

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 48

Troisième édition — Third edition

1955

Règles concernant les moteurs de traction électrique

Rules for electric traction motors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 48

Troisième édition — Third edition

1955

Règles concernant les moteurs de traction électrique

Rules for electric traction motors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale
Genève, Suisse

RÈGLES CONCERNANT LES MOTEURS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

(Troisième édition — 1955)

SOMMAIRE

Page	SECTION I. CHAMP D'APPLICATION DES RÈGLES	Article
1.	Objet	6
2.	Conditions de service	6
	SECTION II. RÉGIMES INTERNATIONAUX	
3.	Régimes internationaux	6
4.	Catégories de régimes	6
5.	Régime continu international	8
6.	Régime unihoraire international	8
7.	Tension nominale des moteurs	8
8.	Puissance sur l'arbre moteur	8
	SECTION III. LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT	
9.	Classification des isolants	10
10.	Limites d'échauffement	10
11.	Tension durant l'essai d'échauffement	12
12.	Conditions d'excitation durant l'essai d'échauffement des moteurs à excitation réglable	12
13.	Ventilation durant l'essai d'échauffement	12
	SECTION IV. MESURE DES TEMPÉRATURES	
14.	Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant l'essai d'échauffement	14
15.	Méthode de mesure des températures des organes	14
16.	Méthode par thermomètre	14
17.	Méthode par variation de résistance	14
18.	Détermination de l'échauffement par variation de résistance	14
19.	Résistance initiale	16
20.	Manière d'opérer pour la mesure des températures, la mesure des résistances après l'arrêt du moteur 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 du moteur	19
	SECTION V. ESSAIS DE RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE	
21.	Essais de rigidité diélectrique	18
	SECTION VI. ESSAIS DE COMMUTATION	
22.	Dispositions générales	18
23.	Essais de commutation des moteurs à courant continu et à courant monophasé	20
24.	Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation sur les moteurs à caractéristique série	20
	SECTION VII. ESSAIS DE DÉMARRAGE	
25.	Moteurs à courant continu et à courant triphasé	22
26.	Moteurs à courant monophasé	22
27.	Variation du couple des moteurs monophasés en fonction de la vitesse à intensité constante	22
	SECTION VIII. ESSAIS DE SURVITESSE	
28-1.	Cas où la vitesse angulaire maximum du moteur en service normal peut être spécifiée	24
28-2.	Cas où la vitesse angulaire maximum du moteur en service normal ne peut être spécifiée	24
29.	Résultats de l'essai de survitesse	24
	SECTION IX. RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES	
30.	Courbes caractéristiques à relever	24
31.	Méthodes recommandées pour le relevé des caractéristiques	26
32.	Tolérances admises	28
	SECTION X. TENSIONS NOMINALES D'ALIMENTATION DES RÉSEAUX DE TRACTION	
33.	Définitions	30
34.	Valeurs des tensions nominales d'alimentation des réseaux de traction et limites de variation des tensions en ligne	30

RULES FOR ELECTRIC TRACTION MOTORS

(Third Edition, 1955)

CONTENTS

Clause	SECTION I. SCOPE OF RULES	Page
1.	Scope	7
2.	Service conditions	7
	SECTION II. INTERNATIONAL RATINGS	
3.	International ratings	7
4.	Classes of ratings	7
5.	International continuous rating	9
6.	International one-hour rating	9
7.	Rated voltage of motors	9
8.	Output at motor shaft	9
	SECTION III. LIMITS OF TEMPERATURE-RISE	
9.	Classification of insulating materials	11
10.	Limits of temperature-rise	11
11.	Voltage during temperature test	13
12.	Conditions of excitation during temperature test of motors with variable field	13
13.	Ventilation during temperature test	13
	SECTION IV. TEMPERATURE MEASUREMENTS	
14.	Measurement of temperature of the cooling-air during the temperature test	15
15.	Method of measuring temperatures of parts	15
16.	Thermometer method	15
17.	Resistance method	15
18.	Determination of temperature-rise by variation of resistance	15
19.	Initial resistance	17
20.	Method of measurement of temperatures, measurement of resistances at given intervals of time after stopping the motor, plotting of the cooling curves and determination of the points corresponding to the time of shut-down of the motor from these curves suitably extended	17
	SECTION V. DIELECTRIC TESTS	
21.	Dielectric tests	19
	SECTION VI. COMMUTATION TESTS	
22.	General	19
23.	Commutation tests of D.C. and single-phase motors	21
24.	Tests of switching-off and switching-on the supply voltage of motors with series characteristics	21
	SECTION VII. STARTING TESTS	
25.	D.C. motors and three-phase motors	23
26.	Single-phase motors	23
27.	Variation of the torque of single-phase motors as a function of the speed at constant current	23
	SECTION VIII. OVERSPEED TEST	
28-1.	Case where the rotational speed of the motor in normal service can be specified	25
28-2.	Case where the maximum rotational speed of the motor in normal service cannot be specified	25
29.	Results of overspeed test	25
	SECTION IX. CHARACTERISTICS	
30.	Characteristic curves	25
31.	Methods recommended for the determination of characteristics	27
32.	Permissible tolerances	29
	SECTION X. SUPPLY VOLTAGES OF TRACTION SYSTEMS	
33.	Definitions	31
34.	Values of nominal supply voltages of traction systems and limits of variation of line voltages	31

RÈGLES CONCERNANT LES MOTEURS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

(Troisième édition — 1955)

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 fascicule C.E.I. n° 48 (document CMT 18) qui constituait la première édition officielle des règles établies par le Comité Mixte International du Matériel de Traction Électrique avait été approuvé au cours de sa session de Milan (26 et 27 avril 1933).

D'importantes modifications furent apportées à ces règles au cours des sessions suivantes du Comité mixte:

Bruxelles	(26 juin 1935)
Paris	(24 juin 1937)
Torquay	(24 juin 1938)
Stockholm	(14 octobre 1948)

et conduisirent à la publication en 1950 d'une deuxième édition des règles, qui fut décidée à la session de Tremezzo (7 juin 1950).

Un certain nombre de modifications à cette deuxième édition furent examinées par le Comité mixte au cours de ses sessions de:

Londres	(25 septembre 1951)
et Interlaken	(11 juin 1953)

A la suite de la session d'Interlaken, un projet de modification à apporter à la deuxième édition du fascicule n° 48 fut soumis pour approbation aux Comités nationaux de la C.E.I. ainsi qu'à l'Union Internationale des Chemins de Fer.

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

Belgique	République Fédérale Allemande
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Union Sud-Africaine
Japon	Yougoslavie
Pays-Bas	

et de l'Union Internationale des Chemins de Fer, le Comité mixte, au cours de sa session de Philadelphie, le 6 septembre 1954, demanda au Comité d'Action d'autoriser la publication d'une troisième édition du fascicule n° 48. Cette autorisation fut accordée par le Comité d'Action au cours de sa séance du 15 septembre 1954, à Philadelphie.

Le présent fascicule annule et remplace la deuxième édition des règles et en constitue la troisième édition officielle.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RULES FOR ELECTRIC TRACTION MOTORS

(Third Edition - 1955)

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 recognised 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

I.E.C. Publication No. 48 (Document CMT 18), the first edition of the Rules drawn up by the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment (CMT) was approved by the CMT at its Milan meeting, on 26th and 27th April, 1933.

Important changes were made to these Rules at subsequent meetings of the C.M.T. held at:

Brussels	(26th June, 1935)
Paris	(24th June, 1937)
Torquay	(24th June, 1938)
Stockholm	(14th October, 1948)

leading to the publication in 1950 of the second edition of the rules, which was approved at the Tremezzo meeting (7th June, 1950).

Certain changes to the second edition were considered by the CMT at its meetings in

London	(25th September, 1951)
Interlaken	(11th June, 1953)

Following the Interlaken meeting, a draft of the amendments to be made to the second edition of Publication No. 48 was submitted to the I.E.C. National Committees and the International Union of Railways for approval.

This draft having been explicitly approved by the following I.E.C. National Committees:

Belgium	Sweden
Denmark	Union of South Africa
France	United Kingdom
German Federal Republic	United States of America
Japan	Yugoslavia
Netherlands	

and by the International Union of Railways, the C.M.T. at its Philadelphia meeting, 6th September, 1954, asked the Committee of Action to authorize the issue of a third edition of Publication No. 48. This authorization was given by the Committee of Action at its meeting of 15th September, 1954, at Philadelphia.

This publication supersedes the second edition of the Rules and constitutes the third official edition of the Rules.

RÈGLES CONCERNANT LES MOTEURS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

(Troisième édition — 1955)

SECTION I

CHAMP D'APPLICATION DES RÈGLES

1. Objet

Les règles internationales contenues dans ce fascicule s'appliquent aux moteurs de traction proprement dits (tramways, chemins de fer, trolleybus, électrobus), à l'exception des moteurs de locomotives de mines, des moteurs ayant une puissance unihoraire inférieure à 15 kW et, jusqu'à nouvel ordre, des moteurs à courant continu à excitation composée (moteurs compound).

2. Conditions de service

Les règles internationales s'appliquent aux moteurs 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 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 pourront être adoptées, d'accord entre le constructeur et l'exploitant.

SECTION II

RÉGIMES INTERNATIONAUX

3. Régimes internationaux

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

4. Catégories de régimes

Il existe deux catégories de régimes internationaux:

- a) le régime continu international,
- b) le régime unihoraire international.

Sauf indication contraire, la puissance nominale d'un moteur de traction est sa puissance unihoraire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RULES FOR ELECTRIC TRACTION MOTORS

(Third Edition - 1955)

SECTION I

SCOPE OF RULES

1. Scope

The International Rules contained in this publication apply to traction motors for railway, tramways, trolleybuses, electro-buses. Motors for mining locomotives, motors with a one-hour rating of less than 15 kW and for the time being D.C. compound motors are excluded.

2. Service conditions

The International Rules apply to motors used under the following conditions:

- (a) *Altitude.* In the absence of any accurate information as to the height above sea-level at which the motor will normally be called upon to work, it is assumed that this height will not exceed 1 200 metres. Whenever this altitude is to be exceeded, certain requirements (not yet formulated) should be followed.
- (b) *Temperature.* Whenever the temperature in the shade exceeds 40°C., special arrangements may be made by agreement between manufacturer and user.

SECTION II

INTERNATIONAL RATINGS

3. International ratings

The international ratings are ratings which enable an exact comparison to be made between motors.

4. Classes of ratings

There are two classes of international ratings:

- (a) the international continuous rating;
- (b) the international one-hour rating.

Unless otherwise specified, the rated output of a traction motor is its hourly output.

5. Régime continu international

Le régime continu international d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai pendant une période illimitée, dans les conditions précisées à la Section III, sans que les limites d'échauffement stipulées à la Section III soient dépassées.

Toutes les autres prescriptions applicables des présentes règles doivent aussi être observées.

6. Régime unihoraire international

Le régime unihoraire international d'un moteur de traction est celui qu'un moteur peut supporter au banc d'essai, pendant une heure (l'essai étant commencé lorsque le moteur est froid et poursuivi sous les conditions précisées à la Section III) sans que les limites d'échauffement stipulées à la Section III soient dépassées.

Toutes les autres prescriptions applicables des présentes règles doivent aussi être observées.

7. Tension nominale des moteurs

La tension nominale d'un moteur est la tension spécifiée aux bornes de ce moteur.

Cette tension nominale est la même que la tension nominale d'alimentation du réseau de traction, dans tous les cas où le moteur est alimenté directement par la ligne de contact. Dans le cas des moteurs à courant alternatif alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur placé sur la voiture, elle est égale à 90 pour cent de la tension maximum à vide du secondaire du transformateur (y compris, s'il y a lieu, les bobines de transition), lorsque le primaire de celui-ci est alimenté à la tension nominale d'alimentation du réseau de traction.

Pour les moteurs travaillant d'une façon permanente en série de n unités, la tension nominale du moteur est désignée par le rapport $\frac{U}{n}$ de la tension nominale d'alimentation U au nombre n de moteurs.

8. Puissance sur l'arbre moteur

La puissance d'un moteur de traction est la puissance mécanique disponible sur l'arbre du moteur exprimée en kilowatts (kW) ¹.

¹ Puissance d'une locomotive, automotrice ou motrice.

Conventionnellement, la puissance d'une locomotive, automotrice ou motrice est définie par la somme des puissances des moteurs mesurées sur l'arbre, en plateforme d'essais.

La puissance nominale d'une locomotive, d'une automotrice ou d'une motrice est la somme des puissances unihoraires de ses moteurs.

Pour chacune des puissances unihoraire et continue d'une locomotive, automotrice ou motrice, il faut indiquer la vitesse correspondante. On mentionnera aussi la vitesse maximum en kilomètres à l'heure.

Exemple : Une locomotive pouvant marcher à une vitesse maximum de 100 km/h et ayant d'une part une puissance nominale de 1 400 kW à 60 km/h et d'autre part une puissance continue de 1 000 kW à 70 km/h sera désignée ainsi qu'il suit :

« 1 400 kW à 60 km/h, 1 000 kW à 70 km/h (maximum 100 km/h). »

Le nombre indiquant la puissance continue est à souligner.

A moins d'indication contraire, les vitesses indiquées pour les puissances unihoraire et continue sont celles correspondant au champ maximum.

5. International continuous rating

The international continuous rating of a traction motor is the load a motor can withstand on the test-bed for an unlimited period under the conditions specified in Section III, without exceeding the limits of temperature-rise given in Section III.

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

6. International one-hour rating

The international one-hour rating of a traction motor is the load a motor can withstand on the test-bed for one hour (the test being started with the motor cold and carried out under the conditions specified in Section III) without exceeding the limits of temperature-rise given in Section III.

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

7. Rated voltage of motors

The rated voltage of a motor is the voltage specified at the terminals of this motor.

This rated voltage is the same as the nominal supply voltage of the traction network in all cases where the motor is fed directly from the line. In the case of A.C. motors fed through a transformer placed on the coach, it is equal to 90 per cent of the maximum no-load secondary voltage of the transformer (including, if necessary, the transition coils) when the primary of the transformer is fed at the nominal supply voltage of the network.

For motors working permanently in series, the rated voltage of the motor is designated by the ratio $\frac{U}{n}$, U being the nominal supply voltage and n the number of motors.

8. Output at motor shaft

The output of a traction motor is the mechanical output available at the motor shaft expressed in kilowatts (kW)¹.

¹ *Output of a locomotive or of a motor-coach.*

Conventionally, the output of a locomotive or of a motor-coach is defined by the sum of the outputs of the motors measured at the shaft, on the test-bed.

The rated output of a locomotive or of a motor-coach is the sum of the hourly outputs of its motors.

For each of the one-hour and continuous outputs of a locomotive or of a motor-coach, it is necessary to indicate the corresponding speed. The maximum speed in km/h shall also be indicated.

Examples: A locomotive having a maximum speed at 100 km/h with a rated output of 1 400 kW at 60 km/h and a continuous output of 1 000 kW at 70 km/h shall be designated as follows:

“1 400 kW at 60 km/h, 1 000 kW at 70 km/h (max. 100 km/h).”

The number indicating the continuous output is to be underlined.

Unless otherwise indicated, the speeds given for the one-hour and continuous ratings are those corresponding to the maximum field.

SECTION III

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT

9. Classification des isolants

Les isolants sont classés de la façon suivante :

Classe O : coton, soie, papier et matières organiques similaires non imprégnés.

Classe A : coton, soie, papier et matières organiques similaires imprégnés¹, ainsi que toutes substances dénommées émail entrant dans la constitution du fil émaillé.

Classe B : composés de mica, d'amiante et de toutes autres matières inorganiques analogues contenant une matière agglomérante.

Lorsque des matières de la classe A seront employées en petite quantité comme support, en combinaison avec des matières de la classe B, les matières combinées peuvent être considérées comme étant de la classe B, à condition que l'isolant ne soit altéré, ni au point de vue diélectrique, ni au point de vue mécanique par l'application de la température permise pour les matières isolantes de la classe B (le mot « altérer » est employé dans le sens : produire une modification qui pourrait disqualifier l'isolant pour un service continu).

Classe C : mica sans agglomérant, porcelaine, verre, quartz et autres matières similaires.

Isolants constitués par des matières différentes : Lorsque l'isolation comprend plusieurs matières isolantes différentes (à l'exception du cas mentionné pour la classe B), l'élévation de température de chaque matière isolante ne doit pas dépasser la limite prévue pour cette matière.

EXEMPLES :

- a) Lorsque des matières isolantes différentes sont employées dans des parties différentes du même enroulement (par exemple dans l'encoche et dans les parties frontales), la limite de température applicable à l'une quelconque de ces parties est celle prescrite pour l'isolant de cette partie.
- b) Lorsque l'isolation d'une partie quelconque de la machine consiste en couches superposées de matières isolantes des classes A et B, il y a lieu de distinguer deux cas :
 1. S'il est possible de mesurer les températures atteintes par les diverses couches, chacune des matières a droit à la limite de température qui lui correspond.
 2. Si cette mesure des températures atteintes est impossible, la limite de température applicable à la partie considérée de l'enroulement est celle prescrite pour l'isolant ayant la limite la plus basse, à moins que cet isolant ne joue que le rôle d'un support ou d'une protection mécanique.

10. Limites d'échauffement

Le tableau I donne les limites d'échauffement admissibles au banc d'essai par rapport à la température de l'air de refroidissement pour les divers organes des moteurs isolés avec des matières de la classe A et de la classe B, définies ci-dessus, étant entendu que l'essai est effectué dans les conditions prévues par les règles.

Aucune limite d'échauffement n'a encore été prévue pour les matières des classes O et C.

¹ Un isolant est considéré comme imprégné lorsqu'une matière convenable remplace l'air entre ses fibres, même si cette matière ne remplit pas complètement les intervalles entre les conducteurs isolés. La matière d'imprégnation pour être convenable doit avoir de bonnes propriétés isolantes, doit enrober les fibres, les rendre adhérentes entre elles et avec le conducteur ; il ne doit pas s'y produire d'interstices par suite de l'évaporation du dissolvant ou par d'autres causes ; elle ne doit pas couler pendant la marche à pleine charge dans les conditions de température limite spécifiées ; elle ne doit pas s'altérer sous l'action prolongée de la chaleur.

Le terme « imprégné » comprend aussi l'imprégnation massive de l'enroulement.

SECTION III

LIMITS OF TEMPERATURE-RISE

9. Classification of insulating materials

Insulating materials are classified as follows :

Class O : Cotton, silk, paper and similar organic materials when not impregnated.

Class A : Cotton, silk, paper and similar organic materials when impregnated¹, also any substances known as "enamel" used in the manufacture of enamelled wire.

Class B : Mica, asbestos and similar inorganic materials in built-up form combined with a binding agent.

If Class A material is used in small quantities for structural purposes only, in conjunction with Class B insulation, the combined materials may be considered as Class B, provided the electrical and mechanical properties of the insulated winding are not impaired by the application of the temperature permitted for Class B materials (the word "impair" is used in the sense of causing any change which could disqualify the insulating material for continuous service).

Class C : Mica, without binding agent, porcelain, glass, quartz and other similar materials.

Insulation made up of different materials : When the insulation is made up of different materials (except in those cases defined under Class B), the temperature-rise attained by each insulating material shall not exceed the limit permitted for that material.

EXAMPLES :

- (a) When different insulating materials are used on various parts of one winding (for instance, in the slot and for the end windings), the limit of temperature-rise applicable to any part of the winding is that set for the insulation used on the part.
- (b) When the insulation of any part consists of superposed layers of insulating materials of Classes A and B, the two following cases arise:
 1. If it is possible to measure the temperatures attained by the various layers, each of the materials is entitled to the temperature-rise which is assigned to it.
 2. If it is not possible to measure the temperatures attained by the various layers, the temperature-rise applicable to the part of the winding under consideration is to be taken as that for the insulating material with the lowest limit, unless this insulating material is used only for structural purposes or for mechanical protection.

10. Limits of temperature-rise

Table I gives the permissible limits of temperature-rise at the test-bed, relative to the temperature of the cooling air for the different parts of a motor insulated with Class A and Class B materials, as defined above, it being understood that the test is made under the conditions prescribed by the rules.

No limit of temperature-rise has yet been fixed for materials in Classes O and C.

¹ Insulation is considered to be "impregnated" when a suitable substance replaces the air between its fibres, even if the substance does not completely fill the spaces between the insulated conductors. The impregnating substance, in order to be considered suitable, must have good insulating properties, must entirely cover the fibres and render them adherent to each other and to the conductors; must not produce interstices within itself as a consequence of the evaporation of the solvent or through any other cause; must not flow when the motor is running at full load at the temperature limit specified; must not deteriorate under prolonged action of heat.

The term "impregnated" includes also solid impregnation of the winding.

TABLEAU I

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

Isolants	Régime	Organes	Méthode de mesure des températures	Echauffement
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 B	Continu et Unihoraire	Enroulements d'armature	Résistance	120°C
		Enroulements de champ	Résistance	130°C
		Collecteur	Thermomètre	90°C

Nota. 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:

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

11. Tension durant l'essai d'échauffement

Pour les moteurs ventilés, la tension appliquée au moteur pendant la durée de l'essai d'échauffement doit être, aussi bien pour les essais au régime unihoraire que pour les essais au régime continu, la tension nominale du moteur telle qu'elle est définie à l'article 7.

En ce qui concerne les moteurs complètement hermétiques, l'essai au régime unihoraire doit être effectué à la tension nominale du moteur et l'essai au régime continu aux trois-quarts ou à la moitié de la tension nominale du moteur, suivant les stipulations de la commande.

12. Conditions d'excitation durant l'essai d'échauffement des moteurs à excitation réglable

La spécification des moteurs à excitation réglable doit préciser l'excitation à laquelle l'essai doit être exécuté.

13. Ventilation durant l'essai d'échauffement

L'essai d'échauffement doit être effectué avec le moteur disposé pour le service normal, en laissant en place tous ceux des organes du moteur qui peuvent influencer l'échauffement du moteur, mais sans ventilation correspondant à celle produite par le mouvement du véhicule.

TABLE I

(Conventional temperature permitted for the cooling air: 25°C)

Insulation	Rating	Part	Method of measurement of temperature	Temperature-rise
Class A	Continuous Rating	Armature and field windings	Resistance	85°C
		Commutator and collector	Thermometer	85°C
	One-hour rating	Armature and field windings	Resistance	100°C
		Commutator and collector	Thermometer	90°C
Class B	Continuous and One-hour rating	Armature windings	Resistance	120°C
		Field windings	Resistance	130°C
		Commutator and collector	Thermometer	90°C

Note. When the temperature of the cooling air during the test, t_{a_2} , 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:

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

11. Voltage during temperature test

For ventilated motors, the voltage applied to the motor during the temperature test shall be the rated voltage of the motor as defined in Clause 7 both for the one-hour and for the continuous rating tests.

For totally-enclosed motors, the one-hour rating test shall be carried out at rated voltage and the continuous rating test either at 3/4 or 1/2 the rated voltage according to the requirements in the order.

12. Conditions of excitation during temperature test of motors with variable field

The specification for motors with variable field shall state the value of excitation at which the test shall be carried out.

13. Ventilation during temperature test

The test shall be carried out with the motor arranged as in service, with all those parts of the motor in place which would affect the temperature-rise of the motor, but without any ventilation corresponding to the ventilation produced by the motion of the vehicle itself.

SECTION IV

MESURE DES TEMPÉRATURES

14. Mesure de la température de l'air de refroidissement pendant l'essai d'échauffement

La température de l'air de refroidissement doit être mesurée au moyen de thermomètres disposés en différents points autour du moteur, 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 au moteur, 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 moteurs 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 le moteur est déjà chaud 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.

15. Méthode de mesure des températures des organes

Deux méthodes de détermination des températures des organes sont adoptées¹:

- a) Méthode par thermomètre pour les collecteurs,
- b) Méthode par variation de résistance pour les enroulements.

16. 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.

17. Méthode par variation de résistance

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

18. Détermination de l'échauffement par variation de résistance

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

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

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

SECTION IV

TEMPERATURE MEASUREMENTS

14. Measurement of temperature of the cooling-air during the temperature test

The cooling-air temperature shall be measured by means of several thermometers placed at different points round the motor, at a distance of 1 to 2 metres, and protected from all heat radiation and draughts.

In the case of cooling by means of forced ventilation, the temperature of the air measured where it enters the motor shall be considered as the cooling-air temperature during the test.

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 errors arising therefrom.

Note. It is often convenient to commence the continuous rating test while the motor is hot from a previous test. In such a case, the cooling-air temperature during the test shall be obtained by taking the average air temperatures recorded during a period not less than one hour before shutting down.

15. Method of measuring temperatures of parts

Two methods of determining temperatures of parts are adopted ¹:

- (a) By thermometer for commutators,
- (b) By resistance for windings.

16. Thermometer method

In this method, the temperature is determined by means of thermometers applied, immediately after the motor is stopped, on the accessible parts of the commutator or collector at the spots presumed to be the hottest.

17. Resistance method

In this method, the temperature-rise of the windings is determined by their increased resistance.

18. Determination of temperature-rise by variation of resistance

The temperature-rise at the end of the test is determined by the following formula:

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

¹ In spite of its duly recognized scientific value, the method of measurement by thermo-couples (detectors) is not taken into consideration for the time being.

dans laquelle:

- t_a = la température 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 en ohms de l'enroulement en fin d'essai,
- R_1 = la résistance initiale en ohms de l'enroulement froid.

19. Résistance initiale

Avant de procéder aux essais d'échauffement d'un moteur de traction, il est nécessaire de s'assurer au moyen de mesures par thermomètres, que les enroulements de ce moteur 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 ou son représentant.

20. Manière d'opérer pour la mesure des températures, la mesure des résistances après l'arrêt du moteur 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 du moteur.

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:

- 1° de s'attacher à ce que la première mesure soit faite au plus tard 30 secondes après l'origine (45 secondes dans le cas de moteurs monophasés à collecteur);
- 2° d'effectuer des mesures successives à intervalles n'excédant pas 15 secondes durant les deux 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'un moteur de traction 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.

in which:

- t_a = the cooling-air temperature during the test,
- t_2 = the temperature in Centigrade degrees of the winding at the end of the test,
- t_1 = the temperature in Centigrade degrees of the winding when cold at the moment of the initial resistance measurement.
- R_2 = the resistance in ohms of the winding at the end of the test,
- R_1 = the initial resistance in ohms of the winding when cold.

19. Initial resistance

Before proceeding with the temperature test of a traction motor, it is necessary to ascertain by thermometer measurement that the temperature of the windings of the motor is within 4°C of the mean temperature of the ambient air. In the case where the ambient temperature of the test-bed exceeds 40°C., special arrangements may be agreed upon by the manufacturer and the user or his representative.

20. Method of measurement of temperatures, measurement of resistances at given intervals of time after stopping the motor, plotting of the cooling curves and determination of the points corresponding to the time of shut-down of the motor 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 only be approximated to a simple exponential during a short period it is necessary:

- (1) to see that the first measurement is made not later than 30 seconds from the start of the cooling period (45 seconds in the case of single-phase commutator motors);
- (2) to carry out successive measurements at intervals not exceeding 15 seconds for the first two minutes and 20 seconds for the following 3 minutes.

The temperature-rise at the start of the cooling period 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 of the armature winding of a traction motor by the resistance method, experience has shown that reliable results can be obtained by taking care that the measurements before and after the temperature-rise test 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 measurements, before and after the test run, and the voltage drop in volts shall be measured between the same pair of segments to which the current is applied. Separate pairs of contacts to the segments are used for the voltage readings and for supplying the current.

When employing the voltmeter-ammeter method of measurement for measuring the resistances with the motor cold and the motor hot, the current shall be about 20 per cent of the current corresponding to the one-hour rating.

SECTION V

ESSAIS DE RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

21. Essais de rigidité diélectrique

La tension d'essai doit être appliquée entre l'enroulement et 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 prévues pour le fonctionnement normal.

L'essai doit être effectué dans les usines du fabricant, après l'essai d'échauffement (la température des enroulements étant d'environ 75°C) et après l'essai de survitesse.

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 périodes par seconde.

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. La pleine tension doit être maintenue pendant une période de 60 secondes à une valeur de $2,25 U + 2\,000$ volts, U étant la tension nominale d'alimentation du réseau de traction.

Toutefois, en ce qui concerne les moteurs à courant alternatif alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur placé sur le véhicule, U sera la tension la plus élevée susceptible d'être appliquée au moteur par l'intermédiaire du transformateur (y compris, s'il y a lieu, les bobines de transition), lorsque le primaire de celui-ci est alimenté à la tension nominale du réseau de traction.

Néanmoins, dans certaines circonstances spéciales, après accord spécifié entre le constructeur et l'exploitant, il peut être fait usage d'une tension d'essai supérieure à celle donnée par la formule $2,25 U + 2\,000$.

SECTION VI

ESSAIS DE COMMUTATION

22. Dispositions générales

Les essais suivants de commutation seront effectués à chaud, après l'essai d'échauffement au régime unihoraire.

Pour la réalisation de chaque essai, on fera tourner le moteur pendant 30 secondes dans chacun des deux sens de rotation.

Le constructeur aura la faculté de demander qu'entre les deux périodes successives (de 30 secondes de durée chacune) de marche avec sens de rotation inverse, le moteur fonctionne pendant cinq minutes consécutives à une intensité de courant inférieure ou au plus égale à l'intensité correspondant au régime unihoraire et à la tension nominale, 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 inverse, les balais ne devront pas être déplacés.

Chacun de ces essais devra être supporté par le moteur sans détérioration mécanique, ni flash, ni dommages permanents, les dommages permanents étant ceux susceptibles de nuire au bon fonctionnement du moteur postérieurement à l'achèvement de l'essai.

SECTION V

DIELECTRIC TESTS

21. Dielectric tests

The test voltage shall be applied between the windings and 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 after the temperature test (the temperature of the windings being approximately 75°C) and after the overspeed test.

The test voltage shall be alternating and shall be as near as possible to sine-wave form, 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 for 60 seconds at a value equal to $2.25 U + 2000$ volts, U being the nominal supply voltage of the traction network.

As regards A.C. motors, however, fed through a transformer placed on the vehicle, U shall be the highest voltage which may be applied to the motor through the transformer (including, as the case may be, the transition coils), when the primary of the transformer is fed at the nominal supply voltage of the traction system.

In some special cases, however, subject to agreement between manufacturer and user, a test voltage higher than that given by the formula $2.25 U + 2000$ may be used.

SECTION VI

COMMUTATION TESTS

22. General

The following commutation tests shall be carried out on the motor when hot after the temperature test at the one-hour rating.

In order to carry out each test, the motor shall be rotated successively in each direction for a period of 30 seconds.

The manufacturer shall have the right to demand that, between the two successive tests (each of 30 seconds duration) with opposite direction of rotation, the motor shall be run for five consecutive minutes with a current less than, or at the most equal to, the current corresponding to the one-hour rating, and at the rated voltage, in the direction of rotation adopted for the second period of 30 seconds, with the object of obtaining a better surface contact between the brushes and the commutator. In the interval between the running in each direction of rotation, the brushes shall not be shifted.

The motor shall withstand each one of these tests without mechanical deterioration, flashover or permanent damage, permanent damage being that which would affect the satisfactory running of the motor after the completion of the test.

23. Essais de commutation des moteurs à courant continu et à courant monophasé.

Il y a lieu de faire une distinction entre les essais à effectuer sur quelques unités d'une même fourniture (essais de type) et sur l'ensemble du lot (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 la tension maximum figurant dans le tableau II de la section X des présentes règles, c'est-à-dire :

pour les moteurs à courant continu : $1,2 u$ } u étant la tension nominale des moteurs telle
pour les moteurs à courant monophasé : $1,1 u$ } qu'elle est définie à l'article 7.

Pour les moteurs fonctionnant en récupération, les essais de commutation doivent être effectués pour diverses valeurs de courant et de vitesse couvrant tout le domaine d'application des courbes caractéristiques en récupération, la machine fonctionnant en génératrice et à la tension maximum visée dans l'alinéa précédent.

Pour les moteurs fonctionnant en freinage rhéostatique, les essais de commutation 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 les moteurs sont connectés en permanence en série sans couplage mécanique, le moteur doit être essayé de plus à champ maximum sous 1,5 fois sa tension nominale, telle qu'elle est définie à l'article 7, avec un courant réglé de façon qu'il tourne à sa vitesse maximum de service.

Nota. On entend par « domaine d'application des courbes caractéristiques » aussi bien pour les moteurs à courant continu que pour les moteurs à courant monophasé, toute l'étendue, utilisable en service, des diverses courbes de fonctionnement aux divers crans de marche économique du véhicule en traction et en freinage. En conséquence, une mention précise de la vitesse maximum en service et du courant maximum à ne dépasser en aucun cas au cours des essais sera indiquée sur les graphiques tracés pour la tension correspondant à la tension nominale figurant dans le tableau II de la section X.

Ces divers graphiques seront fournis par le constructeur au moment de la commande.

Essais de série

Chaque moteur sera essayé à champ minimum et à une tension correspondant à la tension maximum précisée ci-dessus :

1. à la vitesse maximum en service indiquée sur la courbe caractéristique ;
2. à l'intensité correspondant au régime continu ;
3. à la valeur maximum de l'intensité indiquée sur la courbe caractéristique.

24. Essais de coupure et de rétablissement de la tension d'alimentation sur les moteurs à caractéristique série.

Les essais de coupure et de rétablissement de la tension doivent être exécutés sur quelques unités seulement d'une même fourniture (moteurs types).

Ils seront effectués au moyen d'un interrupteur manuel ou à commande automatique permettant de couper la tension d'alimentation sur le moteur absorbant un courant égal au courant unihoraire et de rétablir cette tension après un temps total de coupure compris entre 0,5 et 1 seconde.

La vitesse de rotation du moteur sera maintenue aussi constante que possible, par exemple en l'accouplant mécaniquement à une génératrice à courant continu de dimensions convenables.

On s'assurera au besoin par des relevés oscillographiques, qu'au cours de ces essais à répéter 6 fois à quelques minutes d'intervalle (3 fois à champ maximum et 3 fois à champ minimum, si le moteur est à excitation réglable) la tension d'alimentation aux bornes du moteur :

23. Commutation tests of D.C. and single-phase motors

Distinction shall be made between the tests to be made on a few samples of an order (type tests) and on the whole order (routine tests).

Type tests

The commutation tests shall be made for several current and excitation values covering the whole field of application of the characteristic curves in traction, the voltage at the terminals of the motor being the maximum voltage which appears in Table II of Section X of the present Rules, i.e.:

- for D.C. motors: $1.2 u$
 - for single-phase A.C. motors: $1.1 u$
- u being the rated voltage of motors as defined in Clause 7.

For a motor used for re-generative braking, the commutation tests shall be made for several values of speed and current covering the whole field of application of the characteristic curves when re-generating, the machine working as a generator at the maximum voltage shown in the previous paragraph.

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

When the motors are permanently connected in series without mechanical coupling, the motor shall also be tested with maximum field, at 1.5 times its rated voltage, as defined in Clause 7, the current being 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. 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 in service and the maximum current not to be exceeded in any case during the tests shall be clearly shown on the curves drawn for the voltage corresponding to the rated voltage in Table II of Section X.

These curves shall be supplied by the manufacturer when the order is placed.

Routine tests

Each motor shall be tested with minimum field and at a voltage corresponding to the maximum voltage defined above:

- (1) at the maximum service speed shown on the characteristic curve;
- (2) at the current corresponding to continuous rating;
- (3) at the maximum value of the current shown on the characteristic curve.

24. Tests of switching-off and switching-on the supply voltage of motors with series characteristics

Tests of switching-off and switching-on the voltage shall only be made upon a few motors of one order (type tests).

They shall be made by means of a manual or automatic switch which enables the supply voltage to be switched off when the motor is taking a current corresponding to the one-hour rating and which enables this voltage to be re-connected after a total time of between 0.5 and 1 second after switching off.

The speed of rotation of the motor shall be maintained as constant as possible, for example, by mechanical coupling to a D.C. generator of suitable dimensions.

It shall be confirmed, if necessary by oscillograms, that, during these tests, which shall be repeated 6 times at intervals of a few minutes (3 times at the maximum field and 3 times at the minimum field, if the motor has variable excitation), the supply voltage at the terminals of the motor:

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

Le moteur devra pouvoir supporter ces essais dans les mêmes conditions que les essais de commutation proprement dits (article 22, dernier alinéa).

Nota 1. Pour l'exécution des essais à champ minimum, le moteur sera pourvu des organes de shuntage prévus dans l'équipement.

Nota 2. Si le moteur fait partie d'un équipement qui comporte un dispositif automatique assurant, en cas de coupure, une protection complète dans un temps inférieur à 1 seconde, ce temps sera utilisé pour l'essai.

SECTION VII

ESSAIS DE DÉMARRAGE

25. Moteurs à courant continu et à courant triphasé

Le moteur, immobilisé, sera soumis pendant une minute à une intensité au moins égale à 1,7 fois l'intensité correspondant au régime unihoraire et, en plus, à la tension nominale d'alimentation, si le moteur est triphasé.

L'essai doit être effectué quatre fois, avec repos de 5 minutes, et en décalant chaque fois le rotor du quart du pas polaire dans le même sens.

Après les essais, les collecteurs des moteurs à courant continu ne doivent présenter aucune trace de brûlure.

26. Moteurs à courant monophasé

Le moteur tournant à vitesse réduite (au maximum 3 pour cent de la vitesse de rotation maximum du moteur) sera soumis à chaud, pendant une minute, à une intensité égale à 1,7 fois celle correspondant au régime unihoraire.

Cet essai est à répéter en inversant le sens de marche.

Ces essais ne doivent laisser au collecteur que des traces de brûlures pouvant disparaître après un service de quelques heures.

27. Variation du couple des moteurs monophasés en fonction de la vitesse à intensité constante

Cet essai a pour but de relever sur un moteur monophasé prélevé sur la fourniture, une courbe donnant les variations de son couple en fonction de sa vitesse pour un réglage particulier des pôles auxiliaires.

En principe, il doit être effectué dans les deux sens de rotation (après une marche préalable suffisante pour obtenir une patine convenable du collecteur et un bon rodage des balais) pour une valeur constante de l'intensité égale à la plus faible des deux valeurs suivantes:

- soit 1,7 fois l'intensité unihoraire,
- soit l'intensité correspondant à une adhérence de 30 % pour une vitesse égale à 3 % de la vitesse maximum du moteur en service.

Les mesures sont effectuées à partir d'une vitesse égale à 3 % de la vitesse maximum du moteur en service jusqu'à la vitesse atteinte sous la tension nominale avec l'intensité considérée.

- 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.

The motor shall be able to withstand these tests under the same conditions as the commutation or tests (see Clause 22, last paragraph).

Note 1. For the test at minimum field the motor shall be provided with the field weakening devices included in the equipment.

Note 2. If the motor forms part of an assembly which includes an automatic device which provides complete protection in the case of disconnection in a time less than 1 second, this time shall be used for the test.

SECTION VII

STARTING TESTS

25. D.C. motors and three-phase motors

The motor, while stationary, shall be subjected for one minute to a current at least 1.7 times the current at the one-hour rating and, in the case of a three-phase motor, at the nominal supply voltage.

The test shall be carried out four times with a five-minute interval between each test, the rotor being turned round each time $1/4$ pole pitch in the same direction.

After the tests, the commutators of D.C. motors shall not show any signs of burning.

26. Single-phase motors

The motor revolving at reduced speed (at the maximum, 3 per cent of the maximum rotational speed of the motor), and when hot, shall be subjected for one minute to a current at least 1.7 times the current at the one-hour rating.

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

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

27. Variation of the torque of single-phase motors as a function of the speed at constant current

The object of this test is to obtain a curve for a single-phase motor selected from the order, which shows the variations of its torque as a function of its speed for a given setting of the auxiliary poles.

In principle, the test shall be made in both directions of rotation after a sufficient period of running to obtain a suitable surface on the commutator and good bedding of the brushes, for a constant value of the current equal to the least of the two following values:

- either 1.7 times the current corresponding to the one-hour rating,
- or the current corresponding to 30 % adhesion for a speed equal to 3 % of the maximum speed of the motor in service.

The measurements shall be made starting at a speed equal to 3 % of the maximum service speed of the motor up to the speed reached at the rated voltage with the value of current selected.

Si le moteur doit fonctionner en service avec différents réglages des pôles auxiliaires, les mesures sont faites avec le réglage qui conduit à la compensation de la force électromotrice de transformation (également appelée tension statique) avec la vitesse la plus faible.

Sur toute l'étendue de la courbe, et notamment à la vitesse la plus basse, la valeur du couple ne devra pas être inférieure à 0,85 fois le couple mesuré à la vitesse atteinte sous la tension nominale.

La mesure du couple aux diverses vitesses sera effectuée soit par une méthode dynamométrique, soit à l'aide d'une génératrice de charge parfaitement tarée.

Il est toutefois précisé que dans le cas où le moteur doit fonctionner avec enroulements d'excitation shuntés, l'essai doit être effectué avec le moteur shunté et le courant doit être majoré par rapport aux moteurs non shuntés de façon à obtenir le même couple.

Nota. Des mesures pourront être éventuellement exécutées dans les mêmes conditions avec d'autres valeurs de l'intensité.

SECTION VIII

ESSAI DE SURVITESSE

28. 1) Cas où la vitesse angulaire maximum du moteur en service normal peut être spécifiée

Tout moteur doit pouvoir supporter pendant deux minutes, après l'essai d'échauffement, une vitesse angulaire égale à 1,25 fois la vitesse angulaire correspondant à la vitesse maximum spécifiée pour la locomotive, l'automotrice ou la motrice.

Toutefois, pour les moteurs qui conduisent des essieux indépendants et sont appelés à fonctionner normalement par deux ou plusieurs en série, cette vitesse angulaire sera portée à 1,35 fois la vitesse angulaire correspondant à la vitesse maximum spécifiée pour la locomotive, l'automotrice ou la motrice.

Les moteurs munis de dispositifs automatiques pour empêcher l'emballement seront seulement soumis pour l'essai de survitesse, à une vitesse angulaire égale au nombre de tours correspondant au réglage maximum de l'appareil de protection.

2) Cas où la vitesse angulaire maximum du moteur en service normal ne peut être spécifiée

La vitesse angulaire maximum sera celle spécifiée pour le service normal par le constructeur.

Tout moteur doit pouvoir supporter pendant deux minutes, après l'essai d'échauffement, une vitesse angulaire égale à 1,25 fois la vitesse angulaire maximum spécifiée pour le service normal.

29. Résultats de l'essai de survitesse

Après les essais de survitesse, les moteurs ne doivent présenter aucune déformation permanente et doivent résister avec succès aux essais de rigidité diélectrique spécifiés à l'article 21 et à l'un des essais de commutation spécifiés à la section VI, article 23.

SECTION IX

RELEVÉ DES CARACTÉRISTIQUES

30. Courbes caractéristiques à relever

Les spécifications des moteurs doivent comporter des courbes caractéristiques donnant, pour les différentes conditions d'excitation prévues, la vitesse de rotation de l'induit, le rendement et le couple utile sur l'arbre en fonction de l'intensité.

If the motor must work in service with different settings of the auxiliary poles, the measurements shall be made at the setting which leads to the compensation of the transformer e.m.f. (also called the static voltage) with the lowest speed.

Over the whole of the curve, and especially at the lowest speed, the value of the torque shall not be less than 0.85 times the torque measured at the speed reached at the rated voltage.

The measurement of the torque at the different speeds shall be made either by a dynamometric method or by a perfectly calibrated load generator.

When the motor must work with shunted excitation windings, the test shall be made with the motor shunted and the current must be increased as compared with non-shunted motors, so as to obtain the same torque.

Note. The measurements may be made under the same conditions with other current values.

SECTION VIII

OVERSPEED TEST

28. (1) Case where the rotational speed of the motor in normal service can be specified

Every motor shall be able to stand for two minutes, after the temperature test, a rotational speed equal to 1.25 times the rotational speed corresponding to the maximum speed specified for the locomotive or motor-coach.

However, in the case of motors which are driving independent axes and are required to work normally two or more in series, this rotational speed shall be increased to 1.35 times the rotational speed corresponding to the maximum speed specified for the locomotive or motor-coach.

Motors fitted with automatic apparatus to prevent excess speed shall, for the overspeed test, only be submitted to a rotational speed corresponding to the maximum setting of the protection apparatus.

(2) Case where the maximum rotational speed of the motor in normal service cannot be specified

The maximum rotational speed shall be that specified for normal service by the manufacturer.

Every motor shall withstand for two minutes, after the temperature test, a rotational speed equal to 1.25 times the maximum rotational speed specified for normal service.

29. Results of overspeed test

After the overspeed test, the motor shall show no permanent deformation and shall withstand successfully the dielectric tests as specified in Clause 21 as well as one of the commutation tests specified in Section VI, Clause 23.

SECTION IX

CHARACTERISTICS

30. Characteristic curves

The motor specification shall include characteristic curves giving for the various field strengths the values of armature rotational speed, efficiency, and output torque at the shaft, plotted against armature current.

On relève au banc d'essai, pour chaque moteur à essayer, les points de fonctionnement (4 ou 5 pour chaque courbe de vitesse) permettant de tracer les courbes caractéristiques pour les excitations maximum et minimum.

Ces essais sont effectués à chaud, la température des enroulements étant comprise entre 75°C et 100°C, le moteur étant alimenté à ses bornes sous la tension nominale.

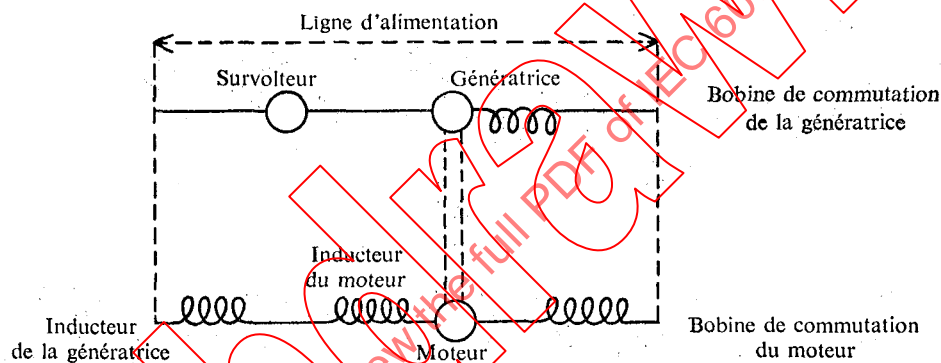
Les caractéristiques sont tracées pour une température de 75°C des enroulements.

31. Méthodes recommandées pour le relevé des caractéristiques

1) Moteurs à courant continu

On utilise pour ces essais, de préférence à toute autre, la méthode de récupération en accouplant directement deux moteurs d'un même type par leurs arbres d'induit. 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_b	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:

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