

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 34-2

Deuxième édition — Second edition

1960

**Recommandations relatives à la détermination du rendement
des machines électriques tournantes
(à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)**

**Recommendations on determination of efficiency
of rotating electrical machinery
(excluding machines for traction vehicles)**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

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 34-2

Deuxième édition — Second edition

1960

**Recommandations relatives à la détermination du rendement
des machines électriques tournantes**
(à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

**Recommendations on determination of efficiency
of rotating electrical machinery**
(excluding machines for traction vehicles)



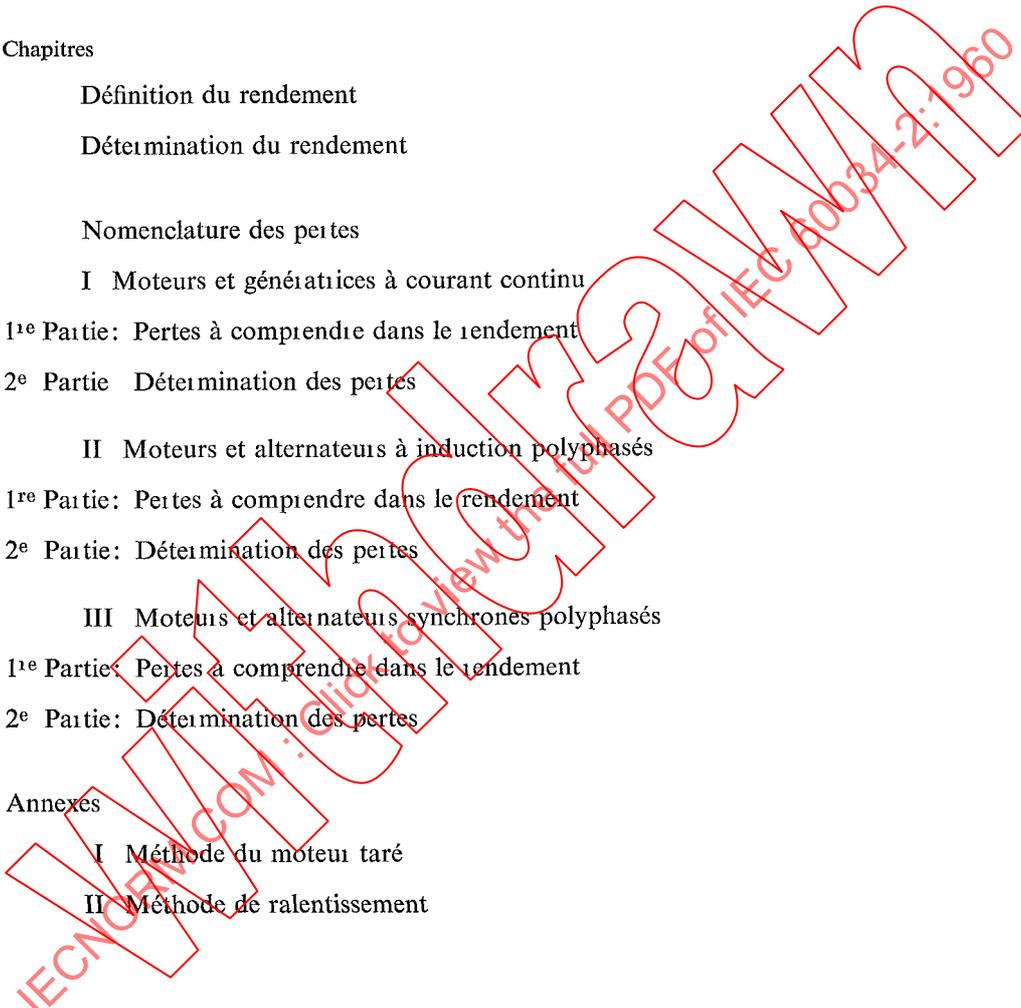
Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
Préambule	4
Préface	4
Chapitres	
Définition du rendement	8
Détermination du rendement	8
Nomenclature des pertes	
I Moteurs et génératrices à courant continu	8
1 ^{re} Partie: Pertes à comprendre dans le rendement	8
2 ^e Partie: Détermination des pertes	12
II Moteurs et alternateurs à induction polyphasés	
1 ^{re} Partie: Pertes à comprendre dans le rendement	18
2 ^e Partie: Détermination des pertes	20
III Moteurs et alternateurs synchrones polyphasés	
1 ^{re} Partie: Pertes à comprendre dans le rendement	24
2 ^e Partie: Détermination des pertes	26
Annexes	
I Méthode du moteur taré	32
II Méthode de ralentissement	32



CONTENTS

	Page
Foreword	5
Preface	5
Section	
Definition of Efficiency	9
Determination of Efficiency	9
Schedules of losses:	
<i>Schedule I</i> — D C Motors and Generators	9
Part 1 Losses to be included	9
Part 2 Determination of losses	13
<i>Schedule II</i> — Polyphase Induction Motors and Induction Generators	19
Part 1 Losses to be included	19
Part 2: Determination of losses	21
<i>Schedule III</i> — Polyphase Synchronous Motors and Generators	25
Part 1: Losses to be included	25
Part 2 Determination of losses	27
Appendices	
I — Calibrated-motor method	33
II — Retardation method	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RECOMMANDATIONS RELATIVES
A LA DÉTERMINATION DU RENDEMENT DES MACHINES
ÉLECTRIQUES TOURNANTES**

(à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

Publication 34 — 2^e Partie — 2^e Edition

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

La présente édition de la Publication 34-2 remplace et annule l'édition de 1955 et est l'aboutissement de la réunion que le Sous-Comité 2 D, Pertes et rendement, a tenue à Londres en 1955

La disposition générale de ces recommandations demeure semblable à celle de la première édition. Les modifications les plus importantes concernent les recommandations relatives à la température de référence, qui ont été remaniées de manière à tenir compte des matériaux isolants les plus récents, et l'addition d'articles ayant pour objet la détermination des pertes qui figurent dans chacune des listes donnant les pertes à comprendre dans la détermination du rendement

Le projet a été soumis aux Comités nationaux en mai 1959 en vue de son approbation suivant la Règle des Six-Mois, et un seul vote négatif a été enregistré. Les pays suivants ont émis un vote de principe favorable

Allemagne	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Norvège
Brésil	Pays-Bas
Canada	Pologne
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	U R S S
France	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RECOMMENDATIONS
ON DETERMINATION OF EFFICIENCY OF ROTATING
ELECTRICAL MACHINERY**

(excluding Machines for Traction Vehicles)

Publication 34 — Part II — 2nd Edition

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international accord 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 edition of Publication 34-2 revises and supersedes the 1955 edition and it is the outcome of a meeting of Sub-Committee 2D, Losses and Efficiency, held in London in 1955

The general framework of the recommendations remains similar to that of the first edition. The principal changes relate to the recommendations regarding reference temperature, which were altered to take account of newer insulating materials, and to the addition of clauses to deal with the determination of losses in each of the three schedules which state the losses to be included

The draft was submitted to the National Committees under the Six Months' Rule in March 1959. The following countries voted explicitly in favour of publication

Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Brazil	Norway
Canada	Poland
Denmark	Switzerland
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Italy	

Pour tenir compte des raisons accompagnant le seul vote négatif enregistré, ainsi que des autres observations reçues au même moment, diverses modifications ont été apportées et soumises aux Comités nationaux suivant la Procédure des Deux-Mois, avec des résultats satisfaisants

La 1^{re} Partie de la Publication 34 concerne les machines électriques tournantes en général

La 3^e Partie de la Publication 34 concerne les normes préférentielles pour turbo-alternateurs triphasés

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-2:1960
Withdrawn

To take account of the reasons accompanying the single negative note that had been received and to deal with other comments at the same time, amendments were subsequently circulated under the Two Months' Procedure, with satisfactory results

Part 1 of Publication 34 deals with rotating electrical machinery in general

Part 3 of Publication 34 deals with preferred ratings of turbine-type generators

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-2:1960

Withdrawn

RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA DÉTERMINATION DU RENDEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

(à l'exclusion du rendement des moteurs de traction)

DÉFINITION DU RENDEMENT

Le rendement d'une machine électrique tournante est le rapport de la puissance fournie par la machine à la puissance absorbée par celle-ci. Il est exprimé généralement en « pour-cent »

DÉTERMINATION DU RENDEMENT

Le rendement peut être mesuré par diverses méthodes. Quand il est déterminé par sommation des pertes séparées, les pertes à considérer pour les différents types de machines sont indiquées dans la nomenclature des pertes ci-après

Note Il n'est pas indiqué de nomenclature de pertes pour les commutatrices, les moteurs à courant alternatif à collecteur et les moteurs à induction monophasés, pour lesquels on utilise, en général, d'autres méthodes de détermination du rendement

TEMPÉRATURE DE RÉFÉRENCE

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, toutes les pertes par effet Joule ($R I^2$) doivent être ramenées par le calcul à l'une des températures indiquées ci-dessous. La température appropriée est celle qui correspond à la classe dont les limites d'échauffement, spécifiées dans le Tableau 1 de la Publication 34-1, ont été choisies

Classes A, E et B	75°C
Classes F et H	115°C

Note La classe d'isolation utilisée effectivement pour une partie déterminée de la machine peut ne pas correspondre nécessairement avec les limites d'échauffement choisies

I — MOTEURS ET GÉNÉRATRICES A COURANT CONTINU

1^{re} PARTIE PERTES A COMPRENDRE DANS LE RENDEMENT

Pour établir le rendement des moteurs ou des génératrices à courant continu, il y a lieu de tenir compte des pertes suivantes

- | | | |
|---------------------------------------|---|--|
| 1 Pertes dans le circuit d'excitation | { | a) Pertes par effet Joule dans le circuit d'excitation shunt |
| | | b) Pertes dans le rhéostat principal |
| | | c) Pertes dans l'excitatrice |

RECOMMENDATIONS ON DETERMINATION OF EFFICIENCY OF ROTATING ELECTRICAL MACHINERY

(excluding Efficiency of Traction Motors)

DEFINITION OF EFFICIENCY

The efficiency of a rotating electrical machine is the ratio of the power output to the power input. It is generally expressed as a percentage.

DETERMINATION OF EFFICIENCY

The efficiency can be measured by several methods. Where the efficiency is determined by the summation of losses, the losses to include for the different types of machines are given in the following schedules.

Note: Schedules of losses are not given for rotary converters, a.c. commutator motors and single-phase induction motors for which other methods of determination are generally used.

REFERENCE TEMPERATURE

Unless otherwise specified, all I^2R losses shall be corrected to one of the temperatures given below. The appropriate temperature is that corresponding to the class from which the limits of temperature rise, specified in Table 1 of Publication 34-1, are selected.

Classes A, E and B	75°C
Classes F and H	115°C

Note: The actual class of insulation used for the particular part of the machine need not necessarily correspond with the selected limits of temperature rise.

SCHEDULE I — D C MOTORS AND GENERATORS

PART 1: LOSSES TO BE INCLUDED

The following losses shall be included when preparing a statement of efficiency of d.c. motors and generators:—

- | | | |
|-------------------------|---|-----------------------|
| 1 Exciting-circuit loss | { | a) Shunt field I^2R |
| | | b) Main rheostat loss |
| | | c) Exciter loss |

2 Pertes indépendantes du courant	{	d) Pertes dans le fer e) Pertes par frottement dans les paliers f) Pertes totales par ventilation g) Pertes par frottement des balais
3 Pertes normales dépendant du courant	{	h) Variation des pertes dans le fer, due à la charge j) Pertes par effet Joule dans l'enroulement induit k) Pertes par effet Joule dans les enroulements en série avec l'induit *) l) Pertes électriques dans les balais
4 Pertes supplémentaires en charge	{	m) Pertes supplémentaires dans le fer n) Pertes supplémentaires dans les conducteurs o) Pertes supplémentaires dans les balais

1 Pertes dans le circuit d'excitation

a) Comprend les pertes par effet Joule dans le circuit d'excitation en dérivation ou séparée

b) Comprend les pertes dans le rhéostat placé dans le circuit d'excitation principal

c) Comprend toutes les pertes dans l'excitatrice lorsque celle-ci, formant partie intégrante d'un ensemble complet, est actionnée mécaniquement par l'arbre principal, et est utilisée exclusivement pour l'excitation de la machine, ainsi que les pertes dans le rhéostat d'excitation de cette excitatrice, à l'exception des pertes par frottement dans les paliers, qui sont comprises dans e), des pertes par ventilation qui sont comprises dans f), et des pertes par frottement des balais qui sont comprises dans g) Dans le cas d'une excitation séparée par d'autres moyens, tels que batterie, redresseur ou groupe moteur-générateur, il n'y a pas à tenir compte des pertes dans la source d'excitation séparée

2 Pertes indépendantes du courant

d) Comprend les pertes dans le fer à vide, à la vitesse nominale, et sous une tension égale à la tension nominale

e) Comprend seulement les pertes dans les paliers livrés avec la machine. Les pertes dans les paliers communs doivent être indiquées séparément, que ces paliers soient fournis ou non avec la machine

f) Comprend les pertes totales par ventilation dans la machine et éventuellement l'excitatrice, y compris la puissance absorbée par les ventilateurs faisant partie intégrante de la machine, ou par les ventilateurs extérieurs destinés exclusivement à la machine en question. Lorsque la machine est ventilée par une source d'air commune indépendante, les pertes dues au frottement de l'air dans les canalisations de ventilation extérieures à la machine, et celles des ventilateurs indépendants, fournissant l'air à ces canalisations, ne doivent pas être comprises dans ces pertes

g) Comprend les pertes par frottement des balais, y compris celles de l'excitatrice lorsqu'elle est entraînée mécaniquement

3 Pertes normales dépendant du courant

h) La somme des pertes d) et h) peut être considérée comme constituant les pertes dans le circuit magnétique en charge

j), k) Comprend les pertes par effet Joule dans l'enroulement induit et dans les enroulements en série avec l'induit

*) Y compris également les enroulements des pôles de commutation et les enroulements de compensation

2	Losses independent of current	<ul style="list-style-type: none"> d) Core loss e) Bearing friction f) Total windage loss g) Brush friction
3	Direct-load loss	<ul style="list-style-type: none"> h) Change in core loss due to load j) I^2R loss in armature windings k) I^2R loss in windings in series with the armature *) l) Electrical losses in brushes
4	Stray-load loss	<ul style="list-style-type: none"> m) Stray-load loss in iron n) Stray-load loss in conductors o) Additional brush losses

1 Exciting-circuit loss

- a) The I^2R loss in the shunt or separately excited windings
- b) The loss in the rheostat in the main exciter circuit

c) All the losses in an exciter mechanically driven from the main shaft which forms part of the complete unit, and is used solely for exciting the machine, together with losses in the rheostat in the field circuit of such an exciter, with the exception of bearing loss which is included in e), windage loss which is included in f), and brush friction which is included in g). In case of separate excitation by other means, such as a battery, rectifier, or motor-generator set, no allowance for losses of the excitation source is to be made

2 Losses independent of current

- d) Core loss at no-load and rated speed and rated terminal voltage

e) Only losses in bearings supplied with the machine shall be included. Losses in common bearings shall be stated separately whether or not they are supplied with the machine

f) The total windage loss in the machine and exciter, if any, including the power absorbed in fans forming an integral part of the machine, or in external fans provided exclusively for the machine in question. When the machine is ventilated from a common independent air supply the windage losses in ventilating ducts external to the machine housing, and those of the external fans supplying air through such external ducts, shall not be included

- g) The brush friction, including that of the exciter if mechanically driven

3 Direct-load loss

- h) The sum of items d) and h) can be considered as constituting the core losses on load

- j), k) I^2R losses in the armature winding and in windings in series with the armature

*) Includes also commutating-pole windings and compensating windings

l) Comprend la somme des pertes par effet Joule dans les balais et les connexions et des pertes par contact des balais pour la machine tout entière

4 Pertes supplémentaires en charge

m) Comprend les pertes supplémentaires dans le circuit magnétique et dans les parties métalliques autres que les conducteurs

n) Comprend les pertes supplémentaires dans les conducteurs

o) Comprend les pertes supplémentaires dans les balais dues à la commutation

2^e PARTIE: DÉTERMINATION DES PERTES

1 Pertes dans le circuit d'excitation

a) Pertes par effet Joule dans le circuit d'excitation shunt

Ces pertes sont calculées par la formule RI^2 , dans laquelle R est la résistance de l'enroulement d'excitation en dérivation ou séparée ramenée à la température de référence, et I le courant d'excitation en charge. Sauf dans le cas iii) ci-dessous, le courant d'excitation est celui qui correspond à la vitesse nominale à pleine charge. Dans le cas iii) ci-dessous, c'est celui qui correspond à la vitesse nominale à vide.

Si ce courant ne peut pas être mesuré au cours d'un essai en charge, on admet qu'il est égal:

- i) dans le cas des génératrices excitées en dérivation, avec ou sans pôles de commutation, à 110% du courant d'excitation correspondant à la marche à vide sous une tension égale à la tension nominale majorée de la chute ohmique dans le circuit d'induit (induit, balais, enroulements de commutation et de compensation, s'il y a lieu),
- ii) dans le cas des génératrices compensées, au courant d'excitation correspondant à la marche à vide sous une tension égale à la tension nominale majorée de la chute ohmique dans le circuit d'induit (induit, balais, enroulements de commutation et de compensation, s'il y a lieu),
- iii) dans le cas des génératrices à excitation composée (compound), au courant d'excitation correspondant à vide à la tension nominale,
- iv) dans le cas des génératrices hypercompound ou hypocompound et des types spéciaux de génératrices non couverts par les points i) à iii), à la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur,
- v) dans le cas des moteurs, au courant d'excitation à vide correspondant à la tension nominale

b) Pertes dans le rhéostat principal

Ces pertes sont calculées par la formule RI^2 dans laquelle R est la résistance de la partie du rhéostat en circuit pour le régime considéré et I la valeur du courant d'excitation en charge définie comme dans a) ci-dessus. Elles sont aussi égales au produit $I U$ du courant d'excitation en charge par la fraction U de la tension d'excitation qui doit être absorbée dans le rhéostat.

La somme des pertes a) et b) est aussi égale au produit $I U_c$ du courant d'excitation en charge I par la tension totale d'excitation U_c .

l) The summation, for the entire machine, of the I^2R loss in brushes and connectors and brush contact loss

4 Stray-load loss

m) The stray-load loss in the magnetic circuit and any other metal parts other than the conductors

n) The stray-load loss in conductors

o) The additional brush losses due to commutation

PART 2 DETERMINATION OF LOSSES

1 Exciting-circuit losses

a) Shunt field I^2R losses

These losses are calculated from the formula I^2R where R is the resistance of the shunt field winding (or separately-excited winding), corrected to the reference temperature and I is the on-load excitation current. Except for case iii) below, the excitation current shall be that corresponding to rated speed at full load. For case iii) below, it shall be that corresponding to rated speed at no-load.

If the current cannot be measured during a test on load it shall be taken as:

- i) For shunt-connected generators with or without commutation poles: 110% of the excitation current corresponding to no-load at a voltage equal to the rated voltage plus the ohmic drop in the armature circuit (armature, brushes, interpole and compensating windings, if any),
- ii) For compensated generators: the excitation current corresponding to no-load at a voltage equal to the rated voltage plus the ohmic drop in the armature circuit (armature, brushes, interpole and commutating windings, if any),
- iii) For level-compounded generators: the excitation current for the rated no-load voltage,
- iv) For over-compounded and under-compounded generators, and special types of generator not covered by items i) to iii) as agreed between manufacturer and purchaser,
- v) For motors: equal to no-load excitation current corresponding to the rated voltage

b) Losses in the main rheostat

These losses are calculated from the formula I^2R , where R is the resistance of the part of the rheostat in circuit for the rating considered, and I is the value of the on-load exciting current defined as in a) above. They are also equal to the product IU , of the on-load excitation current multiplied by U , the excitation voltage which must be absorbed in the rheostat.

The sum of losses a) and b) is also equal to the product $I U_e$ of the on-load excitation current I and the total excitation voltage U_e .

c) Pertes dans l'excitatrice

Note Seulement dans le cas où l'excitatrice est entraînée mécaniquement par l'arbre principal et est utilisée exclusivement pour l'excitation de la machine principale

Ces pertes comprennent l'excès de la puissance absorbée sur l'arbre par l'excitatrice sur la puissance utile à ses bornes *) ainsi que les pertes d'excitation de l'excitatrice si celle-ci est excitée par une source séparée

Si l'excitatrice peut être désaccouplée de la machine principale et essayée séparément, la puissance qu'elle absorbe peut être mesurée par la méthode du moteur taré (Annexe I)

Si elle ne peut pas être désaccouplée de la machine principale, la puissance qu'elle absorbe peut être mesurée soit par la méthode de fonctionnement en *moteur à vide*, soit par la méthode du *moteur taré* (Annexe I), soit par la méthode de ralentissement (Annexe II), appliquée au groupe complet. Dans ces trois méthodes, la puissance absorbée par l'excitatrice s'obtient par différence entre les pertes totales du groupe mesurées dans des conditions identiques, soit avec l'excitatrice en charge, soit avec l'excitatrice non excitée, l'excitation étant fournie par une source indépendante

Si aucune de ces méthodes n'est applicable, la puissance absorbée par l'excitatrice s'obtient en ajoutant à la puissance mesurée à ses bornes les différentes pertes séparées déterminées comme il est dit au Titre I: Moteurs et génératrices à courant continu, 1^{re} partie. Toutefois, il n'y a pas à tenir compte des pertes mécaniques par frottement et ventilation qui sont mesurées en même temps que celles de la machine principale

2 Pertes indépendantes du courant

d) Pertes dans le fer

e) Pertes par frottement dans les paliers

f) Pertes totales par ventilation

g) Pertes par frottement des balais

La somme $d) + e) + f) + g)$ des pertes indépendantes du courant est déterminée en faisant fonctionner la machine en *moteur à vide* sous une tension égale à sa tension nominale, la vitesse étant portée à sa valeur nominale par réglage de l'excitation, alimentée de préférence par une source séparée

La puissance électrique totale absorbée, diminuée des pertes Joule dans l'induit et dans l'enroulement d'excitation ou, s'il y a lieu, de la puissance absorbée par l'excitatrice, donne la somme des pertes indépendantes du courant.

Les pertes $d)$, $e) + f)$ et $g)$ peuvent être déterminées séparément en entraînant la machine à sa vitesse nominale au moyen d'un moteur taré (Annexe I). La machine étant excitée (de préférence par une source indépendante) de façon à fonctionner en génératrice à vide sous une tension égale à sa tension nominale, la puissance qu'elle absorbe sur son arbre et qui se déduit de la puissance électrique absorbée par le moteur taré, donne la somme des pertes $d) + e) + f) + g)$. En supprimant l'excitation, on obtient de la même façon la somme des pertes $e) + f) + g)$. Les pertes $d)$ s'en déduisent par différence. Enfin, en relevant les balais, on peut déterminer séparément les pertes $g)$. La somme $e) + f)$ s'en déduit par différence.

Dans les machines à grande inertie, les pertes totales $d) + e) + f) + g)$, ainsi que les pertes $d)$, $e) + f)$ et $g)$ peuvent également être déterminées séparément en utilisant la méthode de ralentissement (Annexe II)

*) La puissance utile aux bornes de l'excitatrice est égale à la somme des pertes $a)$ et $b)$ de la machine principale

c) *Losses in the exciter*

Note This applies only to the case where the exciter is mechanically driven from the main shaft and is used solely for exciting the main machine

These losses include the difference between the power absorbed at the shaft by the exciter and the useful power at its terminals *) as well as the excitation losses in the exciter if this is excited from a separate source

If the exciter can be uncoupled from the main machine and tested separately, the power which it absorbs may be measured by using the calibrated-motor method (Appendix I)

If it cannot be uncoupled from the main machine, the power which it absorbs may be measured either by the method of working as a *motor on no-load*, or by the *calibrated-motor* method (Appendix I), or by the *retardation* method (Appendix II), applied to the whole unit. In these three methods the power absorbed by the exciter is obtained as the difference between the total losses of the unit measured under identical conditions, with the exciter on-load and with the exciter non-excited, the excitation being supplied by an independent source

If none of these methods are applicable, the power absorbed by the exciter is obtained by adding to the power, measured at its terminals, the different separate losses determined as under Part 1 of this schedule D.C. Motors and Generators. However, mechanical friction and windage losses which are measured at the same time as those of the main machine need not be taken into account

2 Losses independent of current

d) *Core losses*

e) *Bearing friction losses*

f) *Total windage losses*

g) *Brush friction losses*

The sum $d) + e) + f) + g)$ of the losses shall be determined by running the machine under no-load conditions as a motor with rated voltage applied and with rated speed achieved by adjustment of the excitation, which shall preferably be derived from a separate source

The total electric power absorbed, less the I^2R losses in the armature and in the excitation winding, or, if necessary, less the power absorbed by the exciter, gives the sum of the losses independent of current

The losses $d), e) + f)$ and $g)$ can be determined separately by driving the machine at its rated speed by means of a calibrated motor (Appendix I). The machine is excited (preferably from an independent source) so as to work as a generator under no-load at a voltage equal to its rated voltage, the power which it absorbs at its shaft and which can be obtained from the electric power absorbed by the calibrated motor giving the sum of the losses $d) + e) + f) + g)$. By eliminating the excitation, the sum of the losses $e) + f) + g)$ is obtained in the same fashion. The losses $d)$ are obtained by subtraction. Finally, by lifting the brushes, the losses $g)$ may be determined separately. The sum $e) + f)$ is obtained by subtraction

In machines with large inertia, the total losses $d) + e) + f) + g)$ as well as the losses $d), e) + f)$ and $g)$, can also be determined separately by using the retardation method (Appendix II)

*) The useful power at the terminals of the exciter is equal to the sum of the losses $a)$ and $b)$ of the main machine

3 Pertes normales dépendant du courant

h) Variation des pertes dans le fer due à la charge

Cette variation est considérée généralement comme négligeable. Par accord spécial, dans le cas de machines à très basse tension, la somme $d) + h)$ peut être mesurée comme il est dit ci-dessus pour les pertes dans le fer $d)$, par l'une ou l'autre des deux méthodes de fonctionnement en moteur à vide ou en génératrice à vide, mais en faisant l'essai non pas à la tension nominale, mais à cette tension nominale augmentée ou diminuée de la chute de tension dans le circuit de l'induit pour le régime de courant considéré, suivant qu'il s'agit d'une génératrice ou d'un moteur.

La détermination de la variation des pertes dans le fer des machines à entrefer non uniforme nécessite un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

j) Pertes par effet Joule dans l'enroulement induit

k) Pertes par effet Joule dans les enroulements en série avec l'induit

Ces pertes sont calculées en partant du courant et des valeurs mesurées des résistances, ramenées par le calcul à la température de référence, cependant, lorsque la mesure des résistances est impraticable en raison des très faibles valeurs en jeu, la détermination par le calcul est admise.

Note Ces pertes comprennent également celles dans les enroulements de compensation, les enroulements des pôles de commutation et les résistances de shuntage. Dans le cas d'une résistance de shuntage en parallèle avec un enroulement en série, les pertes par effet Joule sont déterminées en partant du courant total et de la résistance résultante.

l) Pertes électriques dans les balais

La somme de ces pertes est égale au produit du courant total par une chute de tension déterminée. La chute de tension admise pour tous les balais d'une même polarité est de 1,0 volt pour des balais en carbone ou en graphite, et à 0,3 volt pour des balais en carbone métallisé, c'est-à-dire que la chute de tension totale est de 2,0 volts pour des balais en carbone ou en graphite, et de 0,6 volt pour des balais en carbone métallisé.

4 Pertes supplémentaires en charge

m) Pertes supplémentaires dans le fer

n) Pertes supplémentaires dans les conducteurs

o) Pertes supplémentaires dans les balais

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, on admet que les pertes $m)$, $n)$, $o)$ varient comme le carré du courant et que leur valeur totale pour le courant nominal maximum est égale à :

1% de la puissance conventionnelle définie ci-après pour les machines non compensées, et

0,5% de cette puissance pour les machines compensées.

Pour les machines à vitesse constante, la puissance conventionnelle dont il s'agit est la puissance utile qui serait obtenue pour le courant nominal maximum et la tension nominale maximum.

Pour les moteurs à variation de vitesse par variation de la tension appliquée, cette puissance conventionnelle est définie pour chaque vitesse comme la puissance sur l'arbre obtenue lorsque le courant nominal maximum est associé à la tension correspondant à la vitesse considérée.

Pour les moteurs à vitesse variable compensés ou non, dans lesquels l'augmentation de la vitesse est obtenue par affaiblissement du champ, la puissance conventionnelle est définie comme la puissance sur l'arbre obtenue lorsqu'on associe la tension nominale au courant nominal maximum, et les pertes supplé-

3 Direct-load loss

h) Change in core loss due to load

In general, this variation is considered as being negligible. By special agreement for very low voltage machines, the sum $d) + h)$ may be measured as described above for the core losses $d)$ by one or other of the two methods, by operating as a motor on no-load or as a generator on no-load, but instead of making the test at the rated voltage, the test is made at this rated voltage increased or decreased by the voltage drop in the armature circuit for the current considered, accordingly as it is a generator or a motor.

For the determination of the change in core losses in machines with a non-uniform air gap, special agreement between purchaser and manufacturer is necessary.

j) I^2R losses in armature windings

k) I^2R losses in windings in series with the armature

These losses are calculated from the current and the measured resistances, corrected to the reference temperature, except that where resistance measurement is impracticable due to very low resistances, calculation is permissible.

Note Under this heading are included compensating windings, commutating pole windings and diverters. In the case of diverters in parallel with a series winding, the I^2R losses should be determined using the total current and the resulting resistance.

l) Electrical losses in brushes

The sum of these losses shall be taken as the product of the main current and a fixed voltage drop. The voltage drop allowed for all brushes of each polarity shall be 1.0 volt for carbon or graphite brushes and 0.3 volt for metal-carbon brushes, i.e. a total drop of 2.0 volts for carbon or graphite brushes, and 0.6 volt for metal-carbon brushes.

4 Stray-load loss

m) Stray load losses in iron

n) Stray load losses in conductors

o) Additional brush losses

Unless otherwise specified, it is assumed that the losses $m)$, $n)$ and $o)$ vary as the square of the current and that their total value at maximum rated current is equal to:

1% of the basic output for uncompensated machines, and

0.5% of the basic output for compensated machines.

For constant-speed machines, the basic output is taken as the output which would be obtained at maximum rated current and maximum rated voltage.

For variable-speed motors where the speed change is obtained by applied voltage, the basic output is defined at each speed as being the output at the shaft when the maximum rated current at any speed is associated with the applied voltage of the particular speed considered.

For variable-speed motors, whether compensated or uncompensated, where the speed increase is obtained by weakening the field, the basic output is defined as being the output at the shaft when the rated voltage is associated with the maximum rated current, and the allowances for stray-load loss at

mentaires à la vitesse minimum sont celles spécifiées ci-dessus. Les pertes supplémentaires aux autres vitesses s'obtiennent en multipliant les valeurs précédentes par le facteur donné dans le tableau I pour le rapport de vitesse considéré.

TABLEAU I: FACTEURS DE MULTIPLICATION POUR DIVERS RAPPORTS DE VITESSES

Rapport des vitesses	Facteur de multiplication
1,5:1	1,4
2:1	1,7
3:1	2,5
4:1	3,2

Le rapport des vitesses figurant à la première colonne du tableau I est le rapport de la vitesse vraie considérée à la vitesse minimum pour service continu.

Pour des rapports de vitesses différents de ceux indiqués dans ce tableau, on déterminera les facteurs de multiplication appropriés par interpolation.

Note Les pertes supplémentaires peuvent être obtenues par un essai en charge ou en récupération, en soustrayant des pertes totales mesurées toutes les autres pertes connues.

II — MOTEURS ET ALTERNATEURS A INDUCTION POLYPHASÉS

1^{re} PARTIE PERTES A COMPRENDRE DANS LE RENDEMENT

Pour établir le rendement des moteurs et alternateurs à induction polyphasés, il y a lieu de tenir compte des pertes suivantes:

- | | |
|--|---|
| 1 Pertes indépendantes du courant | <ul style="list-style-type: none"> a) Pertes dans le circuit magnétique b) Pertes par frottement dans les paliers c) Pertes totales par ventilation d) Pertes par frottement des balais |
| 2 Pertes normales dépendant du courant | <ul style="list-style-type: none"> e) Pertes par effet Joule dans l'enroulement du stator f) Pertes par effet Joule dans l'enroulement du rotor g) Pertes électriques dans les balais |
| 3 Pertes supplémentaires en charge | <ul style="list-style-type: none"> h) Pertes supplémentaires dans le fer j) Pertes supplémentaires dans les conducteurs |

Note Lorsque des machines auxiliaires, telles que des compensateurs de phase, sont entraînées mécaniquement par l'arbre principal, les pertes de ces machines auxiliaires doivent être comprises de la même manière que celles des excitatrices dans le cas des machines synchrones. Les pertes dans les compensateurs de phase ou autres machines de réglage, entraînées séparément, ne doivent pas être comprises.

1 Pertes indépendantes du courant

a) Comprend les pertes dans le fer à vide, à la vitesse de marche à vide, à la tension nominale, et à la fréquence nominale.

minimum speed shall be as specified above. The allowances at other speeds shall be obtained by multiplying the figures above specified by the multiplying factor given in Table I corresponding to the speed in question.

TABLE I: MULTIPLYING FACTORS FOR DIFFERENT SPEED RATIOS

Speed ratio	Multiplying factor
1.5:1	1.4
2:1	1.7
3:1	2.5
4:1	3.2

The speed ratio of Column 1 in Table I shall be taken as the ratio of actual speed under consideration to the minimum rated speed for continuous running.

For speed ratios other than those given in the Table, the appropriate multiplying factors can be ascertained by interpolation.

Note The stray-load loss may be obtained from an input-output test or from a pump-back test by subtracting from the total measured losses all other known losses.

SCHEDULE II — POLYPHASE INDUCTION MOTORS AND INDUCTION GENERATORS

PART 1 — LOSSES TO BE INCLUDED

The following losses shall be included when preparing a statement of efficiency of polyphase induction motors and induction generators:

- | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 Losses independent of current | { | a) Core loss |
| | | b) Bearing friction |
| | | c) Total windage loss |
| | | d) Brush friction |
| 2 Direct-load loss | { | e) I^2R loss in stator windings |
| | | f) I^2R loss in rotor windings |
| | | g) Electrical losses in brushes |
| 3 Stray-load loss | { | h) Stray-load loss in iron |
| | | j) Stray-load loss in conductors |

Note In the case of auxiliary machines, such as phase advancers driven mechanically from the main shaft, the losses in such auxiliary machines should be included in the same way as the exciter losses are included for synchronous machines. Losses in separately driven phase advancers or regulating sets should not be included.

1 Losses independent of current

- a) Core loss at no-load and no-load speed, with rated terminal voltage and rated frequency

b) Comprend seulement les pertes dans les paliers livrés avec la machine. Les pertes dans les paliers communs doivent être indiquées séparément, que ces paliers soient fournis ou non avec la machine.

c) Comprend les pertes totales par ventilation dans la machine et éventuellement les machines auxiliaires, y compris la puissance absorbée par les ventilateurs faisant partie intégrante de la machine, ou par les ventilateurs extérieurs destinés exclusivement à la machine en question. Lorsque la machine est ventilée par une source d'air commune indépendante, les pertes dues au frottement de l'air dans les canalisations de ventilation extérieures à la machine, et celles des ventilateurs indépendants, fournissant l'air à ces canalisations, ne doivent pas être comprises dans ces pertes.

d) Comprend les pertes par frottement des balais (seulement lorsque les balais ne sont pas relevés).

2 Pertes normales dépendant du courant

e) Comprend les pertes par effet Joule dans l'enroulement du stator.

f) Comprend les pertes par effet Joule en charge dans l'enroulement du rotor.

g) Comprend la somme des pertes par effet Joule dans les balais et leurs connexions et des pertes au contact des balais.

3 Pertes supplémentaires en charge

h) Comprend les pertes dans le circuit magnétique et dans les parties métalliques autres que les conducteurs.

j) Comprend les pertes supplémentaires dans les conducteurs.

2^e PARTIE: DÉTERMINATION DES PERTES

1 Pertes indépendantes du courant

a) Pertes dans le circuit magnétique

b) Pertes par frottement dans les paliers

c) Pertes totales par ventilation

d) Pertes par frottement des balais

La somme $a) + b) + c) + d)$ des pertes indépendantes du courant se détermine par la méthode du fonctionnement en moteur à vide. La machine est alimentée à sa tension et à sa fréquence nominales. La puissance absorbée, diminuée des pertes par effet Joule dans le stator, donne le total des pertes indépendantes. (Les pertes par effet Joule dans le rotor peuvent être négligées.)

Les pertes $b) + c) + d)$ peuvent être déterminées séparément en entraînant la machine, séparée du réseau, à sa vitesse nominale au moyen d'un moteur taré (Annexe I). Avec les balais en place, s'il y a lieu, la puissance absorbée sur l'arbre par la machine, qui se déduit de la puissance électrique absorbée par le moteur taré, donne le total des pertes $b) + c) + d)$. Avec les balais relevés, s'il y a lieu, on obtient de même la somme des pertes $b) + c)$.

Les pertes $a)$ se déduisent des précédentes par différence.

b) Only losses in bearings supplied with the machine shall be included. Losses in common bearings shall be stated separately whether or not they are supplied with the machine.

c) The total windage loss in the machine and auxiliary machines, if any, including the power absorbed in fans forming an integral part of the machine, or in external fans provided exclusively for the machine in question. When the machine is ventilated from a common independent air supply, the windage losses in ventilating ducts external to the machine housing, and those of the external fans supplying air through such external ducts, shall not be included.

d) The brush friction (included when brushes are not lifted)

2 Direct-load loss

e) The I^2R loss in the stator windings

f) The I^2R loss in the rotor windings on load

g) The summation of the I^2R loss in brushes and connectors, and brush-contact loss

3 Stray-load loss

h) The stray-load loss in the magnetic circuit and any other metal parts other than the conductors

i) The stray-load loss in conductors

PART 2. DETERMINATION OF LOSSES

1 Losses independent of current

a) Core losses

b) Bearing friction

c) Total windage losses

d) Brush friction

The sum $a) + b) + c) + d)$ of the losses independent of current is determined by running the machine as a motor on no-load. The machine is fed at its rated voltage and frequency. The power absorbed, decreased by the I^2R losses in the stator, gives the total of the independent losses. (The I^2R losses in the rotor may be neglected)

The losses $b) + c)$ and $d)$ may be determined separately by driving the machine, disconnected from the network, at its rated speed by means of a calibrated motor (Appendix I). With the brushes, if any, in place, the power absorbed at the shaft of the machine, which may be deduced from the electrical power absorbed by the calibrated motor, gives the sum of the losses $b) + c) + d)$. With the brushes, if any, lifted, the sum of the losses $b) + c)$ is obtained in the same manner.

Losses $a)$ may be obtained from the preceding by subtraction.

Les pertes peuvent également être séparées en faisant fonctionner la machine en moteur à vide à sa fréquence nominale, mais à des tensions différentes. La puissance absorbée, diminuée des pertes par effet Joule dans le stator, est reportée sur un diagramme en fonction du carré de la tension. On obtient ainsi, aux faibles saturations, une ligne droite qui peut être extrapolée jusqu'à une valeur nulle de la tension.

Il ne faut pas oublier qu'à très basse tension les pertes reportées sur le diagramme peuvent être élevées en raison de l'augmentation des pertes dans le rotor lorsque le glissement devient important. Cette partie du diagramme doit donc être laissée de côté lors du tracé de la ligne droite.

Cette méthode permet de déterminer la somme $b) + c) + d)$ et par suite $a)$. Si le moteur est débranché avec son rotor en court-circuit et avec les balais relevés (ce qui est possible si l'alternateur qui fournit l'alimentation est débranché en même temps que le moteur), la somme $b) + c)$ est obtenue par extrapolation à une valeur nulle de la tension.

2 Pertes normales dépendant du courant

e) Pertes par effet Joule dans l'enroulement du stator

f) Pertes par effet Joule dans l'enroulement du rotor

g) Pertes électriques dans les balais

Note Dans les paragraphes qui suivent, où il est fait mention de l'emploi d'un diagramme du cercle, le constructeur et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur le genre de diagramme à utiliser.

Les pertes *e)* sont calculées à partir des résistances des enroulements statoriques, mesurées en courant continu et ramenées à la température de référence, et du courant correspondant à la charge considérée. Ce courant est mesuré lors d'un essai en charge, si cet essai est exécuté. Sinon, il est déduit d'un diagramme du cercle, ou calculé en partant des valeurs garanties pour le rendement et le facteur de puissance provisoirement admises comme exactes.

Pour déterminer les pertes *f)*, lorsqu'un essai en charge est fait, les pertes dans le rotor sont prises égales au produit du glissement par la puissance totale transmise au rotor, c'est-à-dire la puissance absorbée diminuée des pertes dans le fer *a)* et des pertes Joule dans le stator *e)*. Cette méthode donne directement la somme des pertes $f) + g)$ pour les machines à bagues, et les pertes *f)* pour les machines à rotor à cage d'écureuil. Elle est la seule applicable pour ce dernier type de machines, où la mesure des résistances de l'enroulement rotorique n'est pas possible. Lorsqu'il est fait usage de cette méthode, le glissement peut être mesuré par une méthode stroboscopique, ou en comptant les battements d'un millivoltmètre à aimant permanent connecté entre deux bagues (pour les moteurs à rotor bobiné), ou aux bornes d'une bobine auxiliaire (moteurs à rotor en court-circuit), ou encore entre les extrémités de l'arbre.

Les pertes *f)* peuvent être calculées, pour les rotors à bagues, à partir des résistances, mesurées en courant continu et ramenées à la température de référence, et du courant rotorique déduit du diagramme du cercle, compte tenu du rapport de transformation v de la machine.

A moins qu'il ne soit possible de faire un essai en charge, les pertes *g)* dans les balais ne peuvent pas être mesurées directement. Elles sont alors prises égales au produit du courant passant dans les balais par une chute de tension déterminée. La chute de tension dans tous les balais d'une même phase est prise égale à 1,0 volt pour les balais en carbone ou en graphite, et à 0,3 volt pour les balais en carbone métallisé.

3 Pertes supplémentaires en charge

h) Pertes supplémentaires dans le fer

j) Pertes supplémentaires dans les conducteurs

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, on admet que ces pertes varient comme le carré du courant primaire, et que leur valeur totale à pleine charge est égale à 0,5 pour cent de la puissance nominale.

Note Les pertes supplémentaires peuvent être obtenues par un essai en charge ou en récupération, en soustrayant des pertes totales mesurées toutes les autres pertes connues.

The losses may also be separated by running the machine as a motor at rated frequency, but at different voltages. The power absorbed, less the I^2R losses in the stator, is plotted against the square of the voltage. This, at low saturation, will give a straight line which can be extrapolated to zero voltage.

It should be borne in mind that, at very low voltage, losses plotted on the diagram may be high because of the increased rotor losses with increased slip. When plotting the straight line this part of the diagram should not be taken into account.

In the above manner, the sum $b) + c) + d)$ is obtained and hence $a)$. If the motor is started with a short-circuited rotor and the brushes are lifted (which is possible if the supply generator is started with the motor), $b) + c)$ are obtained at zero voltage.

2 Direct-load loss

e) I^2R losses in stator windings

f) I^2R losses in rotor windings

g) Electrical losses in brushes

Note In the following paragraphs, where the use of a circle diagram is involved, the manufacturer and purchaser should agree the form of the diagram to be used.

The losses *e)* are calculated from the resistances of the stator windings measured, using a direct current, and corrected to the reference temperature, and from the current corresponding to the load considered. This current is measured during an on-load test if this test is made. Otherwise, it is calculated from a circle diagram or calculated from the guaranteed values for efficiency and power factor, provisionally assumed to be correct.

To determine the losses *f)* when an on-load test is made, the rotor losses are taken to be equal to the product of the slip and the total power transmitted to the rotor, i.e., the power absorbed decreased by the core losses *a)* and the I^2R losses in the stator *e)*. This method gives directly the sum of the losses *f) + g)* for slip-ring machines, and the losses *f)* for squirrel-cage machines. For this latter type of machine this is the only applicable method as it is not possible to measure the resistance of the rotor winding. When use is made of this method, the slip may be measured by a stroboscopic method or by counting the beats of a permanent-magnet millivoltmeter, connected between two rings (for motors with wound rotors) or the terminals of an auxiliary coil (motors with short-circuited rotor) or between the ends of the shaft.

For slip-ring motors the losses *f)* may be calculated from the resistance measured by d.c. and corrected to the reference temperature and from the rotor current calculated from a circle diagram, account being taken of the true transformation ratio of the machine.

Unless it is possible to make an on-load test, the losses *g)* in the brushes cannot be measured directly. These losses shall then be taken as the product of the current flowing in the brushes and a fixed voltage drop. The voltage drop in all brushes of the same phase shall be taken as 1.0 volt for carbon or graphite brushes, and 0.3 volt for metal-carbon brushes.

3 Stray-load loss

h) Stray-load loss in iron

j) Stray-load loss in conductors

Unless otherwise specified, it is assumed that the losses *h)* and *j)* vary as the square of the primary current and that their total value at full load is equal to 0.5 per cent of the rated output.

Note The stray load loss may be measured from an input-output test or from a pump-back test by subtracting from the total measured losses all other known losses.

III — MOTEURS ET ALTERNATEURS SYNCHRONES POLYPHASÉS

1^{re} PARTIE PERTES A COMPRENDRE DANS LE RENDEMENT

Pour établir le rendement des moteurs et alternateurs synchrones polyphasés, il y a lieu de tenir compte des pertes suivantes

- | | | |
|--|---|---|
| 1 Pertes dans le circuit d'excitation | { | a) Pertes par effet Joule dans le circuit d'excitation
b) Pertes dans le rhéostat principal
c) Pertes électriques dans les balais
d) Pertes dans l'excitatrice |
| 2 Pertes indépendantes du courant | { | e) Pertes dans le circuit magnétique
f) Pertes par frottement dans les paliers
g) Pertes totales par ventilation
h) Pertes par frottement des balais |
| 3 Pertes normales dépendant du courant | { | i) Pertes par effet Joule dans l'enroulement induit |
| 4 Pertes supplémentaires en charge | { | k) Pertes supplémentaires dans le fer
l) Pertes supplémentaires dans les conducteurs |

1 Pertes dans le circuit d'excitation

- a) Comprend les pertes par effet Joule dans l'enroulement d'excitation
- b) Comprend les pertes dans le rhéostat placé dans le circuit d'excitation principal
- c) Comprend la somme des pertes par effet Joule dans les balais et leurs connexions et des pertes au contact des balais
- d) Comprend toutes les pertes dans l'excitatrice lorsque celle-ci, formant partie intégrante d'un ensemble complet, est actionnée mécaniquement par l'arbre principal, et est utilisée exclusivement pour l'excitation de la machine, ainsi que les pertes dans le rhéostat d'excitation de cette excitatrice, à l'exception des pertes par frottement dans les paliers qui sont comprises dans f), des pertes par ventilation qui sont comprises dans g), et des pertes par frottement des balais qui sont comprises dans h)

Les pertes dans les engrenages, courroies, ou commandes similaires entre l'arbre principal et l'excitatrice, doivent être comprises

Comprend également les pertes dans tout appareil d'auto-excitation et de réglage recevant sa puissance du réseau à courant alternatif relié aux bornes de la machine synchrone

Dans le cas d'une excitation séparée par d'autres moyens, tels que batterie, redresseur ou groupe moteur-générateur, il n'y a pas à tenir compte des pertes dans la source d'excitation séparée

2 Pertes indépendantes du courant

- e) Comprend les pertes dans le fer à vide, à la vitesse nominale, et sous une tension égale à la tension nominale
- f) Comprend seulement les pertes dans les paliers livrés avec la machine. Les pertes dans les paliers communs doivent être indiquées séparément, que ces paliers soient fournis ou non avec la machine

SCHEDULE III — POLYPHASE SYNCHRONOUS MOTORS AND GENERATORS

PART 1 LOSSES TO BE INCLUDED

The following losses shall be included when preparing a statement of efficiency of polyphase synchronous motors and generators

- | | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| 1 | Exciting-circuit loss | { | <ul style="list-style-type: none"> a) Field I^2R loss b) Main rheostat loss c) Electrical loss in brushes d) Exciter loss |
| 2 | Losses independent of current | { | <ul style="list-style-type: none"> e) Core loss f) Bearing friction g) Total windage loss h) Brush friction |
| 3 | Direct-load loss | | j) I^2R loss in armature windings |
| 4 | Stray-load loss | { | <ul style="list-style-type: none"> k) Stray-load loss in iron l) Stray-load loss in conductors |

1 Exciting-circuit loss

- a) The I^2R loss in the field winding
- b) The loss in the rheostat in the main exciting circuit
- c) The summation of I^2R losses in brushes and connectors, and brush-contact loss

d) All the losses in an exciter mechanically driven from the main shaft which forms part of the complete unit, and is used solely for exciting the machine, together with losses in the rheostat in the field circuit of such an exciter, with the exception of bearing loss which is included in f), windage loss which is included in g), and brush friction which is included in h)

Losses in a gear or rope, or similar drive, between main shaft and exciter should be included

All the losses in any apparatus for self-excitation and regulation receiving its input from the a.c. lines connected to the terminals of the synchronous machine

In case of separate excitation by other means, such as a battery, rectifier or motor-generator set, no allowance for losses of the excitation source is to be made

2 Losses independent of current

- e) Core loss at no-load and rated speed and rated terminal voltage

f) Only losses in bearings supplied with the machine shall be included. Losses in common bearings shall be stated separately whether or not they are supplied with the machine

g) Comprend les pertes totales par ventilation dans la machine et éventuellement l'excitatrice, y compris la puissance absorbée par les ventilateurs faisant partie intégrante de la machine, ou par les ventilateurs extérieurs destinés exclusivement à la machine en question. Lorsque la machine est ventilée par une source d'air commune indépendante, les pertes dues au frottement de l'air dans les canalisations de ventilation extérieures à la machine, et celles des ventilateurs indépendants, fournissant l'air à ces canalisations, ne doivent pas être comprises dans ces pertes.

h) Comprend les pertes par frottement des balais, y compris celles de l'excitatrice lorsqu'elle est entraînée mécaniquement.

3 Pertes normales dépendant du courant

j) Comprend les pertes par effet Joule dans l'enroulement du stator, déterminées d'après l'intensité du courant et la résistance des enroulements.

4 Pertes supplémentaires en charge

k) Comprend les pertes supplémentaires dans le circuit magnétique et dans les parties métalliques autres que les conducteurs.

l) Comprend les pertes supplémentaires dans les conducteurs.

2^e PARTIE: DÉTERMINATION DES PERTES

1 Pertes dans le circuit d'excitation

a) *Pertes par effet Joule dans le circuit d'excitation*

Ces pertes sont calculées par la formule $R I^2$, dans laquelle R est la résistance de l'enroulement inducteur ramenée à la température de référence, et I la valeur du courant d'excitation pour le régime considéré de la machine, mesurée directement lors d'un essai en charge, ou calculée lorsque cet essai n'est pas possible. Dans ce dernier cas, la méthode de calcul doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

b) *Pertes dans le rhéostat principal*

Ces pertes sont calculées par la formule $R I^2$, en admettant pour R la résistance de la partie du rhéostat en circuit pour le régime considéré, et pour I la valeur du courant d'excitation pour le régime considéré de la machine définie en a) ci-dessus. Elles sont aussi égales au produit $I U$ du courant d'excitation au régime considéré par la tension U aux bornes du rhéostat.

c) *Pertes électriques dans les balais*

La somme de ces pertes est prise égale au produit du courant d'excitation au régime considéré par une chute de tension déterminée. Cette chute de tension est fixée, pour tous les balais d'une même polarité, à 1,0 volt pour des balais en carbone ou en graphite, et à 0,3 volt pour des balais en carbone métallisé, c'est-à-dire que la chute de tension totale est de 2,0 volts pour des balais de carbone ou de graphite et de 0,6 volt pour des balais en carbone métallisé.

La somme des pertes a) + b) + c) est aussi égale au produit $I U_e$ du courant d'excitation par la tension totale d'excitation U_e .

g) The total windage loss in the machine and exciter, if any, including the power absorbed in fans forming an integral part of the machine, or in external fans provided exclusively for the machine in question. When the machine is ventilated from a common independent air supply, the windage losses in ventilating ducts external to the machine housing, and those of the external fans supplying air through such external ducts, shall not be included.

h) The brush friction, including that of the exciter if mechanically driven.

3 Direct-load loss

j) The I^2R loss in the stator windings determined from the current and the resistance of the windings.

4 Stray-load loss

k) Stray-load loss in the magnetic circuit and any other metal parts other than the conductors.

l) Stray-load loss in conductors.

PART 2: DETERMINATION OF LOSSES

1 Exciting-circuit loss

a) *Field I^2R loss*

These losses are calculated from the formula I^2R , taking for R the resistance of the field winding corrected to the reference temperature and for I the value of the exciting current for the particular rating of the machine, measured directly during the on-load test, or calculated when this test is not possible. Where a calculation is made, the method is for agreement between manufacturer and purchaser.

b) *Main rheostat loss*

These losses are calculated from the formula I^2R , where R is the resistance of the part of the rheostat in circuit for the rating considered and I is the value of the exciting current for the rating considered defined as in a) above. They are also equal to the product $I U$ of the excitation current at the particular rating and the voltage U at the terminals of the rheostat.

c) *Electrical loss in brushes*

The sum of these losses shall be taken as the product of the excitation current at the rating considered and a fixed voltage drop. The voltage drop allowed for all brushes of each polarity shall be 1.0 volt for carbon or graphite brushes and 0.3 volt for metal-carbon brushes, i.e. a total drop of 2.0 volts for carbon or graphite brushes, and 0.6 volt for metal-carbon brushes.

The sum of the losses a) + b) + c) is also equal to the product $I U_e$ of the exciting current I and the total excitation voltage U_e .

d) Pertes dans l'excitatrice

Note Seulement dans le cas où l'excitatrice est entraînée mécaniquement par l'arbre principal et est utilisée exclusivement pour l'excitation de la machine synchrone

Ces pertes comprennent l'excès de la puissance absorbée sur l'arbre par l'excitatrice sur la puissance utile qu'elle fournit à ses bornes*) ainsi que les pertes d'excitation de l'excitatrice si elle est elle-même excitée par une source séparée

Si l'excitatrice peut être désaccouplée de la machine principale et essayée séparément, la puissance qu'elle absorbe peut être mesurée par la méthode du moteur taré (Annexe I)

Si elle ne peut être désaccouplée de la machine principale, la puissance qu'elle absorbe peut être mesurée, soit par la méthode du moteur taré (Annexe I), soit par la méthode de ralentissement (Annexe II), appliquée au groupe complet. Dans ces deux méthodes, la puissance absorbée par l'excitatrice s'obtient par différence entre les pertes totales du groupe mesurées dans les conditions identiques, soit avec l'excitatrice en charge, soit avec l'excitatrice non excitée, l'excitation étant fournie par une source indépendante

Si aucune de ces méthodes n'est applicable, la puissance absorbée par l'excitatrice s'obtient en ajoutant à la puissance mesurée à ses bornes les différentes pertes séparées déterminées comme il est dit au Titre I Moteurs et génératrices à courant continu. Toutefois, il n'y a pas à tenir compte des pertes mécaniques par frottement et ventilation qui sont mesurées en même temps que celles de la machine principale

Note Le constructeur et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur la méthode à utiliser pour déterminer les pertes dans les appareils d'auto-excitation et de réglage de tension recevant leur puissance du réseau à courant alternatif relié aux bornes de la machine

2 Pertes indépendantes du courant

e) Pertes dans le circuit magnétique

f) Pertes par frottement dans les paliers

g) Pertes totales par ventilation

h) Pertes par frottement des balais

i) La somme $e) + f) + g) + h)$ des pertes indépendantes du courant se détermine généralement par la méthode du fonctionnement en moteur à vide. La machine synchrone est alimentée à sa tension nominale et à sa fréquence nominale de manière à fonctionner en moteur à vide. L'excitation est réglée de façon à absorber le courant minimum. La puissance électrique absorbée, diminuée des pertes Joule dans les enroulements du stator et, s'il y a lieu de la puissance absorbée par l'excitatrice, donne la somme des pertes indépendantes du courant

ii) La somme des pertes $e) + f) + g) + h)$, les pertes $e)$ et la somme des pertes $f) + g) + h)$ peuvent également être déterminées en entraînant la machine à sa vitesse nominale au moyen d'un moteur taré (Annexe I). La machine étant excitée par une source indépendante de façon à fonctionner en alternateur à vide sous une tension égale à sa tension nominale, la puissance qu'elle absorbe sur son arbre et qui se déduit de la puissance électrique absorbée par le moteur taré, donne la somme des pertes $e) + f) + g) + h)$. En supprimant l'excitation, on obtient de la même façon la somme des pertes $f) + g) + h)$. Les pertes dans le circuit magnétique $e)$ s'en déduisent par différence. Étant donné le petit nombre de balais utilisés sur les machines synchrones, il n'est généralement pas possible de séparer, au moyen d'un essai avec les balais relevés, les pertes $h)$ de la somme des pertes $f) + g) + h)$

*) La puissance utile aux bornes de l'excitatrice est égale à la somme des pertes $a) + b) + c)$ de la machine principale

d) Exciter losses

Note This applies only to the case where the exciter is mechanically driven from the main shaft and is used solely for exciting the synchronous machine

These losses include the difference between the power absorbed at the shaft of the exciter and the useful power which it furnishes at its terminals *) and the excitation losses of the exciter if this machine itself is excited by a separate source

If the exciter can be uncoupled from the main machine and tested separately, the power which it absorbs may be measured by the calibrated motor method (Appendix I)

If the exciter cannot be uncoupled from the main machine, the power which it absorbs may be measured either by the calibrated motor method (Appendix I) or by the retardation method (Appendix II) applied to the complete group. In these two methods the power absorbed by the exciter is obtained as the difference between the total losses of the group measured under identical conditions first with the exciter on load, secondly with the exciter not excited, the excitation being furnished by an independent source

If none of these methods is applicable, the power absorbed by the exciter is obtained by adding to the power measured at its terminals the several separate losses determined as described under Schedule I: D C Motors and Generators. Nevertheless, mechanical losses due to friction and windage which are measured at the same time as those of the main machine are not taken into account

Note The manufacturer and purchaser should agree on the method of determining the losses in apparatus for self-excitation and regulation, receiving their input from the a c lines connected to the terminals of the machine

2 Losses independent of current

e) Core losses

f) Bearing friction

g) Total windage losses

h) Brush friction

- i) The sum $e) + f) + g) + h)$ of the losses independent of current is generally determined by the method of running the machine as a motor on no-load. The synchronous machine is fed at its rated voltage and rated frequency so as to work as a motor on no-load. The excitation is adjusted so as to absorb the minimum current. The electrical power absorbed, decreased by the I^2R loss in the stator windings and, if appropriate, by the power absorbed by the exciter, gives the sum of the losses independent of current
- ii) The sum of the losses $e) + f) + g) + h)$, the losses $e)$ and the sum of the losses $f) + g) + h)$ may also be determined by driving the machine at its rated speed by means of a calibrated motor (Appendix I). The machine is excited by an independent source so as to work as a generator on no-load at a voltage equal to its rated voltage. The power which it absorbs at its shaft, and which may be calculated from the power absorbed from the calibrated motor, gives the sum of the losses $e) + f) + g) + h)$. By removing the excitation the sum of the losses $f) + g) + h)$ is obtained in the same manner. The losses in the magnetic circuit $e)$ are obtained by subtraction. Given the small number of brushes used on synchronous machines it is generally not possible to separate the losses $h)$ from the sum of the losses $f) + g) + h)$, by means of a test with the brushes lifted

*) The useful power at the terminals of the exciter is equal to the sum of the losses $a) + b) + c)$ of the main machine