

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 102

Première édition — First edition

1958

**Règles applicables aux transmissions électriques
des véhicules à moteurs Diesel
(moteurs et génératrices principales à courant continu)**

**Rules for the electric transmission of vehicles with Diesel engines
(main d.c. motors and generators)**



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 60702:1958

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 102

Première édition — First edition

1958

**Règles applicables aux transmissions électriques
des véhicules à moteurs Diesel
(moteurs et génératrices principales à courant continu)**

**Rules for the electric transmission of vehicles with Diesel engines
(main d.c. motors and generators)**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE I. — GÉNÉRALITÉS	
Section I. — Champ d'application des règles	6
Section II. — Définitions	6
CHAPITRE II. — ESSAIS INDIVIDUELS DES MACHINES	
Section III. — Essais d'échauffement	14
Section IV. — Essais de survitesse	22
Section V. — Essais de démarrage	22
Section VI. — Essais de commutation	22
Section VII. — Essais de rigidité diélectrique	26
Section VIII. — Relevé des caractéristiques	26

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60102:1958

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
PART I. — GENERAL	
Section I. — Scope of Rules	7
Section II. — Definitions	7
PART II. — INDIVIDUAL TESTS ON MACHINES	
Section III. — Temperature-rise tests	15
Section IV. — Overspeed tests	23
Section V. — Starting tests	23
Section VI. — Commutation tests	23
Section VII. — High voltage tests	27
Section VIII. — Characteristic curve tests	27

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60102:1958

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÈGLES APPLICABLES AUX TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES
DES VÉHICULES A MOTEURS DIESEL
(MOTEURS ET GÉNÉRATRICES PRINCIPALES A COURANT CONTINU)**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les 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

La présente publication est l'aboutissement du projet présenté par l'Union Internationale des Chemins de fer lors de la réunion du Comité Mixte International du Matériel de Traction Electrique à Torquay le 24 juin 1938.

Un certain nombre de modifications à ce projet furent examinées par le Comité Mixte au cours de ses réunions de:

Stockholm	14 octobre 1948
Tremezzo	7 juin 1950
Philadelphie	6 septembre 1954
Munich	5 juillet 1956

A la suite de la réunion de Munich, le projet de la première édition du Fascicule N° 102 fut soumis pour approbation aux Comités nationaux de la C.E.I.

Ce projet ayant reçu l'accord explicite des Comités nationaux de la C.E.I. des pays suivants:

Allemagne	Pays-Bas
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Norvège	

et de l'Union Internationale des Chemins de fer, le Comité Mixte, au cours de sa réunion de Moscou le 11 juillet 1957, demanda au Comité d'Action d'autoriser la publication de ce document en tant que première édition du Fascicule N° 102.

Cette autorisation fut accordée par le Comité d'Action au cours de sa réunion du 12 juillet 1957 à Moscou.

Le présent fascicule constitue la première édition officielle des Règles applicables aux transmissions électriques des véhicules à moteurs Diesel (Moteurs et génératrices principales à courant continu).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RULES FOR THE ELECTRIC TRANSMISSION
OF VEHICLES WITH DIESEL ENGINES
(MAIN D.C. MOTORS AND GENERATORS)**

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.
- (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

This publication is based on a draft presented by the International Union of Railways during the meeting of the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment at Torquay on 24th June 1938.

A number of amendments to the draft were discussed by the Mixed Committee during its meetings in:

Stockholm	14th October 1948
Tremezzo	7th June 1950
Philadelphia	6th September 1954
Munich	5th July 1956

Following the meeting in Munich, the draft of the first edition of Publication No. 102 was submitted to the National Committees of the I.E.C. for approval.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Norway
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Netherlands	

The International Union of Railways also having approved the draft, the Mixed Committee during its meeting in Moscow on 11th July 1957 requested the Committee of Action to authorize the publication of the draft as the first edition of Publication No. 102.

This authorization was given by the Committee of Action during its meeting of 12th July 1957 in Moscow.

This Publication constitutes the first official edition of the Rules for the electric transmission of vehicles with Diesel engines (main d.c. motors and generators).

RÈGLES APPLICABLES AUX TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES DES VÉHICULES A MOTEURS DIESEL (MOTEURS ET GÉNÉRATRICES PRINCIPALES A COURANT CONTINU)

Chapitre I. — GÉNÉRALITÉS

SECTION I. — CHAMP D'APPLICATION DES RÈGLES

1. Objet

Les règles internationales contenues dans ce fascicule s'appliquent d'une part aux moteurs de traction à courant continu et, d'autre part, aux génératrices principales à courant continu utilisés sur les véhicules à moteur Diesel et à transmission purement électrique.

Elles ne s'appliquent pas aux génératrices auxiliaires ou aux excitatrices.

2. Conditions de service

Les règles internationales s'appliquent aux moteurs et aux génératrices utilisés dans les conditions suivantes:

- a) *Altitude* : En l'absence de toute précision sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle le moteur ou la génératrice est appelé à travailler en marche normale, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 mètres. Dans le cas où cette altitude devrait être dépassée, des stipulations non encore arrêtées devraient être adoptées.
- b) *Température* : Dans le cas où la température à l'ombre dépasserait 40°C, des dispositions spéciales pourraient être adoptées, d'accord entre le constructeur et l'exploitant.

SECTION II. — DÉFINITIONS

3. Puissances caractéristiques des moteurs Diesel et de leurs transmissions électriques

- a) *Puissance utile et puissance nominale d'un moteur Diesel*. La puissance utile et la puissance nominale sont celles qui sont définies dans la fiche U.I.C. N° 623.
- b) *Puissance maximum d'utilisation en service*. La puissance maximum d'utilisation en service d'un moteur Diesel est la puissance spécifiée à laquelle il est convenu, entre constructeur et exploitant, de régler le moteur Diesel en service en tenant compte des conditions atmosphériques des régions où le véhicule équipé du moteur considéré sera appelé à circuler.
- c) *Puissance de surcharge*. Les moteurs Diesel sont généralement soumis à une surcharge de 10% pendant une heure, d'abord par une augmentation du couple, ensuite par une augmentation de la vitesse. Mais il ne s'agit là que d'un essai de type à des régimes non utilisables même temporairement en service. En conséquence, la notion de surcharge des moteurs n'a aucune incidence sur le dimensionnement et sur les essais des génératrices qu'ils entraînent.

RULES FOR THE ELECTRIC TRANSMISSION OF VEHICLES WITH DIESEL ENGINES (MAIN D.C. MOTORS AND GENERATORS)

Part I. — GENERAL

SECTION I. — SCOPE

1. Application

The international rules presented in this Publication shall apply both to d.c. traction motors and to main d.c. generators used on vehicles with diesel engines and electrical transmission.

They do not apply to auxiliary generators or to exciters.

2. Operating conditions

These international rules apply to motors and generators used under the following conditions:

- (a) *Altitude.* In the absence of any definite information of the height above sea level at which the motors or generators are normally intended to operate it is to be understood that this height is not to exceed 1 200 metres. Where this altitude is to be exceeded certain requirements, not at present specified, shall be complied with.
- (b) *Temperature.* Should the shade air temperature exceed 40°C special arrangements may be adopted in agreement between manufacturer and user.

SECTION II. — DEFINITIONS

3. Output characteristics of diesel engines and their electrical transmissions

- (a) *Useful output and rated output of a diesel engine.* The useful output and rated output shall be those defined in I.U.R. leaflet No. 623.
- (b) *Maximum service output.* The maximum service output of a diesel engine is the specified output at which the manufacturer and purchaser agree that the diesel engine shall be adjusted, taking into consideration the atmospheric conditions of the regions where the vehicle fitted with the engine will operate.
- (c) *Overload output.* Diesel engines are normally subjected to an overload of 10% for one hour, first by an increase in torque, then by an increase in speed. This is solely a type test over ranges which cannot even temporarily be used in service. Consequently, the concept of overload for diesel engines has no effect on the design and testing of the generators driven by them.

d) *Puissance d'entraînement d'une génératrice principale.* Elle est généralement égale à la puissance maximum d'utilisation en service du moteur Diesel diminuée de la somme des puissances qu'il fournit pour entraîner, directement ou indirectement, ses organes de refroidissement (s'il s'agit de refroidissement à l'eau) et les divers auxiliaires du véhicule (compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires, excitatrices, etc.) supposés fonctionner à la puissance minimum compatible avec la puissance maximum du véhicule.

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

Cette puissance électrique 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 est appelée *courbe de régulation* de la génératrice à pleine puissance.

4. Régimes internationaux

Les régimes internationaux constituent des régimes permettant d'établir une comparaison exacte entre les moteurs et entre les génératrices.

5. Catégories de régimes

Pour les génératrices principales il existe, en général, deux catégories de régimes définis aux articles 6 et 7 ci-après:

- le régime continu (comportant deux sous-catégories: « à tension inférieure » et « à tension supérieure »);
- le régime unihoraire.

A ces deux régimes la génératrice absorbe la même puissance, à savoir la puissance d'entraînement définie à l'article 3, (paragraphe d).

Pour les moteurs de traction, il existe deux catégories de régimes définis aux articles 8 et 9 ci-après:

- le régime continu correspondant au point de vue du courant et de la tension au régime continu à tension inférieure de la génératrice;
- le régime unihoraire.

Les régimes continus à tension inférieure de la génératrice et des moteurs de traction sont les régimes nominaux garantis des machines électriques de la transmission.

Au régime continu la puissance électrique absorbée par les moteurs, éventuellement majorée des charges électriques supplémentaires branchées aux bornes de la génératrice, correspond, au rendement près, à la puissance d'entraînement de la génératrice principale.

Les régimes unihoraires déterminés aux essais de type sont utilisés pour la vérification des machines aux essais de série. Ces deux catégories d'essais sont définies à l'article 12.

6. Régimes continus de la génératrice

On devra distinguer deux régimes continus de la génératrice: l'un déterminé par l'échauffement de tous les enroulements parcourus par le courant principal (la plus grande intensité du courant principal et la plus faible tension), l'autre par l'échauffement des inducteurs (la plus faible intensité du courant principal et la plus forte tension). Dans ce qui suit ces deux régimes continus sont désignés respectivement par « à tension inférieure » et « à tension supérieure ».

(d) *Shaft input to main generator.* This is generally equal to the maximum service output of the diesel engine decreased by the sum of the outputs which it provides to drive directly or indirectly the cooling equipment (if it is water-cooled) 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 input to the main generator, which is transformed into electrical power available at the terminals of the machine for the supply of the traction motors and any other loads, is used to derive the ratings of the main generator.

This electrical power 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.

4. International ratings

The international ratings are ratings which enable an exact comparison to be made between one motor and another, and between one generator and another.

5. Classes of ratings

For main generators there are in general two classes of ratings defined in Clauses 6 and 7 below:

- the continuous rating (comprising two sub-classes: “at lower voltage” and “at higher voltage”);
- the one-hour rating.

At both of these ratings the input to the generator is the same, i.e. that defined in Clause 3 d) above.

For traction motors there are two ratings as defined in Clauses 8 and 9 below:

- the continuous rating which corresponds from the current and voltage aspect to the continuous rating of the generator at lower voltage;
- the one-hour rating.

The continuous ratings of generator and traction motors at the lower voltage are the guaranteed ratings of the main traction machines.

At the continuous rating the electrical input absorbed by the motors increased as may be necessary by any additional electrical load connected to the generator terminals, with due allowance for efficiency, corresponds to the shaft input to the main generator.

The one-hour ratings established at the type tests are used for the purposes of the routine tests. These two classes of tests are defined in Clause 12.

6. Generator continuous ratings

Two continuous ratings of the generator shall be considered, the first fixed 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 qualified by the terms “at lower voltage” and “at higher voltage”.

- a) *Régime continu à tension inférieure.* Le régime continu à tension inférieure est celui correspondant à l'intensité d'induit la plus grande que la génératrice peut supporter au banc d'essai pendant un temps illimité sans que les limites d'échauffement stipulées au tableau I de la section III soient dépassées.
- b) *Régime continu à tension supérieure.* Le régime continu à tension supérieure est celui correspondant à la tension la plus grande que la génératrice peut supporter au banc d'essai pendant un temps illimité sans que les limites d'échauffement stipulées au tableau I de la section III soient dépassées.

La puissance d'entraînement étant supposée constante, tous les points intermédiaires de fonctionnement de la génératrice sont des points de fonctionnement de durée illimitée.

7. Régime unihoraire de la génératrice

Le régime unihoraire de la génératrice est celui correspondant à l'intensité d'induit la plus grande que la génératrice peut supporter au banc d'essai pendant une heure (l'essai étant commencé lorsque la génératrice est froide) sans que les limites d'échauffement stipulées au tableau I de la section III soient dépassées.

8. Régime continu du moteur de traction

Le régime continu s'entend à plein champ et pour le couplage des moteurs de traction donnant l'intensité maximum que ces derniers peuvent supporter au banc d'essai pendant un temps illimité sans que les limites d'échauffement stipulées au tableau I de la section III soient dépassées.

Le régime continu des moteurs de traction correspond au moins au régime continu à tension inférieure de la génératrice.

9. Régime unihoraire du moteur de traction

Le régime unihoraire du moteur de traction correspond à l'intensité la plus grande que le moteur peut supporter à plein champ au banc d'essai pendant une heure tout en absorbant la puissance nominale de la génératrice disponible pour la traction, compte tenu du couplage des moteurs (l'essai étant commencé lorsque le moteur est froid et poursuivi dans les conditions précisées à la section III) sans que les limites d'échauffement stipulées au tableau I de la section III soient dépassées.

10. Vitesse maximum du moteur

La vitesse maximum du moteur est celle qui correspond à la vitesse maximum du véhicule en service normal.

11. Vitesse maximum de la génératrice

La vitesse maximum de la génératrice est celle qui correspond à la vitesse de rotation la plus élevée du moteur Diesel en service normal.

12. Catégories d'essais

Il existe deux catégories d'essais:

- les essais de type;
- les essais de série.

- (a) *Continuous rating at lower voltage.* The continuous rating at lower voltage is that corresponding to the highest armature current that the generator can withstand continuously on the test bed without exceeding the temperature-rise limits specified in Table I, Section III.
- (b) *Continuous rating at higher voltage.* The continuous rating at higher voltage is that corresponding to the highest voltage the generator can withstand continuously on the test bed without exceeding the temperature-rise limits specified in Table I, Section III.

Assuming that the input is constant, all intermediate points on the generator characteristic represent continuous rating values.

7. Generator one-hour rating

The one-hour rating of the generator is that corresponding to the highest armature current that the generator can withstand on the test bed for a period of one hour (starting with the machine cold) without exceeding the temperature-rise limits specified in Table I, Section III.

8. Traction motor continuous rating

The continuous rating is to be determined with full field and for the motor grouping which gives the highest current that these can withstand on the test bed continuously without exceeding the temperature-rise limits specified in Table I, Section III.

The minimum continuous rating of the traction motors is that corresponding to the generator continuous rating at the lower voltage.

9. Traction motor one-hour rating

The one-hour rating of a traction motor is that corresponding to the highest current that the motor can withstand on the test bed, with full field, for a period of one hour while absorbing the rated output of the generator available for traction with due regard to motor grouping (the test being started with the motor cold and performed in accordance with conditions specified in Section III) without exceeding the temperature-rise limits specified in Table I, Section III.

10. Maximum motor speed

The maximum speed of a motor is that corresponding to the maximum speed of the vehicle under normal service conditions.

11. Maximum generator speed

The maximum speed of the generator is that corresponding to the maximum diesel engine speed under normal service conditions.

12. Classes of tests

There are two classes of tests:

- type tests;
- routine tests.

a) *Essais de type.* Ce sont ceux qui sont effectués sur les prototypes ou sur quelques unités d'une fabrication nouvelle. Ils comprennent tous les essais sans exception, définis dans les présentes règles et peuvent comporter en plus, après accord entre le constructeur et l'exploitant, des essais spéciaux dits *essais d'investigation* qui ont pour but de donner des renseignements sur les modalités d'utilisation du véhicule et, en particulier, de déterminer les surcharges en intensité admissibles temporairement, compte tenu de leur nombre et de leurs intervalles.

b) *Essais de série.* Ce sont ceux qui sont effectués, en principe, sur toutes les machines d'une même fourniture. Ils ne comprennent qu'une partie des essais définis dans les présentes règles.

La discrimination entre ces catégories d'essais est faite dans le courant du texte.

13. Plaques signalétiques

Au moment de leur livraison, les génératrices et les moteurs doivent porter une plaque signalétique sur laquelle sont indiquées, de manière indélébile, leurs données caractéristiques.

Par exemple, pour une génératrice:

Génératrice N°		Tr/min	Volts	Ampères
Régime continu	tension supérieure			
	tension inférieure			
Régime unihoraie				
Valeurs maxima				

Une plaque spéciale portant une flèche doit indiquer le sens normal de rotation de la génératrice.

Par exemple, pour un moteur:

Moteur N°	Tr/min	Volts	Ampères	kW (sur l'arbre)
Régime continu				
Régime unihoraie				
Valeurs maxima				

(a) *Type tests.* These are tests carried out on a prototype machine or on a selected number of machines from a new manufacturing series. They include all tests without exception specified in the present rules; they may further include special tests (*exploratory tests*) on agreement between manufacturer and user for the purpose of investigating the operational scope of the vehicle and, in particular, to determine the permissible instantaneous overload capacity as a function of the number and frequency of the overloads.

(b) *Routine tests.* These are in principle carried out on all machines of an order. They comprise only a portion of the tests specified in the present rules.

Distinction between these classes of tests is made as necessary in the text.

13. Nameplates

On delivery, generators and motors shall bear a nameplate on which their characteristics are indelibly inscribed.

Example of a generator nameplate:

Generator No.		Rev/min	Volts	Amperes
Continuous rating	Higher voltage			
	Lower voltage			
One-hour rating				
Maximum values				

A special plate shall be provided bearing an arrow showing the normal direction of rotation of the generator.

Example of a motor nameplate:

Motor No.	Rev/min	Volts	Amperes	kW (shaft output)
Continuous rating				
One-hour rating				
Maximum values				

Chapitre II. — ESSAIS INDIVIDUELS DES MACHINES

SECTION III. — ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENTS

14. Classification des isolants

Les différentes classes d'isolants actuellement employées dans la construction des machines faisant l'objet des présentes règles sont énumérées dans la première colonne du tableau I de l'article 17 ci-après. Elles sont entièrement définies, notamment en ce qui concerne leur composition, dans la publication N° 85 de la C.E.I.: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service.

15. Essais d'échauffement des moteurs de traction

a) *Essais.* Les essais d'échauffement doivent être effectués au banc dans les conditions prévues par les règles.

Les moteurs types sont essayés au régime continu (article 8) et au régime unihoraire (article 9).

Les moteurs de série ne sont, en principe, essayés qu'au régime unihoraire aux valeurs de tension et de courant déterminées au cours de l'essai au régime unihoraire des moteurs types.

b) *Limites d'échauffement.* Le tableau I ci-après donne les limites d'échauffement admissibles par rapport à la température de l'air de refroidissement pour les divers organes des moteurs isolés avec des matières des différentes classes actuellement utilisées.

16. Essais d'échauffement des génératrices

a) *Essais.* Les essais d'échauffement doivent être effectués au banc dans les conditions prévues par les règles.

Les génératrices types sont essayées aux deux régimes continus (article 6) et au régime unihoraire (article 7).

Les génératrices de série ne sont soumises, en principe, qu'à un essai unihoraire aux valeurs de tension et de courant déterminées au cours de l'essai au régime unihoraire des machines types. Etant donné que cet essai a uniquement pour but de contrôler la tenue mécanique et électrique des machines sous charge soutenue et de les mettre en température en vue des essais à effectuer à chaud, il sera simplement vérifié au cours de son exécution que le comportement des génératrices de série est comparable à celui des génératrices types et que les échauffements observables pendant la durée de l'essai sont sensiblement de l'ordre de grandeur de ceux qui ont été observés au cours de l'essai au régime unihoraire de ces dernières machines.

b) *Limites d'échauffement.* Le tableau I ci-après donne les limites d'échauffement admissibles par rapport à la température de l'air de refroidissement pour les divers organes des génératrices isolées avec les matières des différentes classes actuellement utilisées.

Part II. — INDIVIDUAL TESTS ON MACHINES

SECTION III. — TEMPERATURE-RISE TESTS

14. Classification of insulating materials

The different classes of insulating materials at present employed in the construction of the machines covered by the present rules are set out in the first column of Table I, Clause 17 below. A complete definition, especially as regards their composition, appears in I.E.C. Publication No. 85: Recommendations for the classification of materials for the insulation of electrical machinery and apparatus in relation to their thermal stability in service.

15. Temperature-rise tests for traction motors

- (a) *Tests.* The temperature-rise tests shall be carried out on the test bed under the conditions specified in these rules.

Type-tested motors are tested at their continuous rating (Clause 8) and at the one-hour rating (Clause 9).

Routine-tested motors are, in principle, tested only at the one-hour rating, corresponding to the values of voltage and current established during the course of the type tests.

- (b) *Limits of temperature-rise.* Table I below gives the limits of temperature-rise above the temperature of the cooling air for the different parts of motors insulated with materials of the various classes at present used.

16. Temperature-rise tests for generators

- (a) *Tests.* The temperature-rise tests shall be carried out on the test bed under the conditions specified in the rules.

Type-tested generators shall be tested at two continuous ratings (Clause 6) and at the one-hour rating (Clause 7).

Routine-tested generators shall, in principle, be subjected only to a one-hour rating test at the value of voltage and current corresponding to the one-hour rating determined during the type tests. As the main purpose of this test is to check the mechanical and electrical performance under sustained load and to heat the machine in readiness for the tests to be carried out with the machine hot, it will be sufficient to check that the performance of the routine-tested generators is comparable with that of the type-tested generators, and that the temperature-rises recorded during the test are of the same general order as those observed during the one-hour rating test on the type-tested machines.

- (b) *Limits of temperature-rise.* Table I below gives the permissible limits of temperature-rise above the temperature of the cooling air for the different parts of generators insulated with materials of the various classes at present used.

17. Limites d'échauffement des moteurs de traction et des génératrices

TABLEAU I
(Température conventionnelle admise pour l'air de refroidissement: 25°C)

Isolants	Régimes	Organes	Méthode de mesure des températures	Echauffements
Classe A	Continu	Enroulements d'armature et de champ	Résistance	85°C
		Collecteur	Thermomètre	85°C
	Unihoraire	Enroulements d'armature et de champ	Résistance	100°C
		Collecteur	Thermomètre	90°C
Classe E	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature	Résistance	105°C*
		Enroulements de champ	Résistance	115°C*
		Collecteur	Thermomètre	90°C
Classe B	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature	Résistance	120°C
		Enroulements de champ	Résistance	130°C
		Collecteur	Thermomètre	90°C
Classe F	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature	Résistance	140°C*
		Enroulements de champ	Résistance	155°C*
		Collecteur	Thermomètre	90°C
Classe H	Continu et unihoraire	Enroulements d'armature	Résistance	160°C*
		Enroulements de champ	Résistance	180°C*
		Collecteur	Thermomètre	90°C

* Ces valeurs d'échauffement sont données à titre d'indication et n'ont qu'un caractère provisoire.

Nota : 1) Lorsque la température de l'air de refroidissement durant l'essai t_a diffère de 25°C, l'intensité nominale correspondant à 25°C doit être déduite de l'intensité I_a obtenue lors de l'essai en utilisant la formule de correction suivante:

$$I_{25} = I_a \left(1 + \frac{t_a - 25}{800} \right)$$

2) Dans le cas où la génératrice, et éventuellement les moteurs de traction, se trouvent soumis directement ou indirectement à la chaleur dégagée par le moteur Diesel, on pourra adopter, après accord entre le constructeur et l'exploitant, des limites d'échauffement plus faibles que celles indiquées ci-dessus.

18. Essai facultatif d'échauffement des génératrices sous tension majorée

Cet essai n'est à effectuer que sur les génératrices qui, en raison des dispositions particulières de l'équipement, sont susceptibles de fournir à la vitesse nominale du moteur Diesel et pendant un temps limité, une tension plus élevée que la tension correspondant au régime continu à tension supérieure.

Il est à considérer comme un essai de type.

17. Limits of temperature-rise for traction motors and generators

TABLE I
(Temperature of cooling air conventionally assumed as 25°C)

Insulation	Rating	Components	Method of measurement of temperature	Temperature-rise
Class A	Continuous	Armature winding and field winding	Resistance	85°C
		Commutator and sliprings	Thermometer	85°C
	One-hour	Armature and field windings	Resistance	100°C
		Commutator and sliprings	Thermometer	90°C
Class E	Continuous and one-hour	Armature windings	Resistance	105°C*
		Field windings	Resistance	115°C*
		Commutator and sliprings	Thermometer	90°C
		Armature windings	Resistance	120°C
		Field windings	Resistance	130°C
Class B	Continuous and one-hour	Commutator and sliprings	Thermometer	90°C
		Armature windings	Resistance	140°C*
		Field windings	Resistance	155°C*
		Commutator and sliprings	Thermometer	90°C*
		Armature windings	Resistance	160°C*
Class F	Continuous and one-hour	Field windings	Resistance	180°C*
		Commutator and sliprings	Thermometer	90°C
		Armature windings	Resistance	160°C*
Class H	Continuous and one-hour	Field windings	Resistance	180°C*
		Commutator and sliprings	Thermometer	90°C
		Armature windings	Resistance	160°C*

* These temperature-rises are given for information and should be regarded as provisional only.

Notes : (1) When the temperature t_a of the cooling air during test differs from 25°C the rated current corresponding to 25°C shall be derived from the current I_a obtained during the test by using the following correction formula:

$$I_{25} = I_a \left(1 + \frac{t_a - 25}{800} \right)$$

(2) Where the generators (or traction motors as the case may be) are directly or indirectly exposed to the heat from the diesel engine the adoption of temperature-rise limits lower than those specified above may be agreed between manufacturer and user.

18. Optional temperature-rise test on generators at increased voltage

This test is carried out only on generators which, on account of special arrangements of their equipment, are capable of developing at the rated speed of the diesel engine and for a limited time a voltage higher than the voltage corresponding to the continuous rating at higher voltage.

This is to be regarded as a type test.

La génératrice étant entraînée à la vitesse nominale du moteur Diesel, l'excitation est réglée à la valeur maximum qu'il est possible d'atteindre sur le véhicule en service normal. Le courant d'armature est réglé à la valeur correspondant, sous la tension maximum ainsi obtenue, à la puissance d'entraînement de la génératrice au régime continu.

L'essai commencé à froid sera poursuivi jusqu'à ce que l'échauffement des enroulements de champ en dérivation atteigne la valeur limite indiquée au tableau I pour le régime unihoraire ou que l'équilibre thermique soit atteint.

On relève périodiquement, par variation de résistance, les températures de ces enroulements, et la courbe des échauffements obtenus, tracée en fonction du temps, permet de déterminer leur capacité thermique apparente pour ce régime particulier.

19. Ventilation durant les essais d'échauffement

Les essais d'échauffement doivent être effectués avec le moteur ou la génératrice disposée comme en service, avec tous ses organes en place, mais sans la ventilation correspondant à celle produite par le mouvement du véhicule.

Dans le cas de refroidissement par ventilation forcée, la pression statique et le débit de l'air sont mesurés à l'entrée dans le moteur ou la génératrice. Toutefois, afin de n'effectuer que des mesures de pression statique sur les machines de série, un tableau de correspondance entre les pressions et les débits sera établi au cours des essais des machines types.

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

La température de l'air de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres disposés en différents points autour de la machine, à une distance de 1 à 2 mètres, et protégés contre tout rayonnement ainsi que contre les courants d'air.

Dans le cas de refroidissement par ventilation forcée, la température de l'air arrivant à la machine, mesurée à son entrée, est considérée comme température de l'air de refroidissement durant l'essai.

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 machines de grandes dimensions, toutes précautions raisonnables doivent être prises pour réduire ces variations ainsi que les erreurs en résultant.

Nota : Il est souvent commode d'entreprendre l'essai de puissance continue lorsque la machine est déjà chaude par suite des essais qui le précèdent. 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 une heure avant la fin de l'essai.

21. Méthodes de mesure des températures des organes

Deux méthodes de mesure des températures des organes sont adoptées⁽¹⁾ :

- a) méthode par thermomètre pour les collecteurs;
- b) méthode par variation de résistance pour les enroulements.

22. Méthode par thermomètre

Dans cette méthode, la température est déterminée au moyen de thermomètres appliqués immédiatement après l'arrêt sur les parties accessibles du collecteur aux endroits présumés les plus chauds.

(1) Malgré sa valeur scientifique dûment reconnue, la méthode de mesure par thermocouples (détecteurs) n'est pas prise, pour le moment, en considération.

With the generator driven at the rated speed of the diesel engine the excitation is adjusted to the maximum value obtainable on the vehicle in normal service. At this maximum voltage so obtained the armature current is adjusted to the value corresponding to the shaft input to the generator at continuous rating.

The test is to be started with the machine cold and continued until the temperature-rise of the shunt field windings reaches the limiting value for the one-hour rating given in Table I or until a steady state is reached. The periodical readings of the temperatures of these windings are taken by the resistance method, and the curve of temperature-rises plotted as a function of time enables the apparent heat capacity of the windings for this particular rating to be determined.

19. Ventilation during temperature-rise tests

The temperature-rise tests shall be carried out with the motor and generator arranged as in service, with all parts in position, but without the cooling effect caused by movement of the vehicle.

In the case of forced ventilation, the static pressure and air volume shall be measured at the inlet to the motor or generator. However, in order to avoid making any other than static measurements on routine test, a table of corresponding values of pressure and volume shall be compiled in the course of the tests on type machines.

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

The cooling-air temperature shall be measured by means of thermometers spaced at various points around the machine at a distance of 1 to 2 metres, and screened against any heat radiation and draughts.

In the case of forced ventilation, the temperature of the incoming air at the inlet to the machine is taken as the temperature of the cooling air during the test.

The figure taken for the temperature of the cooling air during the test shall be the average of the readings taken with the thermometers placed as described above, at equal time intervals during the last quarter of the test period.

In order to avoid any errors resulting from the time lag between the variations in cooling air temperature and the effect on the temperature of large motors and generators, all reasonable precautions shall be taken to reduce these variations, as well as the resulting errors.

Note: It is frequently convenient to commence the continuous rating heat run while the machine is warm following previous tests. In that case the cooling-air temperature is obtained by taking the average of the air temperatures taken over a period of at least one hour prior to shut down.

21. Method of measuring temperatures of machine parts

Two methods of determining the temperature of machine parts have been adopted⁽¹⁾:

- (a) thermometer methods for commutators;
- (b) resistance method for windings.

22. Thermometer method

In this method the temperature is determined by means of thermometers placed in position, immediately the machine stops, on those accessible parts of the commutator which are assumed to be the hottest.

(1) Although the scientific value of the thermo-couple method is recognized, this method is for the time being not included.

23. Méthode par variation de résistance

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

24. Détermination de l'échauffement par variation de résistance

L'échauffement à la fin de l'essai est déterminé par la formule suivante:

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

dans laquelle:

t_a = la température en degrés centésimaux de l'air de refroidissement durant l'essai;

t_2 = la température en degrés centésimaux de l'enroulement en fin d'essai;

t_1 = la température en degrés centésimaux 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.

25. Résistance initiale

Avant de procéder aux essais d'échauffement d'une machine, il est nécessaire de s'assurer, au moyen de mesures par thermomètres que les enroulements de cette machine sont à 4°C près, en équilibre de température avec le milieu ambiant. Dans le cas où la température de l'air ambiant de la plateforme dépasserait 40°C, des dispositions spéciales pourront être adoptées après accord entre le constructeur et l'exploitant.

26. Manière d'opérer pour la mesure des températures, la mesure des résistances après l'arrêt de la machine à des intervalles de temps déterminés, la détermination des courbes de refroidissement et la détermination sur ces courbes convenablement prolongées des points correspondant à l'arrêt de la machine

Toutes les mesures d'échauffement des enroulements doivent être effectuées par la méthode de variation de résistance et la courbe de refroidissement obtenue doit être extrapolée dans le but de fixer l'échauffement à l'origine de la période de refroidissement. La courbe de refroidissement ne pouvant être assimilée à une exponentielle simple que durant une courte période, il y a lieu:

- i) de s'attacher à ce que la première mesure soit faite au plus tard 30 secondes après l'origine en ce qui concerne les moteurs de traction et, en ce qui concerne les génératrices, au bout d'un temps aussi petit que possible et en tout cas inférieur à 1 minute;
- ii) d'effectuer des mesures successives à intervalles n'excédant pas 15 secondes durant les 2 premières minutes et 20 secondes pendant les 3 minutes suivantes.

On détermine graphiquement par un tracé à grande échelle l'échauffement à l'origine en extrapolant par une ligne droite la courbe de refroidissement tracée en utilisant une échelle logarithmique pour l'échauffement et une échelle linéaire pour le temps. Les points d'abscisses supérieures à 90 secondes ne doivent pas intervenir dans le tracé de la courbe dont on n'utilise, pour l'extrapolation, que la portion correspondant aux points d'abscisses inférieures à 90 secondes.

Remarques : En mesurant la température de l'induit d'une machine par la méthode de variation de résistance, l'expérience a démontré que l'on peut obtenir des résultats dignes de confiance en prenant soin que les mesures avant et après l'essai d'échauffement soient relevées entre la même paire de lames du collecteur et directement sur le collecteur.

Le courant doit être ajusté à la même valeur pour chacune des deux séries de mesures, avant et après la marche d'essai, et la chute de tension en volts est mesurée entre la même paire de lames que celle où est amené le courant. Des paires de contacts séparés sont utilisées pour le relevé de la tension et l'amenée du courant.

Lorsqu'on emploie la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre pour la mesure des résistances à froid et à chaud, la valeur du courant utilisé doit être d'environ 20 pour cent du courant correspondant au régime unihoraire.

23. Resistance method

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

24. Determination of the temperature-rise by change in resistance

The temperature-rise at the end of the test is determined from the following expression:

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

where:

t_a = temperature of cooling air during tests in °C;

t_2 = temperature of the windings at end of test in °C;

t_1 = temperature of the cold winding in °C at the moment when its initial resistance was measured;

R_2 = resistance at end of test;

R_1 = initial resistance of the cold winding.

25. Initial resistance

Before proceeding with the temperature-rise test of the machine it is necessary to ascertain by thermometer measurement that the temperature of the windings of the machine is within 4°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 on by the manufacturer and the user.

26. Method of measurement of temperatures; measurement of resistances at given intervals of time after stopping the machines, plotting of the cooling curves and determination of the point corresponding to time of shut down of the machine from these curves suitably extended

All the temperature measurements of the windings shall be carried out by the resistance method and the cooling curve obtained shall be extrapolated back to determine the temperature-rise at the start of the cooling period. As the cooling curve can be considered as a simple exponential only during a short period, it is necessary:

- (i) to see that the first measurement is made not later than 30 seconds from the start of the cooling curve in the case of traction motors, and in the case of generators after as short a time as possible, in any case within one minute of shut down.
- (ii) to carry out successive measurements at intervals not exceeding 15 seconds for the first two minutes and 20 seconds for the following three minutes.

The temperature-rise at the start of the cooling curve is determined by means of a large scale graph by straight line extrapolation of the cooling curve plotted by using a logarithmic scale for the temperature-rise and a linear scale for time. The points of abscissae exceeding 90 seconds shall be disregarded in the plotting of the curve of which only the part corresponding to the points of abscissae less than 90 seconds is used for the purpose of extrapolation.

Remarks : In measuring the temperature-rise of the armature of a machine by the resistance method experience has shown that reliable results can be obtained by taking care that the measurements before and after the heat run are made between the same pair of segments of the commutator and directly on the commutator.

The current shall be adjusted to the same value for each of the two series of measurements, before and after the heat run, and the voltage drop is measured between the same pair of segments to which the current is conducted. Separate pairs of contacts are used for the voltage readings and for supplying the current.

When the voltage drop method, using voltmeter and ammeter, is employed in measuring the temperature-rise, the current used should be approximately 20 per cent of the one-hour rating value.

SECTION IV. — ESSAIS DE SURVITESSE

27. Essai de survitesse du moteur

Cet essai est un essai de série.

Le moteur doit pouvoir supporter pendant deux minutes, à chaud, après l'essai d'échauffement une vitesse de rotation égale à 1,25 fois la vitesse maximum stipulée pour le moteur, conformément à la définition donnée à l'article 10.

Toutefois, pour les moteurs qui entraînent des essieux indépendants et sont appelés à fonctionner normalement par deux en série, cette vitesse d'essai sera portée à 1,35 fois la vitesse de rotation correspondant à la vitesse maximum spécifiée conformément à la définition donnée à l'article 10.

Si le nombre des moteurs appelés à fonctionner normalement 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 le constructeur et l'exploitant.

Pour les moteurs munis de dispositifs automatiques pour empêcher l'emballlement, ou pour interdire une certaine différence de vitesse entre deux moteurs, l'essai de survitesse sera effectué à 1,2 fois la vitesse maximum spécifiée.

28. Essai de survitesse de la génératrice

Cet essai est un essai de série.

La génératrice doit pouvoir supporter pendant deux minutes, à chaud après l'essai d'échauffement, une vitesse de rotation correspondant à 1,25 fois la vitesse nominale du moteur Diesel.

29. Résultats de l'essai de survitesse

Après l'essai de survitesse, le moteur ou la génératrice ne doit présenter aucune déformation permanente et résister avec succès aux essais exécutés ensuite et spécifiés aux sections suivantes.

SECTION V. — ESSAIS DE DÉMARRAGE

30. Essais de démarrage du moteur

Cet essai est un essai de type.

Le moteur immobilisé sera soumis pendant une minute, à chaud après l'essai de survitesse, à une intensité telle que l'effort de traction corresponde à un coefficient d'adhérence de 30%. Cette intensité ne devra pas toutefois excéder 1,7 fois l'intensité correspondant au régime unihoraire.

L'essai doit être exécuté quatre fois, après repos intercalaire de cinq minutes, et en décalant chaque fois le rotor du quart du pas polaire dans le même sens.

Après l'essai, le collecteur du moteur ne doit présenter aucune trace de brûlure.

SECTION VI. — ESSAIS DE COMMUTATION

31. Dispositions générales

Les essais de commutation sont exécutés après les essais prévus aux sections précédentes.

- a) *Moteurs.* Pour la réalisation de chacun des essais définis ci-après (article 32), on fera tourner le moteur (considéré comme fonctionnant en tant que moteur), successivement pendant 30 secondes dans chacun des deux sens de rotation.

SECTION IV. — OVERSPEED TESTS

27. Overspeed test on motors

This is a routine test.

Motors should be capable of withstanding for 2 minutes while hot a rotational speed equal to 1.25 times the maximum speed specified for the motor in conformity to the definition of Clause 10.

Where two motors connected permanently in series drive independent axles, the overspeed test shall be raised to 1.35 times the maximum speed specified for the motor, in conformity to the definition of Clause 10.

If the number of motors permanently connected in series, without mechanical coupling, is greater than two, the overspeed factor to be applied should be greater than 1.35 and should form the subject of prior agreement between manufacturer and user.

For motors provided with automatic devices to prevent excessive speed or to prevent variations in speed between one motor and another, the overspeed test shall be carried out at 1.2 times the maximum speed specified.

28. Generator overspeed test

This is a routine test.

The generator shall be capable of withstanding for two minutes, while hot following the heat run, a rotational speed corresponding to a speed of 1.25 times the rated speed of the diesel engine.

29. Results of overspeed tests

After the overspeed tests the motor or generator shall show no permanent deformation and shall withstand successfully the further tests specified in the following clauses:

SECTION V. — STARTING TESTS

30. Starting test for motors

This is a type test.

The motor, with rotor locked, shall withstand for a period of one minute while hot following the overspeed test a current corresponding to the tractive effort at 30% adhesion. This current shall not, however, exceed 1.7 times the current corresponding to the one-hour rating.

The test shall be repeated four times at 5 minute intervals, the armature being rotated in the same direction one quarter pole pitch after each test.

After the test the commutator shall show no trace of burning.

SECTION VI. — COMMUTATION TESTS

31. General requirements

The commutation tests are carried out after the tests specified in the foregoing sections.

(a) *Motors.* In effecting each of the tests specified below (Clause 32), the motor shall be operated successively for 30 seconds in both direction of rotation (acting as a motor).

Le constructeur aura la faculté de demander qu'entre les deux périodes (de 30 secondes de durée chacune) de marche avec sens de rotation inverse, le moteur fonctionne pendant cinq minutes consécutives à une intensité inférieure ou au plus égale à l'intensité correspondant au régime unihoraire et à la tension correspondant à ce même régime unihoraire dans le sens de rotation adopté pour la seconde période de 30 secondes et cela dans le but d'assurer un meilleur portage des balais. Dans l'intervalle compris entre les deux périodes de marche en sens inverses, les balais ne devront pas être déplacés.

- b) *Génératrices.* Pour la réalisation de chacun des essais définis ci-après (article 33), on fera tourner la génératrice (considérée comme fonctionnant en tant que génératrice) pendant 60 secondes dans le sens de rotation normal.
- c) *Résultats.* Chacun des essais de commutation devra être supporté par la machine sans détérioration mécanique, ni flash, ni dommages permanents, les dommages permanents étant ceux susceptibles de nuire au bon fonctionnement de la machine postérieurement à l'achèvement de l'essai.

32. Essais de commutation des moteurs

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

Essais de type. Les essais de commutation doivent être effectués pour diverses valeurs de courant et d'excitation couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en traction, la tension à appliquer aux bornes des moteurs étant celle qui correspond à divers points des courbes caractéristiques de la génératrice.

Pour les moteurs fonctionnant en freinage rhéostatique, les essais doivent être effectués pour diverses valeurs de courant, d'excitation et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en freinage rhéostatique.

Quand des moteurs sont connectés en permanence en série sans couplage mécanique, le moteur doit être essayé de plus à champ maximum, sous 1,5 fois la tension par moteur correspondant à la tension maximum indiquée sur la caractéristique maximum de la génératrice, et avec un courant réglé de telle façon que le moteur tourne à sa vitesse maximum de service.

Nota : On entend par « domaine d'application des courbes caractéristiques » toute l'étendue, utilisable en service, des diverses courbes de fonctionnement aux divers crans de marche économique du véhicule en traction et en freinage rhéostatique. En conséquence, une mention précise de la vitesse maximum en service et du courant maximum à ne pas dépasser en aucun cas au cours des essais sera indiquée sur les graphiques tracés pour diverses tensions aux bornes du moteur.

Ces graphiques seront fournis par le constructeur et soumis à l'agrément de l'utilisateur avant la réception.

Essais de série. Chaque moteur sera soumis à trois essais dans les conditions suivantes:

- i) avec le courant correspondant au courant maximum indiqué sur la courbe caractéristique maximum de la génératrice, l'excitation ayant la valeur maximum et la tension étant réglée de façon que le moteur tourne approximativement à 10% de sa vitesse maximum en service;
- ii) avec le courant continu, la tension étant celle dérivée du point correspondant de la courbe caractéristique maximum de la génératrice, l'excitation ayant la valeur minimum;
- iii) avec la tension correspondant à la tension maximum indiquée sur la courbe caractéristique maximum de la génératrice, l'excitation ayant la valeur minimum et le courant étant réglé de façon à ne pas dépasser la vitesse maximum en service.

Enfin, si le moteur doit être utilisé en freinage rhéostatique, un essai supplémentaire doit être fait à la tension maximum et avec le courant correspondant indiqué sur les courbes caractéristiques en freinage rhéostatique.

The manufacturer has the right to request that between the two periods of running in each direction, each of 30 seconds duration, the motor be operated for a period of 5 minutes at one-hour rated voltage and at a current below or at most equal to the one-hour rated current in the direction of rotation required for the second 30-second period in order to ensure improved bedding of the brushes. In the interval between the two periods of running in the two directions of rotation the brushes must not be disturbed.

- (b) *Generators.* In effecting each of the tests specified below (Clause 33) the generator (acting as a generator) shall be rotated for a period of 60 seconds in the normal direction of rotation.
- (c) *Results.* Each commutation test shall be withstood by the machine without mechanical defect, flashover or permanent damage; permanent damage being that likely to prevent satisfactory operation of the machine after conclusion of the test.

32. Commutation tests for motors

These include both type and routine tests.

Type tests. Commutation tests shall be made for different values of current and excitation, covering the whole field of application of the traction characteristic curves, the voltage to be applied to the motor terminals being that corresponding to different points on the characteristic curves of the generator.

For motors used for rheostatic braking the tests shall be made for different values of current, excitation and speed covering the whole field of application of the characteristic curves for rheostatic braking.

When the motors are permanently connected in series without mechanical coupling, the motor shall also be tested with maximum field, at 1.5 times the voltage per motor corresponding to the maximum voltage shown on the maximum characteristic of the generator, with a current so adjusted that the motor turns at its maximum service speed.

Note : By "field of application of the characteristic curves" is meant the whole of the different characteristic curves for the different economic running notches of the vehicle in traction and rheostatic braking, which are usable in service. Consequently, the maximum speed in service and the maximum current not to be exceeded in any case during tests shall be clearly shown on the graphs drawn for different voltages at the terminals of the motor.

These graphs shall be supplied by the manufacturer and agreed by the user before acceptance.

Routine tests. Each motor shall be submitted to three tests under the following conditions:

- (i) with the current corresponding to the maximum current shown on the maximum characteristic curve of the generator, the excitation being the maximum value and the voltage being adjusted so that the motor turns at approximately 10% of its maximum service speed;
- (ii) with the current corresponding to the continuous rating, the voltage being that derived from the corresponding point of the maximum characteristic curve of the generator, the excitation having its minimum value;
- (iii) with the voltage corresponding to the maximum voltage shown on the maximum characteristic curve of the generator, the excitation having its minimum value and the current being so adjusted that the maximum speed in service is not exceeded.

If the motor is to be used with rheostatic braking, a supplementary test shall be made at maximum voltage and with the corresponding current shown on the characteristic curves for rheostatic braking.

33. Essais de commutation des génératrices

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

Essais de type. Les essais de commutation doivent être exécutés pour divers points de chacune des différentes courbes caractéristiques de la machine.

Ces courbes caractéristiques sont fournies par le constructeur et soumises à l'agrément de l'utilisateur avant la réception.

Essais de série. Chaque génératrice sera essayée à la vitesse maximum et, en principe, aux trois points qui correspondent sur la caractéristique maximum:

- i) au courant maximum en service;
- ii) au courant du régime continu;
- iii) à la tension maximum (extrémité de la courbe de régulation à pleine puissance lorsque cette courbe de régulation existe).

SECTION VII. — ESSAIS DIÉLECTRIQUES

34. Essais de rigidité diélectrique

Cet essai est un essai de série.

La tension d'essai doit être appliquée entre les enroulements et la carcasse et, s'il y a lieu, entre les enroulements indépendants. Elle doit être appliquée seulement à une machine neuve et complète, tous les organes étant en place, dans des conditions équivalentes à celles prévues pour le fonctionnement normal.

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

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

L'essai doit être commencé à une tension de moins du tiers de la tension d'essai et la tension appliquée doit être augmentée graduellement jusqu'à la pleine tension.

Pour tous les enroulements, la pleine tension d'essai doit être maintenue pendant une période de 60 secondes à une valeur de $2 U + 1\,000$ volts (avec minimum de 1 500 volts), U étant la tension maximum indiquée sur la caractéristique maximum de la génératrice.

Cependant, dans certains cas, après entente entre le constructeur et l'exploitant, l'essai pourra être effectué à une tension plus élevée que celle donnée par la formule $2 U + 1\,000$ volts.

SECTION VIII

RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR OU DE LA GÉNÉRATRICE

35. Courbes caractéristiques du moteur

Les spécifications du moteur doivent, en principe, comporter des courbes caractéristiques donnant, pour les différentes conditions d'excitation prévues et pour une tension d'alimentation correspondant à la tension inférieure de la génératrice au régime continu, la vitesse de rotation de l'induit, le rendement, la puissance et le couple utile sur l'arbre en fonction de l'intensité. Elles pourront, en outre, être fournies pour la tension correspondant à la tension supérieure de la génératrice au régime continu. Dans tous les cas, ces courbes doivent être établies pour une température des enroulements de 75°C s'ils sont pourvus d'isolants de la Classe A ou E et de 110°C s'ils sont pourvus d'isolants des Classes B, F ou H.

33. Commutation tests on generators

These tests include type tests and routine tests.

Type tests. The commutation tests shall be carried out for different points on each of the several characteristic curves of the machine.

These characteristic curves shall be prepared by the manufacturer and submitted to the user for agreement before acceptance of the machine.

Routine tests. Each generator shall be tested at the maximum speed at the three points on the maximum characteristic corresponding to:

- (i) maximum service current;
- (ii) the current corresponding to continuous rating;
- (iii) the maximum voltage (at the end of the full power characteristic curve where such curve is available).

SECTION VII. — DIELECTRIC TESTS

34. Dielectric tests

This is a routine test.

The test voltage shall be applied between the windings and the frame and, where appropriate, between independent windings. 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 sinusoidal, the frequency being between 25 and 100 cycles per second.

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 seconds at a value equal to $2U + 1\,000$ volts (with a minimum of 1 500 volts); U being the highest voltage shown on the maximum characteristic of the generator.

However, in certain cases, on agreement between manufacturer and user, the test may be executed at a higher voltage than that given by the expression $2U + 1\,000$ volts.

SECTION VIII

DETERMINATION OF CHARACTERISTIC CURVES OF THE MOTOR OR GENERATOR

35. Motor characteristic curves

The specification for the motor shall, as a general rule, include characteristic curves giving for the various excitations specified and for a supply voltage corresponding to the lower voltage of the generator at continuous rating: the armature speed, the efficiency, the output and the torque at armature shaft plotted as a function of the current. They may, in addition, be shown for the higher voltage of the generator at continuous rating. In each case these curves shall be determined for a winding temperature of 75°C if Class A or Class E insulation is used and for 110°C if any of the Classes B, F or H is used.

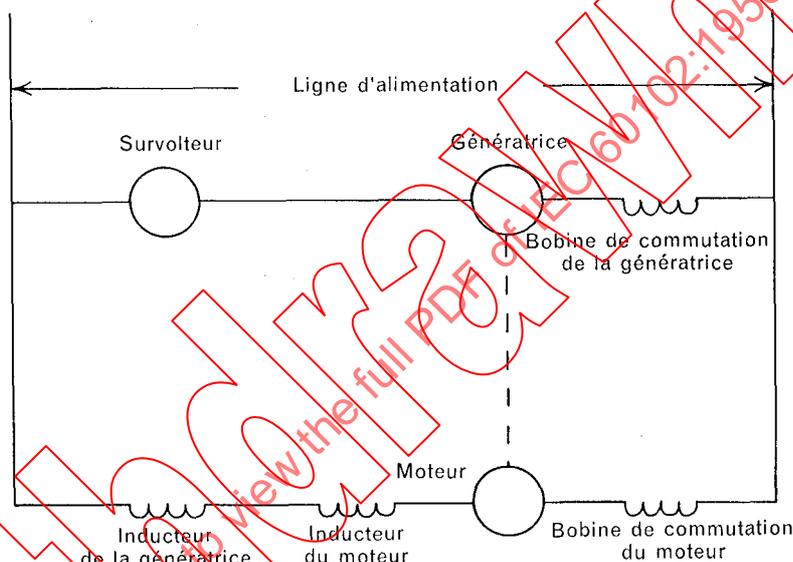
On relèvera à chaud au banc d'essai (c'est-à-dire immédiatement après un essai de durée) les points de fonctionnement (4 ou 5 pour chaque courbe) permettant de tracer :

- en ce qui concerne les moteurs types, toutes les courbes caractéristiques définies ci-dessus pour la tension inférieure (et éventuellement pour la tension supérieure);
- en ce qui concerne les moteurs de série, la courbe des vitesses en fonction des intensités pour la tension inférieure.

36. Méthode recommandée pour le relevé des caractéristiques et le calcul du rendement du moteur

On utilise pour les relevés, de préférence à toute autre, la méthode de récupération en accouplant directement deux moteurs d'un même type par leurs arbres d'induit ⁽¹⁾. L'une des machines fonctionne en moteur, l'autre en génératrice, les pertes sont fournies par une ligne d'alimentation à tension convenable et par un survolteur intercalé dans le circuit des deux machines.

Si l'on accepte la méthode classique d'Hutchinson, les connexions sont effectuées suivant le schéma ci-après :



Si l'on désigne par :

- U_m = la tension aux bornes du moteur (inducteurs compris)
- U_s = la tension aux bornes du survolteur
- U_1 = la tension de la ligne d'alimentation
- I_m = l'intensité du courant traversant le moteur
- I_g = l'intensité du courant traversant la génératrice
- I_1 = l'intensité du courant fourni par la ligne
- R_{am} = la résistance de l'induit du moteur sans balais
- R_{ag} = la résistance de l'induit de la génératrice sans balais
- r_{ppm} = la résistance des pôles principaux du moteur
- r_{ppg} = la résistance des pôles principaux de la génératrice
- r_{pam} = la résistance des pôles supplémentaires du moteur
- r_{pag} = la résistance des pôles supplémentaires de la génératrice
- e = la somme des chutes de tension au contact des balais positifs et négatifs de chaque machine, supposée constante à toutes charges et si l'on admet que la somme des pertes mécaniques et des pertes dans le fer est la même pour les deux machines,

le rendement du moteur est donné par la formule :

$$\eta = 1 - \frac{U_s I_g + U_1 I_1 + I_m^2 (R_{am} + r_{pam} + r_{ppm} - r_{ppg}) - I_g^2 (R_{ag} + r_{pag}) + e I_1}{2 U_m I_m}$$

(1) Parmi les méthodes de mesure du rendement figure la méthode dite des pertes séparées. Il n'a pas encore été possible d'établir un tableau général donnant les valeurs à admettre pour les pertes supplémentaires en charge qui interviennent dans l'application de cette méthode.

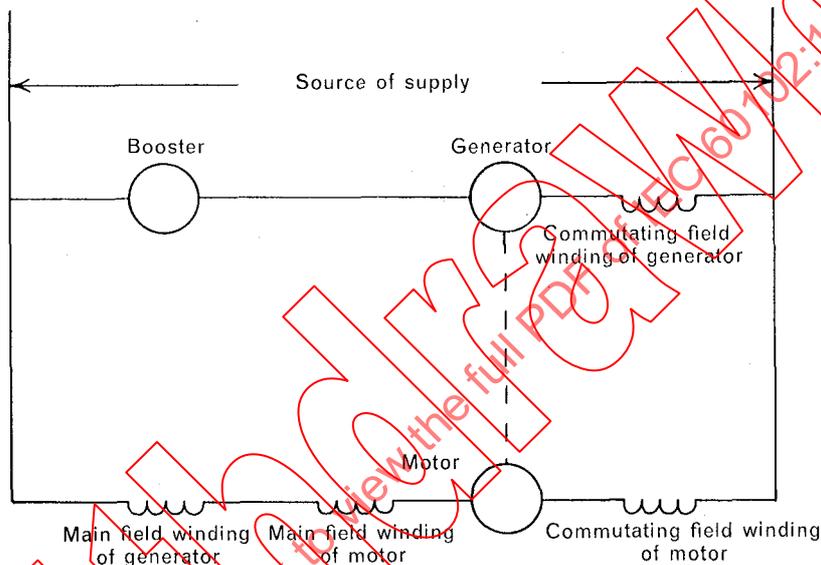
Points are determined (4 or 5 for each curve) on the test bed with machine hot (i.e. immediately after a continuous run test) enabling the following curves to be drawn:

- for type-tested motors, all characteristic curves specified above for the lower voltage (and, if necessary, for the higher voltage);
- for routine-tested motors, the speed curve as a function of current at the lower voltage.

36. Method recommended for determining the characteristics and for calculating the efficiency of the motor

For these tests the regenerative method shall be used in preference to any other, by directly coupling two motors of a given type by their armature shafts⁽¹⁾. One of the machines shall work as a motor, the other as a generator. The losses shall be supplied by a supply line at a suitable voltage and by a booster inserted in the circuit of the two machines.

If the standard Hutchinson method is adopted, the connections shall be in accordance with the following diagram:



If:

- U_m = the voltage at the terminals of the motor (including field windings)
- U_s = the voltage at the terminals of the booster
- U_1 = the voltage of the supply line
- I_m = the current passing through the motor
- I_g = the current passing through the generator
- I_1 = the current supplied by the line
- R_{am} = the resistance of the motor armature without brushes
- R_{ag} = the resistance of the generator armature without brushes
- r_{ppm} = the resistance of the main field winding of the motor
- r_{ppg} = the resistance of the main field winding of the generator
- r_{pam} = the resistance of the commutating field winding of the motor
- r_{pag} = the resistance of the commutating field winding of the generator
- e = the total contact drop per machine at positive and negative brushes. Assuming the brush contact drop to be constant at all loads, and assuming that the sum of the mechanical losses and iron losses is the same for both machines,

the efficiency of the motor is given by the formula:

$$\eta = 1 - \frac{U_s I_g + U_1 I_1 + I_m^2 (R_{am} + r_{pam} + r_{ppm} - r_{ppg}) - I_g^2 (R_{ag} + r_{pag}) + e I_1}{2 U_m I_m}$$

(1) Among the methods of determining efficiency there is what is termed the separation of losses method. It has not yet been possible to draw up a general table giving the permissible values of stray losses on load required for the application of this method.

Si l'on admet que:

- 1) les deux machines sont identiques, c'est-à-dire que leurs enroulements ont des résistances égales,
- 2) les enroulements correspondants des deux machines sont à la même température, c'est-à-dire:

$$\begin{aligned}R_{am} &= R_{ag} \\r_{ppm} &= r_{ppg} \\r_{pam} &= r_{pag}\end{aligned}$$

et si l'on appelle R la somme des résistances des pôles supplémentaires et de l'induit sans balais d'une machine, la formule devient:

$$\eta = 1 - \frac{U_s I_g + U_1 I_1 + R (I_m^2 - I_g^2) + e I_1}{2 U_m I_m}$$

Dans la pratique, pour les moteurs dont la résistance des enroulements ne diffère pas de plus de 5 à 10%, les différences apportées par l'emploi de cette formule simplifiée sont généralement inférieures aux erreurs d'expérience.

On admettra pour e la valeur de 3 volts.

Les lectures des instruments de mesure seront faites après que la charge sera restée constante durant au moins une minute. On fera deux lectures en inversant les deux machines et en prenant la moyenne arithmétique des deux rendements trouvés.

Remarque concernant les moteurs à excitation composée :

Lorsque les moteurs comportent un enroulement inducteur séparé et un enroulement inducteur série, les enroulements séparés des divers moteurs sont connectés en série et alimentés par une source spéciale.

On doit relever les caractéristiques de vitesse et de rendement pour diverses valeurs de l'intensité qui traverse les enroulements séparés et qui peut être additive ou soustractive par rapport à celle qui traverse l'enroulement série.

Le rendement doit être corrigé en tenant compte de la puissance perdue dans les enroulements séparés.

37. Tolérances admises en ce qui concerne le moteur

i) *Tolérances relatives aux courbes caractéristiques « vitesse-intensité » relevées sous la tension correspondant à la tension inférieure de la génératrice au régime continu.* Sauf spécification contraire, pour chaque moteur chaud (c'est-à-dire immédiatement après un essai de durée) alimenté sous la tension définie ci-dessus, tournant dans l'un ou l'autre sens de marche, les vitesses de rotation relevées pour des valeurs déterminées des courants absorbés ne doivent pas s'écarter (tolérance de fabrication):

- pour les moteurs fonctionnant à champ maximum de plus de 3% et
- pour les moteurs fonctionnant à champ minimum de plus de 4%

des valeurs des vitesses indiquées pour ces courants sur les caractéristiques types de vitesses en fonction de l'intensité et cela pour les intensités comprises entre 0,75 et 1,75 fois l'intensité du régime continu (voir article 8).

Les caractéristiques types seront:

- soit celles que le constructeur établira après les essais des 10 premiers moteurs du lot (ou de tous les moteurs si le lot comporte moins de 10 moteurs), s'il s'agit de moteurs de type nouveau;
- soit les caractéristiques types imposées à la commande s'il s'agit de moteurs dont une ou plusieurs séries ont déjà été construites.