l'exploitant et le constructeur, les essais de série peuvent être remplacés par des essais sur quelques machines prélevées au hasard parmi l'ensemble de la fourniture.

Les machines fabriquées en grande série (par exemple les moteurs industriels de construction standard) seront considérées comme ayant satisfait aux essais de série et seront dispensées de subir ces essais si elles ont subi avec succès les essais suivant la Publication 34 de la CEI: Machines électriques tournantes.

23.4 Essais d'investigation

Les essais d'investigation sont des essais spéciaux de caractère facultatif qui sont effectués en vue d'obtenir des informations complémentaires; leur exécution n'est exigible que si elle a été expressément spécifiée dans la commande.

Les résultats des essais d'investigation ne sont pas opposables à l'acceptation du matériel.

24. Prescriptions spéciales pour les moteurs de traction destinés à équiper des véhicules à courant monophasé à redresseurs

Pour ces moteurs, certains essais de type (essais d'échauffement, essais de commutation, relevés des caractéristiques) doivent être effectués en courant ondulé avec la fréquence et le taux d'ondulation prescrits.

CHAPTER II : TESTS

SECTION FOUR — TEST CATEGORIES AND SPECIAL RULES

23. Test categories

23.1 General

There are three categories of tests:

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

Descriptions of the tests in each category are given in Clauses 27 to 47.

23.2 Type tests

Type tests are carried out on a single machine of a new design or of a new manufacture.

Machines shall be deemed to have passed the type tests and shall be exempted from them if the manufacturer produces a duly signed record of type tests already carried out on identical machines constructed on a previous occasion for the same service conditions and the same ratings.

Optional type tests are only to be carried out if they have been expressly specified in the order.

Note. — To obtain reference values for routine testing, certain type tests have to be carried out on several machines (see Clauses 35 and 42).

23.3 Routine tests

Routine tests are carried out on all machines of the same order.

For certain machines, after agreement between user and manufacturer, the routine tests may be replaced by tests carried out on a few machines taken at random out of the order.

Bulk production machines (e.g. industrial type machines of standard construction) shall be deemed to have passed the routine tests and shall be exempted from them if they have passed tests in accordance with IEC Publication 34, Rotating Electrical Machines.

23.4 Investigation tests

Investigation tests are special tests of an optional character carried out in order to obtain additional information. They are only to be carried out if they have been expressly specified in the order.

The results of investigation tests are not to be taken as influencing the acceptance of the material.

24. Special rules for traction motors intended for use on single-phase rectifier vehicles

For these motors, certain type tests (temperature-rise, commutation, and characteristic curve tests) shall be made with pulsating current at actual pulsation frequency and d.c. ripple factor.

L'équipement utilisé pour ces essais doit avoir des caractéristiques telles que le taux d'ondulation observé soit aussi voisin que possible de celui qu'on obtiendra en service dans le domaine d'utilisation des machines.

Les essais de série de ces moteurs seront effectués en courant continu, à condition de déterminer, sur le moteur soumis aux essais de type, la correspondance entre les échauffements, la commutation et les caractéristiques de vitesse, d'une part en courant continu, et, d'autre part, en courant ondulé.

25. Prescriptions spéciales pour les alternateurs

Pour les alternateurs dont la charge principale sera alimentée par l'intermédiaire d'un redresseur, il n'est pas nécessaire lors des essais d'utiliser un redresseur identique à ceux des véhicules; toutefois, le redresseur d'essai devra avoir des caractéristiques similaires. L'excitation de l'alternateur pourra être fournie par une source convenable quelconque. Cependant, dans le cas d'alternateurs auto-excités, les essais seront exécutés avec l'équipement d'auto-excitation ou avec un équipement de caractéristiques similaires.

26. Liste des essais

TABLEAU I

	Article	Moteurs de traction		Génératrices principales entraînées par un moteur thermique		Groupes moteurs générateurs principaux		Moteurs auxiliaires		Génératrices auxiliaires		Groupes moteurs générateurs auxiliaires et convertisseurs	
		A collecteur	Sans collecteur	A collecteur	Sans collecteur	A collecteur	Sans collecteur	A collecteur	Sans collecteur	A collecteur	Sans collecteur	A collecteur	Sans collecteur
Essai d'échauffement - Régime(s) garanti(s) usuellement - Régime(s) continu(s) - Régime unihoraire - Autres régimes	27 35	T S		T S		T S		T S		T S		T S	
Après accord entre utilisateur et fabricant													
Essai de survie	36	S		S		S		S		S		S	
Essai de démarrage	37, 45	T ¹⁾						T				T	
Essai de commutation - En régime établi - Coupure et rétablissement de l'alimentation	38, 39 38, 40	S, T T		S, T T		S, T T		S, T T		S, T T		S, T T	
Essai diélectrique	41	S		S		S		S		S		S	
Courbes caractéristiques	42, 43	S, T		S, T		S, T		S, T		S, T		S, T	

¹⁾ Concerne seulement les moteurs des véhicules visés au paragraphe 37.1a).
T = essai de type. S = essai de série.

The equipment used for these tests shall have characteristics which will produce a d.c. ripple factor as close as possible to that which will occur in service over the operating range.

The routine tests on these motors shall be carried out on direct current, provided that the relationships between temperature rises, commutation, and speed characteristics on both direct current and on pulsating current are determined on the type-tested motor.

25. Special rules for alternators

For alternators intended for use with a rectifier for the main current, it is not necessary during the test to use the rectifier to be used on the vehicles, but the test-rectifier should have similar characteristics. The excitation of the alternator can be supplied by any suitable source. However, in the case of self-excited alternators, the tests shall be carried out with the self-excitation equipment or test equipment with similar characteristics.

26. Summary of tests

TABLE I

	Clause	Traction motors		Main generators (engine-driven)		Main motor-generator sets		Auxiliary motors		Auxiliary generators		Auxiliary motor-generator sets and converters	
		With commutator	Without commutator	With commutator	Without commutator	With commutator	Without commutator	With commutator	Without commutator	With commutator	Without commutator	With commutator	Without commutator
Temperature-rise test - Guaranteed rating(s) usually the continuous rating(s) - One-hour rating - Other ratings	27 35	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S	T S
After agreement between user and manufacturer													
Overspeed test	36	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Starting test	37, 45	T ¹⁾						T					T
Commutation test - Steady state conditions - Interruption and restoration of the supply	38, 39 38, 40	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T	S, T T
Dielectric test	41	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Characteristic curves	42, 43	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T	S, T

¹⁾ Only for motors intended for vehicles specified in Sub-clause 37.1a).

T = type test. S = routine test.

Note. — Pour les machines auxiliaires construites en grande série déjà essayées selon la Publication 34 de la CEI (voir paragraphe 23.3 de la présente recommandation), les seuls essais supplémentaires à effectuer se bornent à ceux prévus pour les groupes complets, aux sections onze et douze de la présente recommandation.

SECTION CINQ — ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT

27. Généralités

Les essais d'échauffement comprennent des essais de type et des essais de série. Les essais doivent être exécutés au banc d'essai dans les conditions spécifiées aux articles 28 et 29.

28. Essais de type

28.1 Généralités

Les essais de type sont exécutés aux régimes garantis (voir article 12).

Pour les alternateurs de grande puissance, après accord entre l'exploitant et le constructeur, l'essai à pleine charge peut être remplacé par un essai en court-circuit (entre les bornes de l'alternateur) avec une intensité de courant estimée devoir conduire pratiquement au même échauffement de l'enroulement induit que l'essai à charge réelle.

Pour les alternateurs destinés à alimenter la totalité de leur charge par l'intermédiaire d'un redresseur, les essais de type doivent être exécutés avec un redresseur approprié.

Note. — Dans le but de déterminer des valeurs de référence pour les essais de série, la machine soumise aux essais de type devra être également soumise à l'essai d'échauffement de série.

28.2 Ventilation durant les essais d'échauffement

Les essais de type seront effectués avec la ventilation disposée comme en service, en laissant en place tous les organes susceptibles d'influencer l'échauffement de la machine.

En cas de refroidissement par ventilation forcée, la pression statique et le débit d'air seront 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, une ventilation externe pourra être adoptée après accord entre exploitant et constructeur.

29. Essais de série

29.1 Buts des essais de série

Chaque machine devra fonctionner en charge pendant une durée convenable qu'il est recommandé de limiter à 1 h, dans le but :

- a) de s'assurer de l'état satisfaisant des parties mécaniques, tels les roulements, le collecteur, etc.;
- b) de vérifier le bon fonctionnement électrique avec les enroulements chauds;
- c) de vérifier que l'échauffement d'un enroulement quelconque n'excède pas, d'une marge spécifiée, l'échauffement moyen dudit enroulement établi par essai sur un certain nombre de machines (voir paragraphe 35.5);
- d) de chauffer la machine avant l'exécution des relevés de caractéristiques, des essais de survitesse et des essais diélectriques et également des essais de commutation s'il s'agit de machines à collecteur.

Note. — For bulk-production auxiliary machines already tested according to IEC Publication 34 (see Sub-clause 23.3 of this Recommendation), the only extra tests to be carried out are limited to those specified for the complete auxiliary sets, in Sections Eleven and Twelve of this Recommendation.

SECTION FIVE — TEMPERATURE-RISE TESTS

27. General

Temperature-rise tests comprise type tests and routine tests. The tests shall be carried out on the test-bed under the conditions specified in Clauses 28 and 29.

28. Type tests

28.1 General

Type tests are carried out at the guaranteed ratings (see Clause 12).

For large alternators, after agreement between user and manufacturer, the test on full load may be replaced by a test on short circuit (between terminals of the alternator) at current deemed to give practically the same temperature rise of the stator winding as a test with full load.

Alternators designed to operate with fully rectified output shall be type-tested with a suitable rectifier.

Note. — For the purpose of having a reference to routine-tested machines, the type-tested machine shall also pass a routine temperature-rise test.

28.2 Ventilation during temperature-rise tests

Machines shall be type-tested with the ventilation arranged as in service, with all those parts of the machine in place which would affect its temperature rise.

Where cooling is by forced ventilation, the static pressure and the air volume shall be measured at the air inlet of the machine so that a table giving the correspondence 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, an external cooling may be provided by agreement between user and manufacturer.

29. Routine tests

29.1 Purpose of routine tests

Every machine shall be run on load for a suitable period, which, it is recommended, should not exceed 1 h, for the following purposes:

- a) to test the soundness of the mechanical parts, such as bearings, commutator, etc.;
- b) to test the electrical soundness with the windings hot;
- c) to check that the temperature rise of any winding does not exceed by more than a specified amount the average rise for that winding established by tests on a certain number of machines (see Sub-clause 35.5);
- d) to heat the machine prior to characteristic curve, overspeed and high-voltage tests; and commutation tests in the case of commutator machines.

29.2 Conditions d'essais

L'exploitant et le constructeur se mettront d'accord sur la durée de l'essai et sur les valeurs des tension, fréquence, courant, champ, ventilation, etc., en sorte que les échauffements de tous les enroulements soient aussi proches que possible des valeurs obtenues lors de l'essai de type.

En l'absence d'un tel accord, l'essai de série est exécuté seulement au régime unihoraire dans les mêmes conditions que lors de l'essai de type.

L'essai des alternateurs peut être exécuté en court-circuit avec une valeur du courant fixée par accord entre exploitant et constructeur.

Pour les alternateurs prévus pour fonctionner avec un redresseur, l'essai peut être exécuté sans redresseur.

29.3 Cas d'utilisation d'un montage à récupération

Lorsque l'essai est effectué en courant continu sur une machine travaillant soit en moteur, soit en génératrice et couplée mécaniquement et électriquement à une machine identique selon une méthode de récupération, il suffit d'effectuer un seul essai d'échauffement sur la paire de machines.

Sur les premières machines essayées, des relevés d'échauffement sont effectués simultanément, d'une part sur la machine fonctionnant en moteur, d'autre part sur celle fonctionnant en génératrice, comme spécifié au paragraphe 35.5.

Lors des essais des machines suivantes, le bon fonctionnement des machines est vérifié en comparant les échauffements avec les moyennes ainsi établies, les conditions d'acceptation ou de refus étant celles indiquées au paragraphe 35.5.

30. Classification des isolants

Les différentes classes d'isolants employés actuellement dans la construction des machines faisant l'objet des présentes règles sont indiquées dans le tableau II. Elles sont définies, notamment en ce qui concerne leur composition, dans la Publication 85 de la CEI: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

31. Limites d'échauffement

Le tableau II donne les limites d'échauffement admissibles au banc d'essai par rapport à la température de l'air de refroidissement, pour les diverses parties d'une machine isolée avec les matières des différentes classes utilisées actuellement.

TABLEAU II

Partie de la machine	Méthode de mesure	Limites d'échauffement correspondant aux régimes continu, unihoraire ou intermittent pour des isolations d'enroulements, classes:			
		E	B	F	H
Enroulements fixes ou					
Enroulements tournants d'excitation d'alternateurs ou de moteurs synchrones	Résistance	115 °C	130 °C	155 °C	180 °C
Tous autres enroulements tournants	Résistance	105 °C	120 °C	140 °C	160 °C
Collecteurs ou bagues	Thermomètre électrique	105 °C	105 °C	105 °C	105 °C

29.2 Test conditions

The user and manufacturer shall agree upon the duration of the test and upon the values of voltage, frequency, current, field strength, ventilation, etc., so that the temperature rises of all the windings shall be as close as possible to the values obtained during the type test.

If no such agreement is made, the routine tests are made only at the one-hour rating with the same test conditions as during the type test.

On alternators, the test may be made on short-circuit with a value of current agreed upon between user and manufacturer.

Alternators designed to operate with rectified output may be tested without the rectifier.

29.3 Back-to-back tests

When individual motors or generators are tested back-to-back on direct current, it shall be sufficient to carry out a single temperature test on the pair of machines.

On the first few machines tested, separate average temperature rises shall be established for the machine acting as a motor and the machine acting as a generator, as specified in Sub-clause 35.5.

On subsequent routine temperature tests, the soundness of the machines shall be judged by comparing the temperature rises with the averages thus established, the basis for acceptance or rejection being given in Sub-clause 35.5.

30. Classification of insulating materials

The different classes of insulating materials at present used in the construction of the machines to which these rules apply are given in Table II. They are defined, especially as far as their composition is concerned, in IEC Publication 85, Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service.

31. Limits of temperature rise

Table II gives the permissible limits of temperature rise measured on the test-bed above the temperature of the cooling air, for different parts of a machine insulated with materials of the different classes at present used.

TABLE II

Part of machine	Method of measurement	Limits of temperature rise corresponding to continuous one-hour or intermittent rating for classes of insulating materials in the windings:			
		E	B	F	H
Stationary windings or Rotating field windings of alternators or synchronous motors	Resistance	115 °C	130 °C	155 °C	180 °C
All other rotating windings	Resistance	105 °C	120 °C	140 °C	160 °C
Commutators or slip-rings	Electrical thermometer	105 °C	105 °C	105 °C	105 °C

Note. — Lorsque les machines sont exposées directement ou non à la chaleur dégagée par un moteur thermique ou par une autre source de chaleur, des limites d'échauffement inférieures à celles spécifiées au tableau II peuvent être adoptées après accord entre exploitant et constructeur.

Il n'est fait aucune correction aux échauffements observés si la température de l'air de refroidissement est, lors de l'essai, comprise entre 10 °C et 40 °C. Si, lors de l'essai de type, la température de l'air de refroidissement sort de ces limites ou si une correction est susceptible d'influencer l'acceptation de la machine, la correction à appliquer aux échauffements observés sera déterminée d'accord entre exploitant et constructeur.

Lorsque des machines du type industriel de construction standard sont utilisées pour certains auxiliaires, ces machines doivent satisfaire, particulièrement en ce qui concerne les échauffements, aux stipulations de la Publication 34 de la CEI.

32. Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant les essais d'échauffement

Dans le cas de machines comportant des conduits de ventilation, la température de l'air mesurée à l'entrée de la machine sera considérée comme température de l'air de refroidissement pendant l'essai.

Dans tous les autres cas, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres disposés en différents points autour de la machine, à mi-hauteur de la machine et à une distance de 1 m à 2 m, protégés contre tout rayonnement ou courant d'air.

La valeur à adopter pour la température de l'air de refroidissement durant un essai doit être la moyenne des lectures relevées sur des thermomètres placés comme mentionné ci-dessus, à des intervalles égaux de temps durant le dernier quart de la durée de l'essai.

Afin d'éviter toute erreur provenant du délai nécessaire pour que les variations de température de l'air de refroidissement aient une répercussion sur la température des moteurs de grandes dimensions, toutes précautions raisonnables doivent être prises pour réduire ces variations ainsi que les erreurs en résultant.

Note. — Il est souvent commode d'entreprendre un essai d'échauffement au régime continu lorsque la machine est déjà chaude par suite d'essais antérieurs. Dans ce cas, la température de l'air de refroidissement durant l'essai est obtenue en prenant la moyenne des températures relevées pendant une période au moins égale à 1 h avant la fin de l'essai.

33. Méthodes de mesure de la température des parties de la machine

33.1 Généralités

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 fermés en permanence sur eux-mêmes.

33.2 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:

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

où:

t_a = la température, en degrés Celsius, de l'air de refroidissement en fin d'essai

t_2 = la température, en degrés Celsius, de l'enroulement en fin d'essai

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

No correction is 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 the type test the temperature of the cooling air is outside these limits or if a correction may influence the acceptance of the machine, the correction to be made to the measured temperature rises shall be agreed between user and manufacturer.

When industrial-type machines of standard construction are used for auxiliary purposes, these machines shall comply, particularly so far as temperature rises are concerned, with the stipulations of IEC Publication 34.

32. Measurement of cooling-air temperature during temperature-rise tests

In the case of machines with ventilation ducts, the temperature of the air measured where it enters the machine shall be considered as the cooling-air temperature during the test.

In all other cases, the cooling-air temperature shall be measured by means of several thermometers placed at different points around and half-way up the machine at a distance of 1 m to 2 m, and protected from all heat radiation and draughts.

The value to be adopted for the temperature of the cooling air during a test shall be the mean of the readings of the thermometers, placed as mentioned above, taken at equal intervals of time during the last quarter of the duration of the test.

In order to avoid errors due to the time lag between the temperature of large machines and the variations in temperature of the cooling air, all reasonable precautions shall be taken to reduce these variations and the errors arising therefrom.

Note. — It is often convenient to commence a temperature-rise test at continuous rating while the machine is warm following a previous test. In such a case, the cooling-air temperature during the test is obtained by taking the average of the air temperatures recorded during a period not less than 1 h before shutting down.

33. Methods of measuring temperatures of machine parts

33.1 General

Two methods of determining temperatures of 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.

33.2 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 the test is determined by the following formula:

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

where:

t_a = temperature, in Celsius degrees, of cooling air at the end of the test

t_2 = temperature, in Celsius degrees, of the winding at the end of the test

t_1 = la température, en degrés Celsius, de l'enroulement froid au moment de la mesure de sa résistance initiale

R_2 = la résistance de l'enroulement en fin d'essai

R_1 = la résistance initiale de l'enroulement froid

Note. — Pour des métaux autres que le cuivre, remplacer le terme 235 de la formule ci-dessus par l'inverse du coefficient de température du métal à 0 °C.

33.3 *Méthode par thermomètre électrique*

Dans cette méthode, la température est déterminée au moyen de thermomètres électriques appliqués, immédiatement après arrêt de la machine, sur les parties accessibles du collecteur, des bagues ou des enroulements non isolés, aux endroits présumés les plus chauds.

Note. — Les thermomètres électriques comprennent non seulement les thermo-couples, mais aussi les sondes électriques à résistance.

34. **Résistance initiale**

Avant de mesurer la résistance initiale, il faut s'assurer au moyen de mesures par thermomètres que la température des enroulements de la machine ne diffère pas de plus de 5 deg C de la température moyenne de l'air ambiant. Si la température de l'air ambiant au banc d'essai dépasse 40 °C, des arrangements spéciaux peuvent être conclus entre l'exploitant et le constructeur.

35. **Mesure des résistances et des températures lors de l'essai et correction des mesures**

35.1 *Généralités*

La résistance des enroulements traversés par un courant continu durant l'essai est mesurée périodiquement pendant que la machine fonctionne. La résistance de l'enroulement est reportée en fonction du temps sur un graphique qui permet d'obtenir l'échauffement en fin d'essai.

Pour les enroulements dont la résistance en courant continu ne peut être mesurée durant le fonctionnement, les mesures de résistance seront effectuées après l'arrêt. Pour les essais de type et pour les essais effectués en vue de l'établissement des courbes de base de refroidissement à utiliser pour les essais de série, la courbe de refroidissement de chaque enroulement sera relevée et extrapolée à l'instant de l'arrêt.

35.2 *Arrêt de la machine et instant « origine du refroidissement »*

Toutes dispositions seront prises à la fin de l'essai pour arrêter la machine aussi rapidement que possible.

Pour les essais de type, on utilisera de préférence un mode de freinage ne faisant pas intervenir électriquement la machine en essai et l'instant « origine du refroidissement » sera alors celui où, juste avant freinage, on coupera brusquement les circuits de la machine et on arrêta sa ventilation séparée. Toutefois, si la méthode de freinage ci-dessus est difficilement praticable, on pourra utiliser la méthode décrite ci-après pour les essais de série.

Pour les gros groupes moteurs-générateurs ou autres grosses machines qui ne pourraient être arrêtés assez rapidement pour permettre d'effectuer les premières mesures moins de 45 s après l'instant « origine du refroidissement » (voir le paragraphe 35.5), la méthode de freinage et l'extension du délai de la première mesure devront faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

Pour les essais de série, si la méthode de freinage spécifiée ci-dessus est difficilement praticable, d'autres méthodes caractérisées par le maintien du courant dans la machine pendant la durée du freinage pourront être utilisées sous réserve qu'elles permettent un arrêt rapide des machines. Dans ce cas, le courant dans la machine sera maintenu aussi constant que possible pendant la durée du freinage. L'instant « origine du refroidissement » sera celui où le courant tombera à 20 % en dessous de la valeur d'essai; la ventilation sera arrêtée à cet instant.

t_1 = temperature, in Celsius degrees, of the winding when cold at the moment of the initial resistance measurement

R_2 = resistance of the winding at the end of the test

R_1 = initial resistance of the winding when cold

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

33.3 *Electrical thermometer method*

In this method, the temperature is determined by means of electrical thermometers applied, immediately after the machine is stopped, on the accessible parts of the commutator, slip-rings and uninsulated parts of windings at the spots presumed to be the hottest.

Note. — Electrical thermometers comprise not only thermocouples, but also electrical resistance test probes.

34. **Initial resistance**

Before measuring the initial resistance, it is necessary to ascertain by thermometer measurement that the temperatures of the windings of the machine are within 5 deg C of the mean temperature of the ambient air. In the case where the ambient air temperature on the test-bed exceeds 40 °C, special arrangements may be agreed upon by user and manufacturer.

35. **Measuring of resistances and temperatures during the test and correction of measurements**

35.1 *General*

The resistance of a winding carrying direct current during the test shall be measured periodically while the machine is running. The resistance of the winding shall be plotted against time in order to obtain the temperature rise at the end of the test.

For windings, the d.c. resistance of which cannot be measured during operation, measurements of resistance shall be made after the machine has stopped. For type tests and for tests carried out to establish the declared cooling curves to be used as a basis for routine tests, cooling curves for each winding shall be plotted and extrapolated to the time of commencement of cooling.

35.2 *Stopping of the machine and time of “commencement of cooling”*

Arrangements shall be made to stop the machine under test as quickly as possible at the end of the test.

For type tests, a method of braking not requiring current to flow through the machine under test shall preferably be used, and the time of “commencement of cooling” shall be the instant when, just before braking, the machine circuits are opened and any separate ventilation is cut off. However, if the above braking method involves some practical difficulties, the method stated hereunder for the routine tests may be used.

For large motor-generator sets and other large machines which cannot be stopped within such time that the measurements can commence within 45 s after the “commencement of cooling” (see Sub-clause 35.5), special braking arrangements and extended time to the first measurement shall be agreed between user and manufacturer.

For routine tests, if it is not convenient to use the braking method specified above, other methods involving maintenance of current through the windings during braking may be used, provided they result in rapid stopping of the machine. In these cases, the machine current shall be maintained as constant as possible during the braking period. The time of “commencement of cooling” shall be the instant at which the current falls 20 % below the test value; the ventilation shall be cut off at this instant.

35.3 Valeur du courant de mesure

Si l'on emploie la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre pour les mesures de résistance, le courant utilisé devra avoir une valeur convenable pour obtenir une bonne précision de mesure, tout en restant suffisamment faible pour ne pas provoquer le démarrage de l'induit sous l'effet du flux rémanent, ni influencer l'échauffement de l'induit.

35.4 Amenée du courant à l'induit et mesure de la tension

Lors de la mesure de la résistance d'un induit par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre, le courant sera amené par l'intermédiaire des balais restés tous en place sur le collecteur et la tension sera mesurée entre deux lames disposées à peu près symétriquement par rapport au milieu de l'intervalle compris entre deux lignes de balais consécutives et séparées l'une de l'autre par un nombre de lames déterminé et compris entre la moitié et les deux tiers du nombre de lames par pôle.

Si les mesures sont faites au moyen d'un pont, les pointes de prélèvement de tension seront appliquées sur les lames spécifiées ci-dessus.

Dans le cas d'induits à deux voies d'enroulement, les pointes d'amenée de courant pourront éventuellement être appliquées aux mêmes lames que les pointes de tension, mais pour les induits à enroulement parallèle, les pointes d'amenée du courant devront être appliquées au droit des balais.

Lors des essais de type, on devra prélever la tension entre la même paire de lames, à froid et à chaud.

Pour les essais de série, la mesure sur lames repérées n'est pas obligatoire, mais il est recommandé de s'assurer, au préalable, que les écarts relatifs entre les résistances mesurées à froid entre diverses paires de lames également espacées, réparties sur le collecteur, restent négligeables.

35.5 Instant de la première mesure, intervalles entre mesures successives, extrapolation des courbes de refroidissement et d'échauffement et sanction

35.5.1 Essais de type

a) Pour les enroulements dont la résistance peut être mesurée pendant la marche, les dernières lectures doivent être faites juste avant la fin de l'essai d'échauffement et au plus tôt 20 s avant la fin de l'essai dans le cas d'un essai de courte durée.

b) Pour chaque enroulement dont la résistance ne peut être mesurée pendant la marche, on effectuera une série de mesures de résistance commençant au plus tard 45 s après l'instant « origine de refroidissement » (voir le paragraphe 35.2 pour exceptions) et poursuivie durant 5 min au moins.

Les intervalles entre mesures successives n'excéderont pas 20 s pendant les 3 premières min et 30 s ensuite.

Les échauffements déduits de ces relevés seront reportés sur un graphique en fonction du temps; on tracera la courbe reliant les points relevés et on l'extrapolera jusqu'à l'instant « origine du refroidissement » pour obtenir l'échauffement en fin d'essai.

Pour tracer les courbes de refroidissement, il est recommandé d'utiliser un papier à échelle logarithmique suffisamment grande pour l'échauffement et à échelle linéaire pour le temps.

35.5.2 Essais de série

Pour les essais de série, les courbes d'échauffement ou de refroidissement seront relevées, exactement comme pour l'essai de type, sur les dix premières machines de la série. Pour chaque enroulement, la courbe moyenne déduite des courbes relevées sur les quatre premières machines essayées, comprenant celle ayant subi les essais de type, sera utilisée comme base temporaire pour l'acceptation ou le refus des machines suivantes jusqu'à concurrence de dix machines. On établira alors la courbe moyenne des dix premières machines, et cette courbe constituera la « courbe de base d'échauffement ou de refroidissement » de l'enroulement.

35.3 *Value of the measuring current*

If the ammeter and voltmeter method is used for the measurement of the resistances, the current used shall be of a value such as to obtain a suitable accuracy of measurement, whilst being low enough to neither cause the armature to start turning through the effect of the residual flux nor influence the temperature rise.

35.4 *Supply of current to the armature and measurement of the voltage*

When the resistance of an armature is measured by the ammeter and voltmeter method, the current shall be led through the brushes on the commutator and the voltage shall be measured between two bars placed more or less symmetrically with respect to the mid-point of a brush span and separated one from the other by a given number of bars, equal to between half and two-thirds the number per pole.

If measurements are made by a bridge method, the voltage probes shall be applied to the bars specified above.

In the case of two-circuit armature windings, the current probes may be applied to the same bars as the voltage probes, but for multiple-circuit windings, the current probes must be applied at the brush positions.

During type tests, the measurements shall be made on the same pair of bars when hot and when cold.

In the case of routine tests, measurement on marked bars is not obligatory but it is recommended that it be proved, before the tests commence, that differences between the resistances when cold between different pairs of equally spaced bars distributed over the commutator are negligible.

35.5 *Time of the first measurement, intervals between successive measurements, extrapolation of cooling and heating curves and judgment of results*

35.5.1 *Type tests*

- a) For resistance of windings measurable while the machine is running, the last measurements must be made just before the end of the temperature-rise test and not more than 20 s before the end of the test in the case of a short duration test.
- b) On each winding not measurable while the machine is running, a series of measurements of resistance shall commence not later than 45 s after the “commencement of cooling” (see Sub-clause 35.2 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; a curve shall be drawn through the points and extrapolated to the time of “commencement of cooling” to give the temperature rise at the end of the test.

For cooling curves, it is recommended to use a paper with a sufficiently large logarithmic scale for the temperature rise and a linear scale for time.

35.5.2 *Routine tests*

For routine soundness tests, heating curves or cooling shall be plotted, exactly as for the type test, on the first ten machines of a series. For each winding, the curves on the first four machines tested, including the type-tested machine, shall be averaged and shall then serve as a temporary basis for acceptance or rejection of subsequent machines, until ten machines have been tested. The curves for ten machines shall then be averaged and shall be the “declared heating or cooling curve” for the winding.

Lors des essais de série ultérieurs, il suffira de relever, pour chaque enroulement, quelques valeurs de résistance au voisinage de l'instant de l'arrêt. Après élimination de points visiblement anormaux, l'échauffement déduit de la lecture la plus proche de l'instant de l'arrêt sera reporté pour comparaison sur la « courbe de base d'échauffement ou de refroidissement » correspondante. L'échauffement de l'enroulement sera considéré comme satisfaisant s'il ne dépasse pas de plus de 8 % (avec un minimum de 10 deg C) la valeur correspondante lue sur la courbe de base.

SECTION SIX — ESSAIS DE SURVITESSE

36. Essais de survitesse

36.1 Généralités

Les essais de survitesse sont des essais de série. Ils sont exécutés sur les machines chaudes, pendant 2 min. Après les essais de survitesse, les machines ne doivent présenter aucune déformation permanente et doivent résister avec succès aux essais diélectriques (article 41).

36.2 Moteurs de traction

Les moteurs doivent pouvoir supporter une vitesse de rotation égale à 1,25 fois la vitesse maximale du moteur définie au paragraphe 17.1.

Lorsque deux moteurs connectés en permanence en série entraînent des essieux indépendants, le taux de survitesse précédent sera porté à 1,35. Si le nombre de moteurs connectés en permanence en série sans couplage mécanique est supérieur à deux, le taux de survitesse à appliquer doit être supérieur à 1,35 et doit faire l'objet d'un accord préalable entre l'exploitant et le constructeur.

Toutefois, si les moteurs connectés en permanence en série sont protégés par un dispositif automatique contre les vitesses excessives, le taux de survitesse restera égal à 1,25.

36.3 Génératrices principales ou auxiliaires entraînées par un moteur thermique

Les génératrices principales ou auxiliaires entraînées par un moteur thermique doivent être essayées à une vitesse égale à 1,25 fois la vitesse maximale définie au paragraphe 17.2.

36.4 Génératrices entraînées par un essieu du véhicule

Les génératrices entraînées par un essieu du véhicule doivent être essayées à une vitesse égale à 1,25 fois la vitesse maximale définie au paragraphe 17.3.

36.5 Groupes moteurs générateurs principaux ou auxiliaires, convertisseurs auxiliaires et moteurs auxiliaires

Les groupes moteurs générateurs principaux ou auxiliaires ainsi que les convertisseurs ou moteurs auxiliaires doivent être essayés à une vitesse égale à 1,25 fois la vitesse maximale définie au paragraphe 17.4.

SECTION SEPT — ESSAIS DE DÉMARRAGE

37. Essais de démarrage

37.1 Généralités

Les essais de démarrage sont des essais de type.

On subsequent routine tests, it will be sufficient to take, for each winding, a few resistance readings near to the end of the test. After eliminating any obviously faulty points, the temperature rise calculated from the reading nearest to the end of the test shall be compared with the corresponding “declared heating or cooling curve”. The temperature rise of the winding shall be regarded as satisfactory if it does not exceed by more than 8 % (with a minimum of 10 deg C) the corresponding value read on the declared curve.

SECTION SIX — OVERSPEED TESTS

36. Overspeed tests

36.1 General

Overspeed tests are routine tests. They are carried out for 2 min with the machines hot. After the overspeed tests, the machines shall show no permanent deformation and shall withstand satisfactorily the dielectric tests (Clause 41).

36.2 Traction motors

Traction motors shall be capable of withstanding a rotational speed equal to 1.25 times the maximum speed of the motors as defined in Sub-clause 17.1.

When two motors permanently connected in series drive independent axles, the preceding factor shall be increased to 1.35. If the number of motors permanently connected in series without mechanical coupling is greater than two, the factor to be applied shall be greater than 1.35 and shall form the subject of a previous agreement between user and manufacturer.

However, if series-connected motors are protected by automatic devices to prevent excessive speed, the overspeed factor shall remain at 1.25.

36.3 Main or auxiliary engine-driven generators

Main or auxiliary engine-driven generators shall be tested at 1.25 times the maximum speed as defined in Sub-clause 17.2.

36.4 Generators driven by a vehicle axle

Generators driven by an axle shall be tested at 1.25 times the maximum speed defined in Sub-clause 17.3.

36.5 Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary convertors or auxiliary motors

Main or auxiliary motor-generator sets, auxiliary convertors or auxiliary motors shall be tested at 1.25 times the maximum speed defined in Sub-clause 17.4.

SECTION SEVEN — STARTING TESTS

37. Starting tests

37.1 General

Starting tests are type tests.

Seules les machines ci-après seront soumises à un essai de démarrage comme spécifié ci-dessous:

- a) les moteurs de traction ayant un collecteur et destinés à actionner soit des locomotives, soit, après accord entre exploitant et constructeur, d'autres véhicules moteurs devant remorquer des rames;
- b) les groupes moteurs générateurs principaux;
- c) les moteurs auxiliaires et les groupes moteurs générateurs ou convertisseurs auxiliaires.

37.2 *Moteurs de traction à collecteur pour locomotives*

37.2.1 *Généralités*

Normalement, l'essai sera effectué avec un courant correspondant à l'effort de traction pour une adhérence de 0,30 à champ maximal. Après accord spécial entre l'exploitant et le constructeur, le courant pourra être porté à la valeur correspondant à une adhérence de 0,33. Cependant, le courant ne devra pas excéder 1,7 fois le courant correspondant au régime continu défini au paragraphe 8.1. Durant l'essai, le moteur sera ventilé comme en service.

37.2.2 *Moteurs de traction à courant continu ou ondulé*

Le moteur, avec induit bloqué, doit pouvoir supporter pendant 15 s le courant spécifié ci-dessus. L'essai sera exécuté en courant continu. Il n'est pas nécessaire d'exciter le moteur durant l'essai.

L'essai doit être exécuté quatre fois avec 5 min de repos entre essais successifs, l'induit étant décalé dans le même sens d'un quart de pas polaire après chaque essai.

A la fin de l'essai, le collecteur peut présenter des traces locales de décoloration mais doit être exempt de traces de brûlures ou de déformations permanentes.

37.2.3 *Moteurs de traction monophasés*

Le moteur chaud alimenté à sa fréquence normale et tournant à vitesse réduite (à environ 5 % de la vitesse maximale du moteur définie au paragraphe 17.1) devra, sauf convention contraire lors de la commande, pouvoir supporter pendant 1 min le courant spécifié au paragraphe 37.2.1.

L'essai sera répété après inversion du sens de rotation du moteur.

Les essais ne doivent laisser au collecteur que des traces de brûlures pouvant disparaître après quelques heures de marche.

37.3 *Groupes moteurs générateurs principaux*

Les essais seront effectués avec l'appareillage normal de démarrage et de protection.

Le moteur du groupe doit pouvoir supporter, avec un intervalle de 5 min entre essais successifs, deux démarrages successifs à la tension minimale et deux démarrages successifs à la tension maximale (voir paragraphe 13.3) tout en développant un couple correspondant à la charge que l'on peut normalement escompter en service lorsque le groupe est mis en marche sous l'une ou l'autre de ces deux tensions.

Dans le cas de moteurs à courant alternatif, l'essai sera exécuté à la fréquence nominale.

Les démarrages doivent s'effectuer de façon satisfaisante et il ne doit être observé aucun échauffement anormal, à la fin des essais, d'aucune des parties des machines. En outre, s'il s'agit de machines à collecteurs, ces organes ne devront pas présenter de traces de brûlures ou de déformations.

37.4 *Moteurs, groupes moteurs générateurs ou convertisseurs auxiliaires*

Les essais seront effectués avec l'appareillage normal de démarrage et de protection.

Le moteur doit pouvoir supporter, avec un intervalle de 2 min entre essais consécutifs, cinq démarrages successifs à la tension minimale et cinq démarrages successifs à la tension maximale (voir

The following machines only shall be subjected to a starting test as specified below:

- a) traction motors having a commutator and intended for driving locomotives and, after agreement between user and manufacturer, also other powered vehicles intended for similar hauling duties;
- b) main motor-generator sets;
- c) auxiliary motors, motor-generator sets and convertors.

37.2 *Traction motors having a commutator and intended for driving locomotives*

37.2.1 *General*

Normally, the test shall be made with a current corresponding to the tractive effort at an adhesion factor of 0.30 at maximum field strength. After special agreement between user and manufacturer, the current may be increased to a value corresponding to an adhesion factor of 0.33. The current shall not, however, exceed 1.7 times the current corresponding to the continuous rating as defined in Sub-clause 8.1. During the test, the motor shall be ventilated as in service.

37.2.2 *D.C. traction motors and pulsating current motors*

The motor with locked armature shall withstand for 15 s the current specified above. D.C. shall be used for the test. It is not necessary to excite the motor during the test.

The test shall be carried out four times with a 5 min interval between successive tests, the armature being turned in the same direction one quarter pole pitch after each test.

After the test, the commutator may show local discoloration but no trace of burning or permanent deformation.

37.2.3 *Single-phase traction motors*

The motor when hot supplied at its rated frequency and revolving at reduced speed (at about 5 % of the maximum speed of the motor as defined in Sub-clause 17.1) shall, unless otherwise agreed when the order is placed, withstand for 1 min the current specified in Sub-clause 37.2.1.

This test shall be repeated after reversing the direction of rotation of the motor.

These tests shall leave only traces of burning on the commutator such as will disappear after a few hours' running.

37.3 *Main motor-generator sets*

The tests shall be carried out with the normal starting and protective gear.

The driving motor shall withstand, with a 5 min interval between successive tests, two successive starts at the minimum voltage and two successive starts at the maximum voltage (see Sub-clause 13.3) whilst developing a torque corresponding to the load which it is normally expected to meet in service when it is started at either of these two voltages.

In the case of a.c. driving motors, the test shall be made at rated frequency.

Starting performances shall be satisfactory and no abnormal temperature rise of any part of the machines shall be observed at the end of the tests. In addition, in the case of machines with commutators, these parts shall show no traces of burning or deformation.

37.4 *Auxiliary motors, motor-generator sets and convertors*

The tests shall be carried out with the normal starting and protective gear.

The driving motor shall withstand, with a 2 min interval between tests, five successive starts at the minimum voltage and five successive starts at the maximum voltage (see Sub-clauses 13.4,

paragraphe 13.4, 13.5 et 13.6) tout en développant un couple correspondant à la charge que l'on peut normalement escompter en service lorsque le moteur est mis en marche sous l'une ou l'autre de ces deux tensions.

Dans le cas de moteurs à courant alternatif, l'essai sera exécuté à la fréquence nominale.

Les résultats à obtenir sont ceux indiqués au paragraphe 37.3.

SECTION HUIT — ESSAIS DE COMMUTATION

38. Généralités

Les essais de commutation s'appliquent seulement aux machines à collecteur. Deux sortes d'essais de commutation sont décrits ci-après : les essais de commutation en régime établi (article 39) et les essais de coupure et de rétablissement de l'alimentation (article 40).

Les essais de commutation devront être supportés par les machines sans détérioration mécanique, ni amorçage, ni dommages permanents, les dommages permanents étant ceux susceptibles d'affecter le fonctionnement correct de la machine postérieurement à l'exécution de l'essai.

39. Essais de commutation en régime établi

39.1 Généralités

Ces essais comprennent des essais de type et des essais de série.

Ils seront exécutés sur la machine chaude. Chaque point d'examen de la commutation sera maintenu pendant environ 30 s. Si, à la suite d'examen à courants élevés, la machine présente des signes d'échauffement excessif, le constructeur est autorisé à faire fonctionner la machine à un régime réduit pendant un temps suffisant pour ramener la température à une valeur plus normale avant de continuer les essais.

Les machines à excitation indépendante ou composée seront essayées avec des courants d'excitation appropriés au point d'essai considéré.

39.2 Moteurs de traction

Pour les moteurs ne tournant normalement que dans un seul sens de rotation, les essais ne seront exécutés que dans ce sens. Pour les autres moteurs, les essais doivent être exécutés dans les deux sens de rotation. Les essais peuvent être exécutés dans un ordre quelconque en ce qui concerne les courants et le sens de rotation ; il est souvent commode d'exécuter les essais en commençant par les courants élevés en vue de réduire le risque d'échauffement excessif du moteur. Lorsque le sens de rotation doit être inversé durant les essais, le constructeur est autorisé à faire fonctionner le moteur pendant 5 min consécutives dans le nouveau sens de rotation, sous la tension nominale avec un courant n'excédant pas le courant correspondant au régime continu, dans le but d'assurer une meilleure portée des balais. Dans l'intervalle compris entre les deux périodes de marche en sens inverse, les balais ne devront pas être déplacés.

39.2.1 Essais de type

Les essais de commutation devront être effectués pour plusieurs valeurs de courant et d'excitation couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en traction. La tension à appliquer aux bornes du moteur sera, dans le cas de moteurs de traction pour véhicules thermo-électriques, celle qui correspond à différents points des courbes caractéristiques de la génératrice principale et, dans le cas de moteurs de traction alimentés directement ou indirectement par une ligne de contact, la tension qui correspond à la tension maximale figurant au tableau de l'annexe B, c'est-à-dire :

13.5 and 13.6) whilst developing a torque corresponding to the load which it is normally expected to meet in service when it is started at either of these two voltages.

In the case of a.c. motors, the test shall be made at rated frequency.
The results to be obtained are those indicated in Sub-clause 37.3.

SECTION EIGHT — COMMUTATION TESTS

38. General

Commutation tests only apply to machines having a commutator. Two types of commutation tests are described below, viz. commutation test under steady state conditions (Clause 39) and interruption and restoration test (Clause 40).

The commutation tests shall be withstood by the machines without mechanical deterioration, flashover or permanent damage, permanent damage being that which would affect the satisfactory running of the machine after the completion of the test.

39. Commutation tests under steady state conditions

39.1 General

These tests are type and routine tests.

They shall be carried out with the machine hot. Each commutation test point shall be held for a period of about 30 s. If, after observations at high currents, the machine shows signs of excessive heating, the manufacturer shall have the right to run it with a small current for a sufficient period to cool it to a more normal temperature before continuing the test.

Machines designed to operate with separate or compound excitation shall be tested with the appropriate excitation currents at each test point.

39.2 Traction motors

For motors that normally run in one direction of rotation, the tests shall be carried out only in that direction. For motors designed to run in both directions of rotation, the tests shall be carried out in both directions. The tests may be carried out in any convenient sequence of currents and rotations and it is often convenient to carry out the tests at the higher currents first to minimize the possibility of overheating the motor. Whenever the direction of rotation is reversed during the tests, the manufacturer shall have the right to run the motor for 5 consecutive minutes with a current not exceeding the continuous rating, and at the rated voltage, in the new direction, with the object of obtaining a better surface contact between the brushes and the commutator. The brushes shall not be disturbed during the period between a test in one direction of rotation and the first test after reversal of rotation.

39.2.1 Type tests

The commutation tests shall be made for a reasonable number of current and excitation values covering the whole field of application of the characteristic curves in traction. The voltage at the terminals of the motor shall be, in the case of traction motors for thermoelectric vehicles, that corresponding to different points on the characteristic curves of the main generator, and, in the case of traction motors supplied directly or indirectly from a contact system, that corresponding to the maximum voltage which appears in the table of Appendix B, i.e.:

a) Pour les moteurs à courant continu: $1,2 U$.

U étant la tension nominale de la ligne de contact (ou cette tension divisée par n dans le cas de n moteurs en série).

b) Pour les moteurs à courant monophasé et les moteurs à courant ondulé: $1,1 U$.

U étant la tension nominale des moteurs de traction, telle qu'elle est définie aux paragraphes 13.1.3 et 13.1.4.

Pour les moteurs alimentés par une batterie, l'essai sera exécuté à une tension égale à la tension à vide de la batterie complètement chargée.

Pour les moteurs monophasés, l'essai sera fait à la fréquence nominale et pour les moteurs à courant ondulé, avec une fréquence et un taux d'ondulation du courant comme en service.

Pour les moteurs devant fonctionner en récupération, les essais de commutation doivent être effectués pour un nombre suffisant de valeurs de courant et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en récupération, la machine fonctionnant en génératrice à la tension maximale indiquée au début du présent paragraphe.

Pour les moteurs devant fonctionner en freinage rhéostatique, les essais de commutation doivent être effectués pour un nombre suffisant de valeurs de courant, d'excitation et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en freinage rhéostatique.

Pour les moteurs connectés en permanence en série et ne comportant ni couplage mécanique, ni dispositifs automatiques pour empêcher l'emballement ou pour interdire une certaine différence de vitesse entre les moteurs, il faut procéder en outre à un essai de commutation à champ maximal:

- dans le cas d'un moteur de traction pour véhicules thermoélectriques, à 1,5 fois la tension par moteur correspondant à la tension maximale indiquée sur la courbe de régulation à pleine puissance de la génératrice principale;
- dans le cas d'un moteur de traction alimenté directement ou indirectement par la ligne de contact, à 1,5 fois la tension (U définie au point a) ou b) du présent paragraphe.

Le courant doit être réglé de façon que le moteur tourne à sa vitesse maximale en service.

Note. — On entend par « domaine d'application des courbes caractéristiques » aussi bien pour les moteurs à courant continu que pour les moteurs à courant monophasé et à courant ondulé, toute l'étendue, utilisable en service, des diverses courbes caractéristiques aux divers crans de marche économique du véhicule en traction et en freinage. En conséquence, une mention précise de la vitesse maximale et du courant maximal à ne pas dépasser en service sera clairement indiquée sur les graphiques tracés pour les différentes tensions aux bornes du moteur. Ces graphiques seront fournis par le constructeur.

39.2.2 Essais de série

Les moteurs de traction alimentés directement ou indirectement par une ligne de contact devront être essayés à champ minimal et à une tension correspondant à la tension maximale définie au paragraphe 39.2.1:

- a) à la vitesse maximale de service indiquée sur la courbe caractéristique;
- b) au courant correspondant au régime continu;
- c) à la valeur maximale du courant indiquée sur la courbe caractéristique.

Pour les moteurs alimentés par une batterie, l'essai sera exécuté à une tension égale à la tension à vide de la batterie complètement chargée.

Les moteurs de traction utilisés sur des véhicules thermoélectriques devront être soumis à des essais de commutation dans les conditions suivantes:

- a) à la tension et au courant correspondant au courant maximal indiqué sur la courbe de régulation à pleine puissance de la génératrice principale (voir paragraphe 18.4), le champ du moteur ayant la valeur maximale;
- b) à la tension et au courant correspondant à la tension maximale indiquée sur la courbe de régulation à pleine puissance de la génératrice, le champ ayant sa valeur minimale;
- c) après entente entre exploitant et constructeur, un essai pourra être également effectué au courant correspondant au régime continu, la tension étant celle déduite du point correspondant de la courbe de régulation à pleine puissance de la génératrice, le champ ayant la valeur appropriée.

a) For d. c. motors: $1.2 U$.

U being the system voltage of the traction system (or this voltage divided by n in the case of n series connected motors).

b) For single-phase a.c. or pulsating current motors: $1.1 U$.

U being the rated voltage of the traction motors, as defined in Sub-clauses 13.1.3 and 13.1.4.

For motors fed from a battery, the test shall be made at a voltage equal to the no-load voltage of the fully charged battery.

For single-phase motors, the test shall be made at rated frequency and for pulsating current motors, at actual pulsation frequency and ripple factor.

For motors used for regenerative braking, the commutation tests shall be made for a reasonable number of values of speed and current covering the whole field of application of the characteristic curves when regenerating, the machine working as a generator at the maximum voltage defined in the first paragraph of this sub-clause.

For motors used for rheostatic braking, the commutation tests shall be made for a reasonable number of values of current, excitation and speed, covering the whole field of application of the characteristic curves when braking rheostatically.

For motors permanently connected in series, equipped with neither mechanical coupling nor automatic devices to prevent excessive speed or to prevent variation in speed between the motors, a commutation test must also be performed with maximum field:

- in the case of traction motors for thermoelectric vehicles, at 1.5 times the voltage per motor corresponding to the maximum voltage shown on the full power regulation curve of the main generator;
- in the case of traction motors supplied directly or indirectly from a contact system, at 1.5 times the voltage U defined under item a) or b) of this sub-clause.

The current shall be adjusted so that the motor rotates at its maximum service speed.

Note. — By “whole field of application of the characteristic curves” is meant, both for d.c. motors and for single-phase a.c. and pulsating current motors, the whole of the various characteristic curves for the various economic running notches of the vehicle in traction and braking which are usable in service. Consequently, the maximum speed and the maximum current not to be exceeded in service shall be clearly shown on the curves drawn for different voltages at the terminals of the motor. These curves shall be supplied by the manufacturer.

39.2.2 Routine tests

Traction motors to be supplied directly or indirectly from a contact system shall be tested with minimum field and at a voltage corresponding to the maximum voltage defined in Sub-clause 39.2.1:

- a) at the maximum service speed shown on the characteristic curve;
- b) at the current corresponding to the continuous rating;
- c) at the maximum value of the current shown on the characteristic curve.

For motors fed from a battery, the test shall be made at a voltage equal to the no-load voltage of the fully charged battery.

Traction motors to be used on thermoelectric vehicles shall be subjected to commutation tests under the following conditions:

- a) with the voltage and current corresponding to the maximum current shown on the full power regulation curve of the main generator (see Sub-clause 18.4), the field strength of the motor being the maximum value;
- b) with the voltage and current corresponding to the maximum voltage shown on the full power regulation curve of the generator, the field strength having its minimum value;
- c) after agreement between user and manufacturer, a test may also be made with the current corresponding to the continuous rating, the voltage being that derived from the corresponding point on the full power regulation curve of the generator, the field strength having an appropriate value.

Si un moteur de traction est appelé à être soumis en service à des conditions de commutation plus sévères lors du fonctionnement en freinage rhéostatique ou par récupération, un essai supplémentaire pourra être exécuté à des valeurs appropriées de la tension, du courant et de la vitesse, après accord entre l'exploitant et le constructeur.

39.3 *Génératrices principales*

Avant chaque relevé, la machine fonctionnant en génératrice devra tourner pendant environ 30 s dans le sens normal de rotation.

39.3.1 *Essais de type*

Les essais de commutation doivent être exécutés pour un nombre suffisant de points couvrant tout le domaine d'application de la courbe de régulation à pleine puissance.

Cette courbe est préparée par le constructeur et soumise pour accord à l'exploitant avant les essais de la machine.

39.3.2 *Essais de série*

Chaque génératrice sera essayée à la vitesse maximale et aux trois points de la courbe de régulation à pleine puissance, qui correspondent :

- a) au courant maximal en service;
- b) au courant de régime continu à tension inférieure;
- c) à la tension maximale à l'extrémité de la courbe de régulation à pleine puissance.

39.4 *Moteurs et génératrices auxiliaires*

39.4.1 *Essais de type*

Des essais de commutation doivent être exécutés pour plusieurs valeurs de courant et d'excitation couvrant la totalité du domaine particulier d'application de la machine, sous la tension maximale définie à l'article 14.

39.4.2 *Essais de série*

Les moteurs et les génératrices doivent supporter, pendant 1 min, sous la tension maximale définie à l'article 14, un courant égal à 1,5 fois le courant correspondant au régime nominal, sauf stipulation contraire de la spécification.

39.5 *Autres machines*

Des essais de commutation devront être effectués sur les machines autres que celles reprises aux paragraphes 39.2 à 39.4 inclus, après accord entre l'exploitant et le constructeur.

40. **Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation**

40.1 *Généralités*

Ces essais sont des essais de type et ils s'appliquent uniquement aux moteurs à courant continu ou à courant ondulé alimentés directement ou indirectement par une ligne de contact.

Les méthodes d'essai suivantes s'appliquent aux moteurs à caractéristiques série ou composée.

Dans le cas de moteurs à excitation shunt ou séparée ou de moteurs à excitation composée dont l'excitation shunt ou séparée est prépondérante par rapport à l'excitation série, des dispositions spéciales d'essai peuvent être adoptées après accord entre exploitant et constructeur.

Il est admis que pour des moteurs de grande puissance, les possibilités limites des installations d'essais peuvent s'opposer au respect intégral des modalités d'essai spécifiées. Dans ce cas, l'exploitant et le constructeur devront se mettre d'accord sur un programme d'essais modifié.

If any traction motor is subjected to more severe commutation conditions when operating in service with regenerative or rheostatic braking, an additional test may be made at appropriate values of voltage, current and speed, by agreement between user and manufacturer.

39.3 *Main generators*

Before each test point, the machine acting as a generator shall be rotated for a period of about 30 s in the normal direction of rotation.

39.3.1 *Type tests*

The commutation tests shall be carried out for a reasonable number of points to cover the whole field of application of the full power regulation curve.

This curve shall be prepared by the manufacturer and submitted to the user for agreement before testing of the machine.

39.3.2 *Routine tests*

Each generator shall be tested at the maximum speed at the three points on the full power regulation curve corresponding to:

- a) maximum service current;
- b) the current corresponding to continuous rating at lower voltage;
- c) the maximum voltage at the end of the full power regulation curve.

39.4 *Auxiliary motors and generators*

39.4.1 *Type tests*

Commutation tests shall be made for several current and excitation values covering the whole of the particular field of application of the machine, at the maximum voltage defined in Clause 14.

39.4.2 *Routine tests*

Motors and generators shall withstand for 1 min, at the maximum voltage as defined in Clause 14 a current equal to 1.5 times the current corresponding to their rating unless another value is stipulated in the specification.

39.5 *Other machines*

Commutation tests on machines other than those specified in Sub-clauses 39.2 to 39.4 inclusive should be carried out according to agreement between user and manufacturer.

40. **Interruption and restoration tests**

40.1 *General*

These tests are type tests and apply only to d.c. and pulsating current motors supplied directly or indirectly from a contact system.

The following test procedure is valid for motors with series or compound characteristics.

In the case of shunt or separately excited motors or of motors with compound excitation in which the shunt or separate excitation predominates over the series excitation, special arrangements may be made after agreement between user and manufacturer.

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

40.2 *Moteurs de traction*

Les essais seront effectués au moyen d'un interrupteur à commande manuelle ou automatique permettant de couper l'alimentation lorsque le moteur absorbe un courant égal au courant du régime garanti et de rétablir cette alimentation après un temps de coupure d'environ 1 s.

La vitesse de rotation du moteur sera maintenue aussi constante que possible durant la période d'interruption.

Si la réduction du champ est réalisée par une méthode unique (shuntage des inducteurs, changement de prise ou, dans le cas d'excitation séparée, réglage du courant), l'essai sera répété à quelques minutes d'intervalle, trois fois à champ maximal et trois fois à champ minimal.

Au contraire, si l'affaiblissement du champ est obtenu sur certains crans par une méthode et sur d'autres crans par une autre méthode, l'essai sera répété trois fois à champ maximal et trois fois au champ le plus réduit obtenu par chacune des méthodes d'affaiblissement.

On s'assurera, au besoin par des relevés oscillographiques, qu'au cours de ces essais, la tension d'alimentation aux bornes du moteur ou, pour les moteurs connectés en permanence avec une inductance, la tension aux bornes de l'ensemble moteur et inductance :

- est au moins égale à 1,2 fois la tension nominale au moment où l'interrupteur est refermé;
- n'est pas inférieure à 0,9 fois cette tension nominale pendant la période transitoire qui suit la fermeture de l'interrupteur.

Pour l'exécution des essais à champ minimal, le moteur sera pourvu des organes de shuntage prévus dans l'équipement ou d'organes équivalents.

Si le moteur fait partie d'un ensemble qui comporte un dispositif automatique assurant, en cas de coupure, une protection complète contre le réenclenchement dans un temps inférieur à 1 s, l'essai sera effectué soit avec ce dispositif de protection, soit pendant le temps que ce dispositif mettrait à agir.

40.3 *Moteurs auxiliaires*

Les essais seront effectués sur le moteur muni d'un appareillage de démarrage et de protection permettant de simuler les conditions du service normal.

L'alimentation sera coupée puis rétablie cinq fois de suite en laissant les conditions de fonctionnement normales se rétablir entre les essais successifs, le moteur fonctionnant à son régime continu et avec l'excitation la plus faible qui peut être obtenue en service. L'intervalle de temps entre coupure et rétablissement de l'alimentation doit être d'environ 1 s.

Si le moteur fait partie d'un ensemble comportant un dispositif automatique de protection assurant en cas de coupure la protection complète contre le réenclenchement en un temps inférieur à 1 s, l'essai sera effectué soit avec ce dispositif de protection, soit pendant le temps que ce dispositif mettrait à agir.

SECTION NEUF — ESSAIS DIÉLECTRIQUES

41. **Essais diélectriques**

Les essais de rigidité diélectrique sont des essais de série.

La tension d'essai doit être appliquée entre les enroulements de chaque circuit et la carcasse, les enroulements non essayés étant reliés à la carcasse. Elle doit être appliquée seulement à une machine neuve et complète, tous les organes étant en place, dans des conditions équivalentes à celles du fonctionnement normal.

L'essai doit être effectué dans les usines du constructeur, à chaud et après les essais prescrits dans les sections précédentes.

La tension d'essai doit être alternative et se rapprocher autant que possible de la forme sinusoïdale, la fréquence étant comprise entre 25 Hz et 100 Hz.

40.2 *Traction motors*

The tests shall be made by means of a manual or automatic switch which enables the supply from the contact system to be switched off when the motor is taking a current corresponding to the guaranteed rating and which enables this supply to be reconnected about 1 s after switching off.

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.

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

It shall be confirmed, if necessary by oscillograms, that during these tests the supply voltage at the terminals of the motor, or for motors permanently connected in series with a reactor, the voltage across motor and reactor:

- is at least equal to 1.2 times its rated voltage at the moment when the switch is re-closed;
- is not less than 0.9 times this same rated voltage during the transient period which follows the closing of the switch.

For the tests at minimum field, the motor shall be provided with the field weakening devices, or the equivalent, with which it is to operate in service.

If the motor forms part of an assembly which includes an automatic device giving complete protection against re-connection after interruption in a time less than 1 s, the test shall be carried out with this device, or in a time equal to the operating time of the device.

40.3 *Auxiliary motors*

The tests shall be carried out with the motor equipped with starting and protective gear suitable for simulating the conditions in normal service.

The supply shall be interrupted and restored five times in succession, allowing the normal load conditions to be re-established between successive interruptions, the motor operating at its continuous rating with the weakest field that can be obtained in service. The time interval between the instants of interruption and restoration of supply shall be approximately 1 s.

If the motor forms part of an assembly which includes an automatic device giving complete protection against re-connection after interruption in a time less than 1 s, the test shall be carried out with this device, or in a time equal to the operating time of the device.

SECTION NINE — DIELECTRIC TESTS

41. **Dielectric tests**

Dielectric tests are routine 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 a new and completed machine, with all its parts in place, under conditions equivalent to normal working conditions.

The test shall be carried out in the manufacturer's works with the machine hot and after the tests specified in the preceding sections.

The test voltage shall be alternating and shall be as nearly as possible of sine-wave form, the frequency being between 25 Hz and 100 Hz.

L'essai doit être commencé à une tension inférieure au tiers de la tension d'essai qu'on augmente graduellement jusqu'à la pleine tension d'essai.

La pleine tension d'essai doit être maintenue sur tous les enroulements pendant 60 s à la valeur indiquée au tableau III.

TABLEAU III

N°	Type de machine ou d'organe de machine	Tension d'essai (valeur efficace) ¹⁾
1	<i>Machines ou organes de machines alimentés directement ou indirectement par une ligne de contact :</i>	
1.1	A courant continu	$2,25 U + 2\,000\text{ V}$ <i>U</i> étant la tension nominale du réseau de traction (voir annexe B)
1.2	A courant alternatif	$2,25 U + 2\,000\text{ V}$ <i>U</i> étant la tension (continue ou alternative) la plus élevée susceptible d'être appliquée à la machine ou à l'organe par l'intermédiaire du transformateur ou du convertisseur statique lorsque l'enroulement côté ligne du transformateur est alimenté à la tension nominale du réseau de traction (voir annexe B)
2	<i>Machines ou organes de machines non alimentés par une ligne de contact :</i> (à l'exception des enroulements d'excitation des alternateurs ou moteurs synchrones principaux)	
2.1	Machines ou enroulements à tension constante	$2 U + 1\,000\text{ V}$ avec un minimum de 1 500 V <i>U</i> étant la tension nominale de la machine ou de l'enroulement
2.2	Machines ou enroulements à tension variable	$2 U + 1\,000\text{ V}$ avec un minimum de 1 500 V <i>U</i> étant la tension la plus élevée susceptible d'être appliquée à la machine ou à l'enroulement en service normal <i>Note.</i> — Si une machine à courant alternatif débite par l'intermédiaire d'un redresseur, on prendra pour <i>U</i> la tension la plus élevée apparaissant aux bornes côté continu
3	<i>Enroulements d'excitation des alternateurs et moteurs synchrones</i>	$10 U$ avec un minimum de 1 500 V et un maximum de 3 500 V, <i>U</i> étant la tension nominale d'excitation

¹⁾ Les tensions d'essai sont données en valeur efficace tandis que les tensions *U* du tableau s'entendent en valeur efficace pour les tensions alternatives et en valeur moyenne pour les tensions ondulées.

SECTION DIX — RELEVÉS DES COURBES CARACTÉRISTIQUES

42. Courbes caractéristiques

42.1 Généralités

Les spécifications des machines doivent, en règle générale, comporter des courbes caractéristiques répondant aux paragraphes suivants. Ces courbes appelées « caractéristiques spécifiées » doivent être tracées jusqu'aux limites d'utilisation prévues pour chacune des variables (voir note du paragraphe 39.2.1) et être établies pour une température de référence des enroulements de 115 °C, quelle que soit la classe des isolants. On vérifiera au banc d'essai, à chaud (par exemple immédiatement

The test shall be commenced at a voltage of less than one third the test voltage and shall be increased gradually to the full test voltage.

The full test voltage shall be maintained on all the windings for 60 s at a value in accordance with Table III.

TABLE III

No.	Machine or machine part	Test voltage (r.m.s.) ¹⁾
1	<i>Machines or machine parts supplied directly or indirectly from a contact system:</i>	
1.1	Direct current systems	$2.25 U + 2\,000\text{ V}$ <i>U</i> being the system voltage of the contact system (Appendix B)
1.2	Alternating current systems	$2.25 U + 2\,000\text{ V}$ <i>U</i> being the highest voltage (a.c. or d.c.) that can be applied to a machine or machine part through the transformer or transformer and rectifier, when the primary winding of the transformer is supplied at the system voltage of the contact system (Appendix B)
2	<i>Machines or machine parts not supplied directly or indirectly from a contact system:</i> (excluding field windings of main alternators or synchronous motors)	
2.1	Constant voltage machines or windings	$2 U + 1\,000\text{ V}$ with a minimum of 1 500 V <i>U</i> being the rated voltage of the machine or winding
2.2	Variable voltage machines or windings	$2 U + 1\,000\text{ V}$ with a minimum of 1 500 V <i>U</i> being the highest voltage that can appear on the machine or winding in normal service <i>Note.</i> — For a.c. machines supplying a load through rectifiers, <i>U</i> is the highest voltage that can appear on the d.c. side
3	<i>Field windings of alternators or synchronous motors</i>	$10 U$ with a minimum of 1 500 V and a maximum of 3 500 V, where <i>U</i> is the rated excitation voltage

¹⁾ The test voltages are given in r.m.s. values whereas the voltages *U* are stated in r.m.s. values for a.c. and in arithmetic mean values for pulsating voltages.

SECTION TEN — DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES

42. Characteristic curves

42.1 General

The specifications for the machines shall, as a general rule, include characteristic curves in accordance with the following sub-clauses. These curves called “specified characteristics” shall be drawn up to the design-operating limits of each variable (see Note to Sub-clause 39.2.1), for a reference temperature of the windings of 115 °C for all classes of insulating material. The compliance of a machine with the specified characteristics shall be checked at the type test on the test-bed with

après un essai d'échauffement) que la machine répond aux caractéristiques spécifiées. A cet effet, on pourra utiliser toute méthode d'essai convenable. L'une quelconque des méthodes indiquées à l'annexe A pour la détermination du rendement pourra par exemple être utilisée.

Les courbes caractéristiques établies d'après les relevés des essais de type sont appelées « caractéristiques de base ».

Certaines de ces courbes constituent des bases pour les essais de série.

Pour les valeurs admissibles des tolérances de calcul et de fabrication, voir article 44.

Les corrections des résultats pour tenir compte de différences entre la température réelle des enroulements durant les essais et la température de référence de 115 °C, ainsi que de légers écarts entre la valeur réelle et la valeur assignée d'autres grandeurs, seront effectuées par les méthodes habituelles pour les calculs de rendements et, au besoin, pour ceux d'autres grandeurs.

Pour les essais de série, les corrections pour tenir compte de la température des enroulements peuvent être omises à condition que l'essai soit exécuté sur la machine chaude dès que possible après un essai d'échauffement.

42.2 Moteurs de traction (à l'exclusion des moteurs polyphasés)

42.2.1 Généralités

a) Moteurs alimentés directement ou indirectement par une ligne de contact ou par une batterie installée dans le véhicule

Les courbes caractéristiques spécifiées doivent donner, en fonction du courant, sous la tension nominale et à la fréquence nominale dans le cas de courant alternatif et pour les différentes conditions de champ spécifiées:

la vitesse, le rendement, le couple à l'arbre de l'induit et, si exigée, la puissance utile.

Pour les moteurs à courant alternatif, le facteur de puissance sera également donné en fonction du courant. Dans le cas de moteurs à courant ondulé, le taux d'ondulation du courant (article 20) au régime continu nominal sera indiqué sur les courbes.

b) Moteurs de traction à courant continu pour véhicules thermoélectriques

Les courbes caractéristiques spécifiées doivent donner en fonction du courant, au moins pour les champs maximal et minimal prévus et pour une tension d'alimentation correspondant à celle de la génératrice à son régime continu à tension inférieure:

la vitesse, le rendement, le couple à l'arbre de l'induit et, si exigée, la puissance utile.

En outre, ces courbes pourront être données sous la tension correspondant au régime continu à tension supérieure de la génératrice.

42.2.2 Essais de type

On relèvera un nombre de points de fonctionnement (quatre ou cinq pour chaque courbe) suffisant pour permettre le tracé des courbes « caractéristiques de base » correspondant aux caractéristiques spécifiées. Ces relevés pourront être refaits sous une ou plusieurs tensions réduites selon l'équipement du véhicule auquel les moteurs sont destinés et seront alors limités aux crans à excitations maximale et minimale. Les relevés seront effectués pour chaque sens de rotation, s'il s'agit de moteurs prévus pour les deux sens de marche.

On établira d'abord la moyenne des caractéristiques de vitesse relevées sur les quatre premiers moteurs essayés, y compris éventuellement celui soumis aux essais de type. Cette moyenne servira alors de base pour l'application des tolérances de fabrication en vue de l'acceptation ou du refus des moteurs suivants en ce qui concerne les caractéristiques de vitesse, jusqu'à ce que dix moteurs en tout aient été essayés. On établira alors la moyenne des courbes obtenues sur ces dix moteurs (ou sur la totalité des moteurs s'il s'agit d'une série de moins de dix moteurs) en comprenant les courbes pour les deux sens de rotation s'il s'agit de moteurs prévus pour les deux sens de marche, et la courbe ainsi obtenue sera considérée comme la courbe « caractéristique de base » de vitesse.

the machine hot (for instance immediately after a temperature-rise test). This may be done with any suitable test method. For example, any of the methods given in Appendix A for determination of efficiency may be used.

Characteristic curves obtained during type tests are called “declared characteristic curves”.

Some of these curves shall form the basis for the routine tests.

For permissible design and manufacturing tolerances, see Clause 44.

Correction of values due to differences between actual winding temperatures during tests and the reference temperature of 115 °C and for slight differences between actual and stipulated values of other quantities shall be made in the usual way for efficiency values, and if necessary for other values.

For routine tests, correction of winding temperature can be omitted provided the test is carried out with the machine hot as soon as possible after a temperature-rise test.

42.2 *Traction motors (excluding multi-phase a.c. motors)*

42.2.1 *General*

a) *Traction motors supplied directly or indirectly from a contact system or from a battery located on the vehicle*

The specified characteristic curves shall give, for the rated voltage and in the case of a.c. the rated frequency, and for the several conditions of field strength specified:

the speed, the efficiency, the torque, and if required, also the output at the shaft, plotted as functions of the current.

For a.c. motors, the power factor should also be given as function of the current. In the case of pulsating current motors, the d.c. ripple factor (Clause 20) at the continuous rating shall be given on the curves.

b) *D.C. traction motors on thermoelectric vehicles*

The specified characteristic curves shall give, at least for the maximum and minimum field strength specified and for a supply voltage corresponding to the lower voltage of the generator at continuous rating:

the speed, the efficiency, the torque and, if required, also the output at the shaft, plotted as functions of the current.

They may, in addition, be shown for the higher voltage of the generator at continuous rating.

42.2.2 *Type tests*

Sufficient test readings (four or five for each curve) shall be taken to enable declared characteristic curves corresponding to the specified characteristics to be plotted. The speed curves may be re-determined at one or more reduced voltages according to the equipment of the vehicle for which the motors are intended, but in this case will be limited to the maximum and minimum field notches. For motors designed to run in both directions of rotation, readings shall be taken in both directions.

The speed characteristic curves on the first four machines tested, including the type-tested machine, shall be averaged and shall then serve as a basis for application of manufacturing tolerances for acceptance or rejection as regards speed characteristics of subsequent machines tested, until ten machines have been tested. The speed characteristic curves for ten motors (or for all motors of a series of less than ten motors), including curves for both directions of rotation if the motor is designed to run in both directions, shall then be averaged and regarded as the “declared speed characteristic curve”.

Pour les moteurs identiques à des moteurs déjà construits pour le même exploitant, on prendra comme « caractéristiques de base » les caractéristiques imposées à la commande.

Les écarts entre les vitesses indiquées sur les caractéristiques de base et celles données sur les caractéristiques spécifiées correspondantes ne doivent pas excéder les tolérances de calcul indiquées au paragraphe 44.1.1.

Pour les moteurs appelés à fonctionner en génératrices pendant les périodes de freinage, les caractéristiques de vitesse, le rendement et le couple seront relevés lors des essais de type, les moteurs fonctionnant en génératrices dans le domaine d'utilisation spécifié.

42.2.3 Essais de série

Les courbes « caractéristiques de base » de vitesse constituent la base des essais de série.

Un nombre suffisant de relevés sera effectué en vue de permettre le tracé des courbes de vitesse à champ maximal et à champ minimal.

Les écarts entre les vitesses indiquées sur les caractéristiques relevées et celles données sur les caractéristiques de base correspondantes ne doivent pas excéder les tolérances de fabrication indiquées au paragraphe 44.1.1.

42.3 Moteurs de traction polyphasés

Les règles des autres publications de la CEI relatives aux moteurs polyphasés seront considérées comme applicables, les modalités d'essais étant fixées par accord entre exploitant et constructeur.

42.4 Génératrices principales (à l'exclusion de celles destinées à alimenter directement ou non des moteurs à courants alternatifs polyphasés)

42.4.1 Généralités

Pour les génératrices principales entraînées par un moteur thermique, les courbes caractéristiques spécifiées doivent donner, pour les diverses conditions de vitesse et d'excitation spécifiées ci-après, la tension en fonction du courant débité; elles doivent être tracées pour la puissance maximale d'entraînement de la génératrice seulement à la vitesse maximale et à la vitesse minimale du moteur thermique. En outre, dans les cas où le moteur thermique est prévu pour fonctionner à un certain nombre de vitesses prédéterminées, les caractéristiques spécifiées seront fournies pour un nombre de vitesses intermédiaires suffisant pour permettre d'établir correctement les performances de la génératrice.

Sur chaque courbe, on mentionnera les conditions d'excitation, la puissance d'entraînement, la vitesse correspondante et, si nécessaire, le numéro du cran. De plus, le rendement de la génératrice sera indiqué sur la courbe spécifiée de régulation à pleine puissance, au moins pour les points correspondant aux deux régimes continus définis au paragraphe 8.2.

Pour les génératrices de groupes moteurs générateurs principaux, on devra tracer des caractéristiques spécifiées similaires à celles indiquées ci-dessus en tenant compte des caractéristiques particulières du moteur d'entraînement et de l'équipement de régulation.

42.4.2 Essais de type

On relèvera un nombre de points de fonctionnement suffisant pour permettre de comparer les caractéristiques réelles et les rendements avec ceux qui ont été spécifiés et de calculer les performances du véhicule.

A ce stade, le constructeur aura la faculté de modifier les valeurs d'excitation prévues lors de l'établissement des courbes caractéristiques spécifiées, mais les nouvelles valeurs d'excitation devront être maintenues pour tous les essais ultérieurs. Le constructeur devra fournir la preuve que la valeur maximale de l'excitation et l'étendue de ses variations sont compatibles avec les possibilités de l'équipement de régulation et que les échauffements des enroulements d'excitation ne risquent pas de dépasser les limites permises.

For motors identical with any motors previously manufactured for the same user, the declared speed characteristics shall be those laid down in the order.

Divergences between the speeds given on the declared characteristic curves and those shown on the corresponding specified characteristics shall not exceed the design tolerances given in Sub-clause 44.1.1.

In the case of motors which are to be used as generators during braking periods, the speed characteristics, the efficiency and the torque are determined during the type tests, the motors operating as generators in the range specified.

42.2.3 *Routine tests*

The declared speed characteristic curves form the basis for the routine tests.

Sufficient test readings shall be taken to enable the speed curves for the maximum and minimum field strengths to be drawn.

Divergence between the speeds so plotted and those shown on the corresponding declared characteristics shall not exceed the manufacturing tolerances given in Sub-clause 44.1.1.

42.3 *Multi-phase a.c. traction motors*

Rules in other IEC Publications covering multi-phase motors shall be considered as applicable, the details of the tests being determined by agreement between user and manufacturer.

42.4 *Main generators (excluding those supplying, directly or indirectly, multi-phase a.c. traction motors)*

42.4.1 *General*

For engine-driven main generators, the specified characteristic curves shall give, for the different speeds and excitation conditions specified below, the voltage as a function of the load current; they shall be drawn corresponding to the power available for traction from the engine at maximum and minimum engine speeds only. In addition, in cases where the engine has a number of predetermined speed notches, the curves shall be drawn for a sufficient number of intermediate constant speeds that will indicate adequately the performance of the generator.

Each curve shall be identified with its appropriate excitation condition, the power input from the engine together with the corresponding speed and, as appropriate, the notch number. In addition, the efficiency of the generator shall be shown on the specified full power regulation curve at least for those points corresponding to the two continuous ratings defined in Sub-clause 8.2.

For the generators of main motor-generator sets, similar specified characteristic curves shall be drawn up, due account being taken of the particular characteristics of the driving motor and of the regulating equipment.

42.4.2 *Type tests*

Sufficient test readings shall be taken in order to compare the actual characteristic curves and efficiencies with those specified, and also to enable the performance of the vehicle to be calculated.

At this stage, the manufacturer shall be free to modify the excitation values used for the specified characteristic curves, but the new excitation values shall be maintained for all subsequent tests. The manufacturer shall produce evidence that the maximum value and range of variation of the excitation required are within the capacity of the regulating equipment and that the temperature rise of the excitation windings will not exceed the permissible limits.

Les courbes « caractéristiques de base » de la tension en fonction du courant sont établies d'après la moyenne des essais sur les quatre premières génératrices d'une série, y compris éventuellement la génératrice soumise aux essais de type. Ces courbes « caractéristiques de base » constituent la base pour les essais de série des génératrices suivantes. L'essai couvre la totalité de la courbe de régulation à pleine puissance avec les valeurs d'excitation définitivement adoptées.

Les alternateurs principaux destinés à débiter par l'intermédiaire d'un redresseur seront normalement essayés avec un redresseur convenable.

La comparaison du rendement et des caractéristiques de base tension/courant aux indications des courbes caractéristiques spécifiées ne doit pas faire ressortir d'écarts supérieurs aux tolérances de calcul données au paragraphe 44.2.

42.4.3 Essais de série

Les « caractéristiques de base » établies comme prescrit au paragraphe 42.4.2 constituent la base pour les essais de série. On vérifiera les trois points suivants de la courbe de régulation à pleine puissance avec les valeurs d'excitation définitivement adoptées:

- a) Le point à courant maximal de la courbe de régulation à pleine puissance.
Pour les génératrices à régulation interne, le point à courant de court-circuit peut être substitué au point à courant maximal ci-dessus lorsque ce dernier ne peut être défini de façon précise.
- b) Le point correspondant au régime continu à tension inférieure.
- c) Le point à tension maximale de la courbe de régulation à pleine puissance.

Les tolérances de fabrication applicables sont indiquées au paragraphe 44.2.1.

42.4.4 Variante pour les essais d'alternateurs principaux

Pour les alternateurs principaux dont la puissance élevée ne permet pas d'effectuer des essais au banc à pleine puissance, le constructeur peut exécuter des essais convenables à vide et en court-circuit pour vérifier les caractéristiques et déterminer le rendement par la méthode des pertes séparées. Dans ce cas, les détails des essais feront l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

42.5 Moteurs auxiliaires

Note. — Pour les moteurs construits en grandes séries, voir paragraphe 23.3.

42.5.1 Généralités

Les courbes caractéristiques spécifiées doivent donner, en fonction du courant, sous la tension nominale et à la fréquence nominale dans le cas du courant alternatif, et pour les différentes conditions d'excitation spécifiées.

la vitesse, le rendement, le couple à l'arbre d'induit et, si exigée, la puissance utile.

42.5.2 Essais de type

On relèvera un nombre de points de fonctionnement suffisant pour permettre le tracé des courbes « caractéristiques de base » correspondant aux caractéristiques spécifiées, notamment pour des valeurs du courant comprises entre 0,8 et 1,2 fois le courant nominal.

Les « caractéristiques de base » de vitesse sous la tension nominale seront établies d'après la moyenne des essais des quatre premiers moteurs d'une série.

L'écart entre les « caractéristiques de base » sous la tension nominale et les caractéristiques spécifiées ne doit pas excéder la tolérance de calcul indiquée au paragraphe 44.3.1.

En outre, on relèvera les courbes de vitesse et de couple sous la tension maximale et sous la tension minimale (voir article 14).

42.5.3 Essais de série

Les courbes « caractéristiques de base » de vitesse sous la tension nominale constituent la base des essais de série.

The declared voltage-current characteristic curves shall be determined as the average of tests on the first four generators of a series including the type-tested generator. These declared characteristic curves then form the basis for checking subsequent generators on routine tests. The tests shall cover the whole full power range with the finally established excitation values.

Main alternators designed to operate with rectified output shall normally be tested with a suitable rectifier.

The declared efficiency and voltage-current characteristic curves shall not differ from the specified characteristic curves by more than the design tolerances given in Sub-clause 44.2.

42.4.3 Routine tests

The declared characteristic curves established according to Sub-clause 42.4.2 form the basis for the routine tests. The following three points shall be checked on the full power regulation curve with the finally established excitation values:

- a) The maximum current point at the end of the full power regulation curve.
For generators having inherent characteristics, the short-circuit current point may be substituted for the maximum current point in test a) when the latter point cannot be accurately defined.
- b) The continuous rating point at lower voltage.
- c) The maximum voltage point at the end of the full power regulation curve.

Manufacturing tolerances apply as given in Sub-clause 44.2.1

42.4.4 Alternative tests for large main alternators

For large main alternators on which it is not possible to make tests on the test bed at full power, the manufacturer may carry out suitable short-circuit and open-circuit tests to prove the characteristics and determine the efficiency by the summation of losses method. In such cases, the details of the tests shall be agreed between user and manufacturer.

42.5 Auxiliary motors

Note. — For bulk production motors, see Sub-clause 23.3.

42.5.1 General

The specified characteristic curves shall give, for the rated voltage, and in the case of a.c. the rated frequency, and for the several conditions of excitation specified:

the speed, the efficiency, the torque at the shaft and, if required, also the output, plotted as functions of the current.

42.5.2 Type tests

Sufficient test readings shall be taken to enable the declared characteristic curves to be plotted at least for the current values between 0.8 and 1.2 times the rated current.

The declared speed characteristic curves at rated voltage shall be determined as the average of tests on the first four motors of a series.

The declared characteristic curves at rated voltage shall not differ from the specified characteristic curves by more than the design tolerances given in Sub-clause 44.3.1.

In addition, the speed and torque curves shall be determined at maximum and minimum voltage (see Clause 14).

42.5.3 Routine tests

The declared speed characteristic curves at rated voltage form the basis for the routine tests.

On mesurera la vitesse sous la tension nominale et avec le courant nominal et, s'il s'agit de courant continu, avec l'excitation maximale.

Les tolérances de fabrication applicables sont indiquées au paragraphe 44.3.1.

42.6 *Génératrices auxiliaires*

42.6.1 *Généralités*

Les courbes caractéristiques spécifiées doivent donner pour la vitesse nominale et avec les conditions d'excitation spécifiées:

la tension et le rendement en fonction du courant débité.

Pour les alternateurs destinés à fonctionner avec un redresseur, les caractéristiques spécifiées devront être données pour le fonctionnement avec redresseur.

42.6.2 *Essais de type*

On relèvera un nombre de points de fonctionnement suffisant pour permettre le tracé des courbes « caractéristiques de base » correspondant aux caractéristiques spécifiées au moins pour des valeurs du courant comprises entre 0,8 et 1,2 fois le courant nominal.

Les « caractéristiques de base » de tension à la vitesse nominale seront établies d'après la moyenne des essais des quatre premières génératrices d'une série.

Les alternateurs destinés à fonctionner avec un redresseur seront essayés avec un redresseur convenable.

L'écart entre les caractéristiques de base à la vitesse nominale et les caractéristiques spécifiées ne doit pas excéder la tolérance de calcul indiquée au paragraphe 44.3.1.

En outre, on relèvera les courbes de tension à vitesse maximale et à vitesse minimale.

Pour les alternateurs, les essais de type comprendront en outre le relevé des caractéristiques à vide et en court-circuit.

42.6.3 *Essais de série*

Les courbes « caractéristiques de base » de tension à la vitesse nominale constituent la base des essais de série. Pour les génératrices à courant continu, on mesurera la tension à la vitesse nominale avec le courant nominal et dans les conditions d'excitation spécifiées. Pour les alternateurs, on relèvera les caractéristiques à vide et en court-circuit à la vitesse nominale pour deux valeurs spécifiées du courant d'excitation.

Les alternateurs destinés à fonctionner avec un redresseur pourront être essayés comme ci-dessus sans redresseur, étant donné qu'un essai comparatif a été exécuté au cours de l'essai de type.

43. **Méthodes pour la détermination du rendement**

La liste ci-dessous indique un certain nombre de méthodes typiques pour la détermination du rendement de divers types de machines. A l'exception de la méthode directe, ces méthodes sont décrites dans l'annexe A de la présente recommandation. Toute autre méthode convenable peut être utilisée après accord entre exploitant et constructeur. Aucune méthode n'est indiquée comme méthode préférée. La méthode directe ne doit être utilisée que si l'on dispose d'un équipement de mesure de haute précision.

Quelles que soient la méthode et la formule adoptées, les règles suivantes seront appliquées dans toute la mesure du possible:

- a) Les corrections des valeurs pour tenir compte de différences entre les températures réelles des enroulements durant les essais et la température de référence de 115 °C, ou de petits écarts entre valeurs réelles et valeurs assignées d'autres grandeurs, seront calculées par les méthodes usuelles.

The speed at rated voltage and rated current, and in the case of d.c., at full excitation, shall be measured.

Manufacturing tolerances apply as given in Sub-clause 44.3.1.

42.6 *Auxiliary generators*

42.6.1 *General*

The specified characteristic curves shall give for the rated speed and at the conditions of excitation specified:

the voltage and the efficiency as functions of the load current.

For alternators intended for use with a rectifier, the specified characteristic curves shall be given with the rectifier included.

42.6.2 *Type tests*

Sufficient test readings shall be taken to enable the declared characteristic curves corresponding to the specified characteristic curves to be plotted at least for the current values between 0.8 and 1.2 times the rated current.

The declared voltage characteristic curves at rated speed shall be determined as the average of tests on the first four generators of a series.

Alternators intended for use with a rectifier shall be tested with a suitable rectifier.

The declared characteristic curves at rated speed shall not differ from the specified characteristic curves by more than the design tolerances given in Sub-clause 44.3.1.

In addition, the voltage curves shall be determined at maximum and minimum speed.

For alternators, the type tests shall also include the open circuit and short-circuit characteristic curves.

42.6.3 *Routine tests*

The declared voltage characteristic curves at rated speed form the basis for the routine tests. For d.c. generators, the voltage at rated speed, rated current and specified excitation conditions shall be measured. For alternators, the open circuit and short-circuit characteristics at rated speed for two specified values of exciting current shall be measured.

Alternators intended for use with a rectifier may be tested as above without the rectifier, as there is a comparison test made during the type test.

43. **Methods for determining the efficiency**

Some typical methods for determining the efficiency of different types of machines are listed below. Except for direct measurement, these methods are described in Appendix A to this Recommendation. Any other suitable method may be used after agreement between the user and manufacturer. No preference for any method is given. The direct measurement of input and output should only be used if measuring equipment with high accuracy is available.

Whichever method and formula is used, the following should be adopted as far as applicable:

- a) Corrections of values due to differences between actual winding temperatures during tests and the reference temperature of 115 °C and for slight differences between actual and stipulated values of other quantities shall be made in the usual way.

- b) Les valeurs des résistances des divers enroulements à la température des essais seront prises égales aux moyennes des valeurs mesurées immédiatement avant et après le relevé d'une série de points de rendement.
- c) Pour les moteurs à deux sens de rotation, le rendement sera pris égal à la moyenne des rendements relevés dans chaque sens.
- d) La lecture des appareils de mesure sera faite au plus tôt 10 s après que le régime sera stabilisé.
- e) Pour tous types de machines, on admettra une chute de tension totale aux balais positifs et négatifs (e_b) de 3 V.

43.1 *Moteurs de traction à courant continu*

- a) Méthode de récupération N° 1.
- b) Méthode des pertes séparées.
- c) Méthode directe.

43.2 *Moteurs de traction à courant ondulé*

- a) Méthode N° 5.
- b) Méthode de récupération N° 4.
- c) Méthode directe.

43.3 *Moteurs de traction à courant monophasé*

- a) Méthode de récupération N° 3.
- b) Méthode directe.

43.4 *Moteurs de traction polyphasés*

- a) Méthode des pertes séparées.
- b) Méthode directe.

43.5 *Génératrices principales à courant continu*

- a) Méthode de récupération N° 2.
- b) Méthode des pertes séparées.

43.6 *Alternateurs principaux*

Méthode des pertes séparées.

43.7 *Moteurs et génératrices auxiliaires*

- 43.7.1 a) Méthode des pertes séparées.
- b) Méthode directe.

43.7.2 Dans le cas de groupes moteurs-générateurs ne produisant pas d'énergie mécanique externe et pour lesquels il n'est pas commode de relever séparément les pertes totales de chaque machine, il suffira de mesurer le rendement global du groupe complet à la puissance nominale de la génératrice.

43.7.3 Dans le cas de groupes moteurs-générateurs produisant une énergie mécanique externe, comme l'entraînement d'un ventilateur, on ne déterminera pas le rendement global. Le constructeur devra garantir la puissance absorbée par le groupe quand la génératrice débite sa puissance nominale, la puissance fournie au ventilateur étant réglée à une valeur bien définie.

- b) The values of the resistances of the several windings at the temperature of the measurements are taken to be the arithmetic means of the values measured immediately before and after the measurement of a series of points for efficiency.
- c) For reversible motors, the efficiency shall be taken as the arithmetic mean of the efficiencies determined for each direction of rotation.
- d) The readings of the measuring instruments are made after the load has remained constant for at least 10 s.
- e) For all machines, a value of 3 V is assumed for the sum of the contact voltage drops at the positive and negative brushes (e_b).

43.1 *D.C. traction motors*

- a) Regenerative method No. 1.
- b) Summation of losses.
- c) Direct measurement of input and output.

43.2 *Pulsating current traction motors*

- a) Method No. 5.
- b) Regenerative method No. 4.
- c) Direct measurement of input and output.

43.3 *Single-phase traction motors*

- a) Regenerative method No. 3.
- b) Direct measurement of input and output.

43.4 *Multi-phase a.c. traction motors*

- a) Summation of losses.
- b) Direct measurement of input and output.

43.5 *D.C. main generators*

- a) Regenerative method No. 2.
- b) Summation of losses.

43.6 *A.C. main generators*

Summation of losses.

43.7 *Auxiliary motors and generators*

43.7.1 a) Summation of losses.

- b) Direct measurement of input and output.

43.7.2 In the case of motor-generator sets not producing external mechanical energy and for which it is not practicable to measure separately the total losses of each machine, it is sufficient to measure the over-all efficiency of the complete set at the rated output of the generator.

43.7.3 In the case of motor-generator sets which produce external mechanical energy, such as driving a fan, the over-all efficiency is not measured. The manufacturer shall guarantee the power absorbed by the set when the generator supplies its rated output, the output furnished by the fan being adjusted to a definite value.

44. Tolérances

44.1 Moteurs de traction (à l'exclusion des moteurs polyphasés)

44.1.1 Tolérances relatives aux courbes caractéristiques « vitesse-intensité »

Les écarts entre les vitesses indiquées sur les courbes « caractéristiques de base » et celles données sur les caractéristiques spécifiées (voir paragraphes 42.1 et 42.2) ne doivent pas excéder les tolérances de calcul indiquées au tableau IV. Lors des essais de série des moteurs, les écarts de vitesse par rapport aux caractéristiques de base ne doivent pas excéder les tolérances de fabrication indiquées au tableau IV.

Ces tolérances sont applicables entre les limites de vitesse suivantes:

- pour les moteurs de traction alimentés par une génératrice principale, d'une limite supérieure correspondant au courant minimal à une limite inférieure correspondant à 90 % du courant maximal;
- pour les moteurs de traction autres que ceux alimentés par une génératrice principale, d'une limite supérieure égale à 80 % de la vitesse maximale à une limite inférieure correspondant à 90 % du courant maximal,

ces valeurs maximales et minimales étant celles indiquées sur les courbes caractéristiques appropriées.

Entre ces limites, les tolérances seront fixées par interpolation en fonction du courant.

TABLEAU IV

Tolérances sur la vitesse des moteurs de traction

Champ	Tolérance de calcul		Tolérance de fabrication	
	Limite supérieure de vitesse ± %	Limite inférieure de vitesse ± %	Limite supérieure de vitesse ± %	Limite inférieure de vitesse ± %
Champ maximal	5	3	3,5	3
Champ réduit supérieur ou égal à 50 % du plein champ	6	4	5	3
Champ réduit à moins de 50 % du plein champ	7	5	7	5

Note. — Les tolérances du tableau ci-dessus sont majorées de 1 % dans le cas de moteurs de puissance nominale inférieure ou égale à 75 kW.

44.1.2 Tolérance sur les pertes

Dans les conditions correspondant au régime garanti, les pertes mesurées ne doivent pas dépasser de plus de 15 % les pertes spécifiées.

44.1.3 Tolérance sur les échauffements

Voir le paragraphe 35.5.2 pour la tolérance applicable lors des essais de série.

44. Tolerances

44.1 Traction motors (excluding multi-phase a.c. motors)

44.1.1 Tolerances on "speed-current" characteristic curves

The speeds shown on the declared characteristic curves shall not differ from those shown on the specified characteristic curves (see Sub-clauses 42.1 and 42.2) by more than the design tolerances given in Table IV. For routine-tested motors, the speeds shall not differ from those shown on the declared characteristic curves by more than the manufacturing tolerances given in Table IV.

All these tolerances shall apply between the following speed limits:

- for traction motors fed by a main generator, the higher limit shall correspond to the minimum current and the lower limit to 90% of the maximum current;
- for traction motors other than those fed by a main generator, the higher limit is equal to 80% of the maximum service speed and the lower limit shall correspond to 90% of the maximum current,

all these maximum and minimum values being those shown on the relevant characteristic curves.

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

TABLE IV

Tolerances on speed of traction motors

Field strength	Design tolerance		Manufacturing tolerance	
	Higher speed limit ± %	Lower speed limit ± %	Higher speed limit ± %	Lower speed limit ± %
Maximum field	5	3	3.5	3
Weak field between 100% and 50% of full field	6	4	5	3
Weak field less than 50% of full field	7	5	7	5

Note. — 1% extra tolerance shall be added to the above figures in the case of motors having a rated output not exceeding 75 kW.

44.1.2 Tolerance on losses

Under conditions corresponding to the guaranteed rating, the measured losses shall not exceed the specified losses by more than 15%.

44.1.3 Tolerance on temperature rise

Refer to Sub-clause 35.5.2 for the tolerances applicable to routine tests.

44.2 *Génératrices principales*

44.2.1 *Tolérances sur la caractéristique tension/courant*

Ces tolérances ne s'appliquent qu'aux points à courant maximal et à tension maximale de la courbe de régulation à pleine puissance.

Ni le courant maximal, ni la tension maximale indiqués sur la courbe « de base » de régulation à pleine puissance ne doivent s'écarter de plus de 5 % (tolérance de calcul) de la valeur indiquée sur la caractéristique spécifiée.

Pour les essais de série, ni le courant maximal, ni la tension maximale de la courbe de régulation à pleine puissance ne doivent s'écarter de plus de 5 % (tolérance de fabrication) de la valeur correspondante de la caractéristique « de base ».

Dans le cas d'alternateurs puissants, essayés seulement à vide et en court-circuit, des tolérances convenables seront déterminées par accord entre exploitant et constructeur.

44.2.2 *Tolérances sur les pertes*

Aux deux points correspondant aux régimes continus pour lesquels le rendement est indiqué sur la caractéristique spécifiée de régulation à pleine puissance, les pertes mesurées ne doivent pas dépasser de plus de 15 % les pertes spécifiées.

44.2.3 *Tolérance sur les échauffements*

Voir le paragraphe 35.5.2 pour les tolérances applicables lors des essais de série.

44.3 *Moteurs et génératrices auxiliaires*

44.3.1 *Tolérances sur les courbes caractéristiques*

Pour des valeurs du courant comprises entre 0,8 et 1,2 fois le courant nominal, les courbes caractéristiques « de base » ne doivent pas différer de plus de $\pm 5\%$ des caractéristiques spécifiées.

Pour les machines soumises aux essais de série, les valeurs individuelles ne doivent pas différer de plus de $\pm 5\%$ des caractéristiques « de base ».

44.3.2 *Tolérances sur les pertes*

Pour les machines soumises aux essais de type suivant paragraphe 43.7, les tolérances suivantes sont applicables:

- Pour 43.7.1: Les pertes totales de la machine au courant nominal ne doivent pas dépasser de plus de 15 % les pertes spécifiées.
- Pour 43.7.2: Les pertes totales du groupe complet ne doivent pas dépasser de plus de 15 % les pertes spécifiées.
- Pour 43.7.3: La puissance absorbée en service ne doit pas dépasser de plus de 15 % la valeur garantie.

44.3.3 *Tolérance sur les échauffements*

Voir le paragraphe 35.5.2 pour la tolérance applicable lors des essais de série.

44.2 *Main generators*

44.2.1 *Tolerances on “voltage-current” characteristic curve*

These tolerances apply only to the maximum current and the maximum voltage points on the full power regulation curve.

Neither the maximum current nor the maximum voltage on the declared full power characteristic curve shall differ by more than the design tolerance of 5% from the corresponding value on the specified characteristic curve.

For routine tests, neither the maximum current nor the maximum voltage on the full power regulation curve shall differ by more than 5% from the corresponding value on the declared characteristic curve.

In cases where large alternators are tested only on short-circuit and open-circuit, suitable tolerances shall be agreed between user and manufacturer.

44.2.2 *Tolerances on losses*

For the two points corresponding to the continuous ratings on the specified full power regulation curve, where the efficiency is shown, the measured losses shall not exceed the specified losses by more than 15%.

44.2.3 *Tolerance on temperature rises*

Refer to Sub-clause 35.5.2 for the tolerances applicable to routine tests.

44.3 *Auxiliary motors and generators*

44.3.1 *Tolerances on characteristic curves*

Declared characteristic curves for current values between 0.8 and 1.2 times the rated current shall not differ by more than $\pm 5\%$ from the specified characteristics.

For routine-tested machines, the individual values shall not differ by more than $\pm 5\%$ from the declared characteristic values.

44.3.2 *Tolerances on losses*

For type tests in accordance with Sub-clause 43.7, the following tolerances apply:

- For 43.7.1: The total losses of the machines at rated current shall not exceed the specified losses by more than 15%.
- For 43.7.2: The total losses of the complete set shall not exceed the specified losses by more than 15%.
- For 43.7.3: The power absorbed in service shall not exceed the guaranteed value by more than 15%.

44.3.3 *Tolerances on temperature rises*

Refer to Sub-clause 35.5.2 for the tolerance applicable to routine tests.

SECTION ONZE — ESSAIS DE FONCTIONNEMENT DES GROUPES AUXILIAIRES COMPLETS

Note. — Il est possible que les essais sur groupes complets définis aux articles 45 et 46 couvrent certains essais sur machines individuelles. Dans ce cas, les essais sur groupes complets pourront être omis.
Ces essais ne seront pas non plus exécutés sur les groupes moteurs-générateurs dont les machines sont construites dans la même usine.

45. Essais de vérification de bon fonctionnement du groupe

45.1 Généralités

Les essais de vérification du bon fonctionnement des groupes montés doivent être effectués en plate-forme d'essai ou sur le véhicule moteur.

Ils comportent des essais de type et des essais de série.

Les moteurs et les machines auxquelles ils sont accouplés sont disposés pour la marche normale avec tous leurs organes en place. Notamment, les moteurs sont pourvus de leur appareillage, de leur équipement de démarrage, de leurs résistances et de leurs appareils de protection, s'il en existe, et toutes dispositions sont prises en ce qui concerne les machines accouplées (génératrices, compresseurs, ventilateurs, etc.) pour assurer leur débit normal dans les conditions spécifiées à la commande. Les génératrices pourront toutefois être mises en charge sur des résistances ou autres dispositifs permettant d'ajuster ou de faire varier leur débit.

45.2 Essais de type

Après dix essais de démarrage à 2 min d'intervalle à pleine charge (dont cinq sous la tension maximale et cinq sous la tension minimale des moteurs), on s'assurera qu'en faisant fonctionner les groupes soit à leur régime continu, soit à leur régime intermittent, les machines n'atteignent pas un échauffement supérieur à celui indiqué au tableau II, page 32.

La commutation des machines à collecteur devra rester satisfaisante au cours de la série d'essais de démarrage en charge effectués sous les tensions maximale et minimale des moteurs ainsi qu'au cours de l'essai de durée au régime continu ou intermittent qui leur succède.

A la suite de ces essais, les collecteurs des moteurs ne devront présenter aucune trace de brûlure.

45.3 Essais de série

Ces essais comportent trois essais de démarrage à 2 min d'intervalle à pleine charge sous la tension nominale.

S'il s'agit de moteurs à collecteur, le dernier démarrage sera suivi immédiatement d'une marche de 2 min au régime nominal. Les vérifications à faire, lors de ces essais, en ce qui concerne la commutation et la tenue des collecteurs sont celles qui sont énoncées pour les essais de type.

46. Essais de coupure et de variation brusque de la tension

46.1 Généralités

Ces essais sont des essais de type. Ils ne s'appliquent qu'aux groupes entraînés par des moteurs à collecteur à excitation série ou composée alimentés par la ligne de contact soit directement, soit par l'intermédiaire d'un transformateur ou d'un convertisseur statique.

Les groupes étant disposés pour la marche normale dans les conditions énoncées à l'article 45 et les moteurs étant alimentés sous la tension maximale avec l'excitation minimale, il est procédé, après stabilisation du régime ainsi établi, à l'exécution des essais *a)* et *b)* ci-après.

Les groupes doivent pouvoir supporter ces deux essais sans détérioration mécanique, ni flash, ni dommage permanent aux collecteurs des moteurs.

SECTION ELEVEN — RUNNING TESTS ON COMPLETE AUXILIARY SETS

Note. — Certain tests on complete sets specified in Clauses 45 and 46 may duplicate some tests previously carried out on the individual machines. If so, the corresponding tests on complete sets may be omitted.
These tests shall not be carried out on motor-generator sets, the machines for which are built in the same factory.

45. Tests to check that the set is in good running order

45.1 General

The tests to ensure that the assembled set is in running order shall be carried out either on the test bed or on the motive power vehicle.

These tests include type tests and routine tests.

The motors and the machines to which they are coupled shall be arranged for normal working with all component parts in position. In particular, motors shall be provided with their control gear, starting equipment, resistors and protective devices, if any, and all steps shall be taken concerning coupled machines (generators, compressors, blowers, etc.) to ensure that they give their normal output under the conditions specified in the order. Generators may, however, be loaded by resistors or other devices which make it possible to adjust or vary their output.

45.2 Type tests

After ten starting tests at 2 min intervals on full load (of which five shall be at the maximum voltage and five at the minimum voltage of the motors), it shall be confirmed that the machines do not attain a temperature rise higher than that shown in Table II, page 33, at either continuous or intermittent rating.

In the case of machines having a commutator, the commutation shall remain satisfactory during the series of starting tests under load at the maximum and minimum voltages of the motors, as well as in the extended test at continuous or intermittent rating which follows them.

Following these tests, motor commutators shall show no trace of burning.

45.3 Routine tests

These tests include three starting tests at 2 min intervals on full load at rated voltage.

In the case of machines having a commutator, the last start shall be immediately followed by a 2 min run under rated conditions. The requirements given under type tests for commutation and the condition of the commutators shall also apply to routine tests.

46. Interruption and voltage jump tests

46.1 General

These tests are type tests. They only apply to sets driven by motors having a commutator and with series or compound characteristics supplied by the line either directly or through a transformer or a static convertor.

The sets being arranged for normal operation in the conditions specified in Clause 45 and the motors being supplied at the maximum voltage with minimum field, the following two tests *a)* and *b)* are made after stable conditions are reached.

Sets shall withstand both these tests without mechanical deterioration or flashover, or permanent damage to the commutators of the motors.

Si le moteur fait partie d'un équipement qui comporte un dispositif automatique assurant, en cas de coupure ou de variation brusque de la tension d'alimentation, une protection complète contre les surintensités, les essais seront effectués en utilisant ce dispositif.

a) Premier essai — Essai de coupure et de rétablissement de l'alimentation du moteur

Au moyen d'un interrupteur à rupture brusque, on coupe l'alimentation du moteur et on la rétablit au bout d'un temps d'environ 1 s.

L'essai doit être effectué cinq fois de suite en laissant le régime de fonctionnement se stabiliser entre deux essais successifs.

b) Second essai — Essai de variation brusque de la tension d'alimentation du moteur

Cet essai est effectué au moyen d'une résistance appropriée, montée en série avec le moteur et pourvue d'un interrupteur de mise en court-circuit.

A la cadence d'une manœuvre toutes les 5 s, on procède à une série de dix ouvertures et de dix fermetures de l'interrupteur, de façon que la tension aux bornes du moteur varie entre les valeurs maximale et minimale indiquées à l'article 14. Aucune autre manœuvre ne doit être effectuée, au cours de l'essai, sur les appareils de réglage des moteurs ou des machines entraînées.

46.2 Cas particulier des moteurs compound

Comme ces moteurs peuvent fonctionner en génératrice en cas de court-circuit sur la ligne, il est recommandé de leur faire subir l'essai complémentaire suivant.

Le groupe est alimenté à la tension maximale et les machines entraînées fonctionnent à vide ou sous la charge la plus faible possible. Après stabilisation du régime, on ouvre brusquement le circuit d'alimentation et le moteur est mis aussitôt en court-circuit, sa protection restant toutefois assurée par l'appareillage (relais et appareils de coupure, résistances permanentes et résistances de démarrage) dont il est normalement pourvu.

L'essai doit être répété deux fois à 5 min d'intervalle. Les résultats obtenus doivent être les mêmes que ci-dessus.

SECTION DOUZE — ESSAIS DIVERS SUR LES GROUPES AUXILIAIRES COMPLETS

47. Essais d'endurance

Si l'exploitant l'exige, un essai d'endurance facultatif pourra être exécuté dans les usines du constructeur, sur certaines catégories de groupes tels que les groupes moteur-compresseur qui sont soumis en service à des régimes de travail particulièrement sévères.

Les modalités et le lieu d'exécution de tels essais seront définis, dans chaque cas particulier, par accord entre l'exploitant et le constructeur.