

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-2**

Troisième édition
Third edition
1972

Machines électriques tournantes

Partie 2:

Méthodes pour la détermination des pertes et
du rendement des machines électriques tournantes
à partir d'essais (à l'exclusion des machines
pour véhicules de traction)

Rotating electrical machines

Part 2:

Methods for determining losses and efficiency of
rotating electrical machinery from tests
(excluding machines for traction vehicles)



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-2: 1972

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-2**

Troisième édition
Third edition
1972

Machines électriques tournantes

Partie 2:

Méthodes pour la détermination des pertes et
du rendement des machines électriques tournantes
à partir d'essais (à l'exclusion des machines
pour véhicules de traction)

Rotating electrical machines

Part 2:

Methods for determining losses and efficiency of
rotating electrical machinery from tests
(excluding machines for traction vehicles)

© CEI 1972 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités	6
3.1 Liste des symboles	8
4. Définitions	8
4.1 Rendement	8
4.2 Pertes totales	8
4.3 Essai au frein	8
4.4 Essai avec machine auxiliaire tarée	10
4.5 Essai en opposition	10
4.6 Essai en opposition avec marche en parallèle sur un réseau	10
4.7 Essai de ralentissement	10
4.8 Essai calorimétrique	10
4.9 Essai à vide	10
4.10 Essai à circuit ouvert	10
4.11 Essai de court-circuit permanent	10
4.12 Essai au facteur de puissance nul	10
5. Température de référence	12
SECTION DEUX — MACHINES A COURANT CONTINU	
6. Pertes à comprendre	12
6.1 Pertes dans le circuit d'excitation	12
6.2 Pertes constantes	12
6.3 Pertes en charge	14
6.4 Pertes supplémentaires en charge	14
7. Détermination du rendement	14
7.1 Totalisation des pertes	14
7.2 Mesure globale des pertes	22
SECTION TROIS — MACHINES A INDUCTION POLYPHASÉES	
8. Pertes à comprendre	24
8.1 Pertes constantes	24
8.2 Pertes en charge	24
8.3 Pertes supplémentaires en charge	26
9. Détermination du rendement	26
9.1 Totalisation des pertes	26
9.2 Mesure globale des pertes	30
SECTION QUATRE — MACHINES SYNCHRONES	
10. Pertes à comprendre	32
10.1 Pertes constantes	32
10.2 Pertes en charge	34
10.3 Pertes dans le circuit d'excitation	34
10.4 Pertes supplémentaires en charge	34
11. Détermination du rendement	36
11.1 Totalisation des pertes	36
11.2 Mesure globale des pertes	42
SECTION CINQ — MÉTHODES D'ESSAIS	
12. Généralités	44
13. Méthode du moteur taré	46
14. Essais au facteur de puissance nul	46
15. Méthode de ralentissement	46
16. Essai en opposition	50
17. Essai calorimétrique	52
18. Indication des essais préférentiels	52
18.1 Machines à courant continu	52
18.2 Machines à induction polyphasées	52
18.3 Machines synchrones	52
FIGURES	54

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
SECTION ONE — GENERAL	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	7
3.1 List of symbols	9
4. Definitions	9
4.1 Efficiency	9
4.2 Total loss	9
4.3 Breaking test	9
4.4 Calibrated driving machine test	11
4.5 Mechanical back-to-back test	11
4.6 Electrical back-to-back test	11
4.7 Retardation test	11
4.8 Calorimetric test	11
4.9 No-load test	11
4.10 Open-circuit test	11
4.11 Sustained short-circuit test	11
4.12 Zero power factor-test	11
5. Reference temperature	13
SECTION TWO — D.C. MACHINES	
6. Losses to be included	13
6.1 Excitation circuit losses	13
6.2 Constant losses	13
6.3 Load losses	15
6.4 Additional load losses	15
7. Determination of efficiency	15
7.1 Summation of losses	15
7.2 Total loss measurement	23
SECTION THREE — POLYPHASE INDUCTION MACHINES	
8. Losses to be included	25
8.1 Constant losses	25
8.2 Load losses	25
8.3 Additional load losses	27
9. Determination of efficiency	27
9.1 Summation of losses	27
9.2 Total loss measurement	31
SECTION FOUR — SYNCHRONOUS MACHINES	
10. Losses to be included	33
10.1 Constant losses	33
10.2 Load losses	35
10.3 Excitation circuit losses	35
10.4 Additional load losses	35
11. Determination of efficiency	37
11.1 Summation of losses	37
11.2 Total loss measurement	43
SECTION FIVE — METHODS OF TEST	
12. General	45
13. Calibrated machine test	47
14. Zero power factor test	47
15. Retardation method	47
16. Electrical back-to-back test	51
17. Calorimetric test	53
18. Schedule of preferred tests	53
18.1 D. C. machines	53
18.2 Polyphase induction machines	53
18.3 Synchronous machines	53
FIGURES	54

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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 recommandation a été établie par le Sous-Comité 2D: Pertes et rendement, du Comité d'Etudes N° 2 de la CEI: Machines tournantes. Elle remplace la deuxième édition publiée en 1960.

Elle fait partie d'une série de recommandations traitant des machines électriques tournantes, et dont les autres parties sont:

Première partie: Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement (Publication 34-1 de la CEI).

Troisième partie: Valeurs nominales et caractéristiques des turbomachines triphasées à 50 Hz (Publication 34-3 de la CEI).

Quatrième partie: Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones (Publication 34-4 de la CEI).

Cinquième partie: Degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes (Publication 34-5 de la CEI).

Sixième partie: Modes de refroidissement des machines tournantes (Publication 34-6 de la CEI).

Les travaux de révision commencèrent lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965, et un projet fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1968. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1969.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Corée (République)	Pologne
Démocratie Populaire de	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques
Hongrie	Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by Sub-Committee 2D, Losses and Efficiency, of IEC Technical Committee No.2, Rotating Machinery. It supersedes the second edition published in 1960.

It constitutes part of a series of recommendations dealing with rotating electrical machinery, other parts being:

Part 1, Rating and Performance (IEC Publication 34-1).

Part 3, Ratings and Characteristics of Three-phase, 50 Hz Turbine-type Machines (IEC Publication 34-3).

Part 4, Methods for Determining Synchronous Machine Quantities from Tests (IEC Publication 34-4).

Part 5, Degrees of Protection by Enclosures for Rotating Machinery (IEC Publication 34-5).

Part 6, Methods of Cooling Rotating Machinery (IEC Publication 34-6).

Work on the revision started at the meeting held in Tokyo in 1965, and a further draft was discussed at the meeting held in London in 1968. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Austria
Belgium
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan
Korea (Democratic
People's Republic of)

Netherlands
Norway
Poland
South Africa
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States
of America

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux machines à courant continu ainsi qu'aux machines à courant alternatif, synchrones et à induction, de toutes dimensions, qui sont du domaine de la Publication 34-1 de la CEI. Les principes de ces recommandations peuvent toutefois être adoptés pour d'autres types de machines telles que commutatrices, moteurs à collecteurs et moteurs à induction monophasés, pour lesquelles on applique en général d'autres méthodes de détermination des pertes.

2. Objet

La présente recommandation a pour objet de définir les méthodes de détermination du rendement à partir d'essais et également de spécifier les méthodes permettant de déterminer des pertes d'une nature donnée lorsqu'il est nécessaire de les connaître à d'autres fins.

3. Généralités

Les essais doivent être effectués sur une machine en parfait état, tous les couvercles étant montés comme en fonctionnement normal. Les dispositifs de réglage automatique de la tension qui ne font pas partie intégrante de la machine sont mis hors fonction, sauf spécification contraire.

Sauf spécification contraire, les appareils de mesure et leurs accessoires, tels que transformateurs de mesure, shunts et ponts utilisés pendant ces essais, doivent être d'une classe de précision ne dépassant pas 1,0 (Publication 51 de la CEI: Recommandations pour les appareils de mesure électriques indicateurs et leurs accessoires). Les appareils utilisés pour déterminer la résistance en courant continu doivent être d'une classe de précision ne dépassant pas 0,5.

Les appareils de mesure doivent être choisis de façon que la lecture s'effectue sur une zone de l'échelle telle qu'une fraction de division ne corresponde qu'à une faible proportion de la lecture effectuée, et puisse être facilement estimée.

Sur les machines à balais réglables, les balais doivent être placés dans la position correspondant au service nominal spécifié. Pour les mesures à vide, les balais peuvent être placés sur la ligne neutre.

La vitesse de rotation peut être mesurée par une méthode stroboscopique, par un compteur numérique ou par un tachymètre. Pour la mesure du glissement, la vitesse synchrone doit être déterminée à partir de la fréquence d'alimentation au cours de l'essai.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This Recommendation applies to d.c. machines and to a.c. synchronous and induction machines of all sizes within the scope of IEC Publication 34-1. The principles can, however, be applied to other types of machines such as rotary convertors, a.c. commutator motors and single-phase induction motors for which other methods of determining losses are generally used.

2. Object

This Recommendation is intended to establish methods of determining efficiencies from tests, and also to specify methods of obtaining particular losses when these are required for other purposes.

3. General

Tests shall be conducted on a completely sound machine with all covers fitted in the manner required for normal service, with any devices for automatic voltage regulation not a composite part of the machine itself being made inoperative, unless otherwise agreed.

Measuring instruments and their accessories, such as measuring transformers, shunts and bridges used during the tests, unless otherwise specified, shall have an accuracy class not above 1.0 (IEC Publication 51, Recommendations for Indicating Electrical Measuring Instruments and their Accessories). Instruments for determining d.c. resistance shall be to accuracy class not above 0.5.

Instruments shall be selected to give readings over the effective range such that a fraction of a division is a small percentage of the actual reading and can be easily estimated.

On machines with adjustable brushes, the brushes shall be placed in the position corresponding to the specified rating. For measurements on no-load, the brushes may be placed on the neutral axis.

Speed of rotation may be measured by a stroboscopic method, digital counter or tachometer. When measuring slip, the synchronous speed should be determined from the supply frequency during the test.

Lorsqu'on mesure le rendement global ou la puissance absorbée d'un groupe de machines constitué de deux machines électriques, ou d'une machine et d'un transformateur, ou d'une génératrice et de son moteur d'entraînement, ou d'un moteur et de la machine qu'il entraîne, il n'est pas nécessaire d'indiquer les rendements individuels. Si toutefois ils sont indiqués séparément, ils doivent être considérés comme approximatifs.

3.1 Liste des symboles

Ci-dessous, la liste des symboles utilisés dans le texte, avec leur signification:

I	= courant
I_l	= courant en charge à la tension nominale
I_{lr}	= courant primaire principal à tension réduite
I_o	= courant à vide à la tension nominale
I_{or}	= courant à vide à tension réduite
J	= moment d'inertie
n	= vitesse nominale, en tours par minute
P_1	= puissance absorbée à la tension nominale
P_{lr}	= puissance absorbée par l'enroulement primaire à tension réduite
s	= glissement
U	= tension d'excitation aux bornes du rhéostat principal
U_e	= tension totale d'excitation
U_n	= tension nominale
U_r	= tension réduite pour essai en charge
φ	= angle de déphasage en charge à tension nominale
φ_r	= angle de déphasage en charge à tension réduite
φ_o	= angle de déphasage à vide à tension nominale
φ_{or}	= angle de déphasage à vide à tension réduite

4. Définitions

Pour les définitions des termes généraux employés dans la présente recommandation, il convient de se reporter au Vocabulaire Electrotechnique International [Publication 50 de la CEI].

Dans le cadre de la présente recommandation, les définitions suivantes sont applicables:

4.1 Rendement

Rapport de la puissance utile à la puissance absorbée, exprimées dans les mêmes unités, et généralement indiqué en pour-cent.

4.2 Pertes totales

Différence entre la puissance absorbée et la puissance utile.

4.3 Essai au frein

Essai dans lequel la puissance mécanique fournie par une machine fonctionnant en moteur est déterminée par la mesure du couple sur l'arbre au moyen d'un frein ou d'un dynamomètre et par la mesure simultanée de la vitesse de rotation; l'essai peut être également effectué sur une machine fonctionnant en génératrice au moyen d'un dynamomètre pour déterminer la puissance mécanique absorbée.

When the over-all efficiency or the absorbed power is measured for a group of machines comprising two electrical machines, or a machine and a transformer, or a generator and its driving machine, or a motor and its driven machine, there is no need to indicate the individual efficiencies. If, however, these are given separately, they should be regarded as approximate.

3.1 *List of symbols*

A list of symbols used in the draft, with the general meanings attributed to each one, is given below:

I	= current
I_l	= load current at rated voltage
I_{lr}	= main primary current at reduced voltage
I_o	= no-load current at rated voltage
I_{or}	= no-load current at reduced voltage
J	= moment of inertia
n	= rated speed, in revolutions per minute
P_l	= power absorbed at rated voltage
P_{lr}	= power absorbed by main primary winding at reduced voltage
s	= slip
U	= excitation voltage across terminals of main rheostat
U_e	= total excitation voltage
U_n	= rated voltage
U_r	= reduced voltage for load test
φ	= load phase angle at rated voltage
φ_r	= load phase angle at reduced voltage
φ_o	= no-load phase angle at rated voltage
φ_{or}	= no-load phase angle at reduced voltage

4. **Definitions**

For definitions of general terms used in this Recommendation, reference should be made to the International Electrotechnical Vocabulary [IEC Publication 50].

For the purpose of this Recommendation, the following definitions apply:

4.1 *Efficiency*

The ratio of output to input expressed in the same units and usually given as a percentage.

4.2 *Total loss*

The difference between the input and the output.

4.3 *Braking test*

A test in which the mechanical power output of a machine acting as a motor is determined by the measurement of the shaft torque, by means of a brake or dynamometer, together with the rotational speed. Alternatively, a test performed on a machine acting as a generator, by means of a dynamometer to determine the mechanical power input.

4.4 *Essai avec machine auxiliaire tarée*

Essai dans lequel la puissance mécanique absorbée ou fournie par une machine électrique est calculée à partir de la puissance électrique fournie ou absorbée par une machine auxiliaire tarée accouplée mécaniquement à la machine en essai.

4.5 *Essai en opposition*

Essai dans lequel deux machines identiques sont accouplées mécaniquement, les pertes totales des deux machines étant calculées par différence des puissances électriques que l'une absorbe et que l'autre fournit (voir figure 1, page 54).

4.6 *Essai en opposition avec marche en parallèle sur un réseau*

Essai dans lequel deux machines identiques sont accouplées mécaniquement et connectées toutes deux à un même réseau. Les pertes totales des deux machines sont égales à la puissance fournie par ce réseau (voir figure 2, page 54).

4.7 *Essai de ralentissement*

Essai dans lequel les pertes d'une machine sont calculées à partir du taux de ralentissement de la machine lorsque n'interviennent que ces pertes.

4.8 *Essai calorimétrique*

Essai dans lequel on détermine les pertes de la machine à partir de la quantité de chaleur qu'elles produisent. Les pertes sont calculées à partir du produit de la quantité de réfrigérant par son échauffement, et le cas échéant de la quantité de chaleur dissipée à l'extérieur.

4.9 *Essai à vide*

Essai dans lequel une machine fonctionne en moteur sans fournir de puissance mécanique utile sur l'arbre.

4.10 *Essai à circuit ouvert*

Essai dans lequel une machine fonctionne en génératrice avec ses bornes à circuit ouvert.

4.11 *Essai de court-circuit permanent*

Essai dans lequel une machine fonctionne en génératrice avec ses bornes en court-circuit.

4.12 *Essai au facteur de puissance nul*

Essai à vide effectué sur une machine synchrone surexcitée et fonctionnant à un facteur de puissance très voisin de zéro.

4.4 *Calibrated driving machine test*

A test in which the mechanical input or output of an electrical machine is calculated from the electrical output or input of a calibrated machine mechanically coupled to the machine on test.

4.5 *Mechanical back-to-back test*

A test in which two identical machines are mechanically coupled together, and the total losses of both machines are calculated from the difference between the electrical input to one machine and the electrical output of the other machine (see Figure 1, page 54).

4.6 *Electrical back-to-back test*

A test in which two identical machines are mechanically coupled together, and they are both connected electrically to a power system. The total losses of both machines are taken as the power input drawn from the system (see Figure 2, page 54).

4.7 *Retardation test*

A test in which the losses in a machine are deduced from the rate of deceleration of the machine when only these losses are present.

4.8 *Calorimetric test*

A test in which the losses in a machine are deduced from the heat produced by them. The losses are calculated from the product of the amount of coolant and its temperature rise, and the heat dissipated in the surrounding media.

4.9 *No-load test*

A test in which the machine is run as a motor providing no useful mechanical output from the shaft.

4.10 *Open-circuit test*

A test in which a machine is run as a generator with its terminals open-circuited.

4.11 *Sustained short-circuit test*

A test in which a machine is run as a generator with its terminals short-circuited.

4.12 *Zero power factor test*

A no-load test on a synchronous machine which is over-excited and operates at a power factor very close to zero.

5. **Température de référence**

Sauf spécification contraire, toutes les pertes par effet Joule doivent être ramenées à l'une des températures indiquées ci-après.

Classes A, E et B: 75 °C

Classes F et H: 115 °C

Note. — Il n'est pas nécessaire que la classe réelle d'isolant employée pour l'organe considéré de la machine corresponde aux limites d'échauffement choisies.

SECTION DEUX — MACHINES A COURANT CONTINU

6. **Pertes à comprendre**

Les pertes totales peuvent être considérées comme la somme des pertes suivantes:

6.1 *Pertes dans le circuit d'excitation*

a) Pertes par effet Joule dans les circuits d'excitation en dérivation ou séparés et dans les rhéostats d'excitation.

b) Pertes dans l'excitatrice.

Toutes les pertes dans l'excitatrice lorsque celle-ci, formant partie intégrante d'un ensemble complet, est entraînée 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, mais à l'exception des pertes par frottement et par ventilation.

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

Note. — Quand les pertes dans un système d'excitation séparé sont demandées, elles peuvent être indiquées séparément et prises égales à la différence entre le quotient de la puissance d'excitation par le rendement du système d'excitation et la puissance d'excitation.

6.2 *Pertes constantes*

a) Pertes dans le fer et pertes supplémentaires à vide dans les autres parties métalliques.

b) Pertes dues au frottement (paliers et balais) à l'exclusion des pertes dans un système de graissage séparé. Les pertes dans les paliers communs doivent être indiquées séparément, que ces paliers soient fournis ou non avec la machine.

Note. — Si l'on doit indiquer les pertes dans un système de graissage séparé, celles-ci doivent être mentionnées séparément.

5. Reference temperature

Unless otherwise specified, all I^2R losses shall be corrected to one of the temperatures given below:

Classes A, E and B: 75 °C

Classes F and H: 115 °C

Note. — The reference temperature need not necessarily correspond with the limits of temperature rise permitted for the actual class of insulation used for a particular part of the machine.

SECTION TWO — D.C. MACHINES

6. Losses to be included

The total losses may be taken as the sum of the following component losses:

6.1 Excitation circuit losses

a) I^2R losses in shunt or separately excited windings and in the excitation rheostats.

b) Exciter losses.

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 excitation circuit of such an exciter, but with the exception of friction and windage losses.

In the case of a separate excitation supply such as battery, rectifier or motor generator set, no allowance is made for the losses in the excitation source or in the connections between the source and the brushes.

Note. — When the losses in a separate excitation system are required, these should be listed separately and can be taken as the difference between the excitation power divided by the efficiency of the excitation system, and the excitation power.

6.2 Constant losses

a) Losses in active iron, and additional no-load losses in other metal parts.

b) Losses due to friction (bearings and brushes) not including any losses in a separate lubricating system. Losses in common bearings shall be stated separately, whether or not such bearings are supplied with the machine.

Note. — When the losses in a separate lubricating system are required, these should be listed separately.

- c) Pertes totales par ventilation dans la machine, y compris la puissance absorbée par les ventilateurs faisant partie intégrante de la machine et par les machines auxiliaires, s'il en existe, faisant partie intégrante de la machine. Les pertes dans les machines auxiliaires telles que les ventilateurs extérieurs, pompes à eau et à huile ne faisant pas partie intégrante de la machine, mais destinées exclusivement à la machine en question, ne doivent être comprises que sur accord.

Note. — Si l'on doit indiquer les pertes dans un système de ventilation séparé, elles doivent être mentionnées séparément, étant donné qu'elles ne font pas partie des pertes de la machine.

6.3 *Pertes en charge*

- a) Pertes par effet Joule dans l'induit et dans les enroulements parcourus par le courant d'induit (par exemple enroulements de commutation, de compensation, d'excitation et tous enroulements connectés en série avec l'induit).
- b) Pertes électriques dans les balais.

6.4 *Pertes supplémentaires en charge*

- a) Pertes supplémentaires en charge dans le fer et les autres parties métalliques autres que les conducteurs.
- b) Pertes par courants de Foucault dans les conducteurs d'induit, dues à la pulsation de flux dépendant des courants et à la commutation.
- c) Pertes dans les balais, dues à la commutation.

Note. — Ces pertes sont parfois dites pertes supplémentaires, mais ne comprennent pas les pertes supplémentaires à vide mentionnées au paragraphe 6.2 a).

7. **Détermination du rendement**

7.1 *Totalisation des pertes*

Le rendement peut être calculé à partir des pertes totales, considérées comme la somme des pertes déterminées de la façon suivante:

7.1.1 *Pertes par excitation*

Ces pertes sont les suivantes:

7.1.1.1 *Pertes par effet Joule dans l'enroulement d'excitation*

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. Sauf dans le cas c) ci-dessous, le courant d'excitation est celui qui correspond à la vitesse nominale et au régime nominal. Dans le cas c) ci-dessous, c'est celui qui correspond à la vitesse nominale à vide.

- c) The total windage loss in the machine including power absorbed in integral fans and in auxiliary machines, if any, forming an integral part of the machine. The losses in auxiliary machines such as external fans, water and oil pumps not forming an integral part of the machine, but provided exclusively for the machine in question, shall be included only by agreement.

Note. — When the losses in a separate ventilating system are required, they should be listed separately as they are not part of the machine losses.

6.3 *Load losses*

- a) I^2R losses in armature, and windings carrying armature current (e.g. commutating, compensating, excitation and series connected windings).
- b) Electrical losses in brushes.

6.4 *Additional load losses*

- a) Losses introduced by load in active iron, and other metal parts other than the conductors.
- b) Eddy current losses in armature conductors caused by current dependent flux pulsation and commutation.
- c) Losses in the brushes caused by commutation.

Note. — These losses are sometimes called additional losses, but they do not include the additional no-load losses in Sub-clause 6.2 a).

7. **Determination of efficiency**

7.1 *Summation of losses*

The efficiency can be calculated from the total losses which are assumed to be the summation of the losses obtained in the following manner:

7.1.1 *Excitation losses*

These are:

7.1.1.1 *Excitation winding I^2R losses*

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

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

- a) Dans le cas des génératrices à excitation en dérivation ou à excitation séparée 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, s'il y a lieu, voir aussi paragraphe 7.1.3.2) sous le courant nominal en charge.
- b) Dans le cas des génératrices compensées à excitation en dérivation ou à excitation séparée, 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, voir aussi paragraphe 7.1.3.2) sous le courant nominal en charge.
- c) Dans le cas des génératrices à excitation compound ajustée, au courant d'excitation correspondant à la marche à vide à la tension nominale.
- d) Dans le cas des génératrices à excitation hypercompound ou hypocompound et des types spéciaux de génératrices non couverts par les points a) à c), à la valeur convenue entre le constructeur et l'acheteur.
- e) Dans le cas des moteurs shunt, au courant d'excitation à vide à la tension nominale.

7.1.1.2 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 défini au paragraphe 7.1.1.1 ci-dessus. Elles sont aussi égales au produit IU du courant d'excitation par la fraction U de la tension d'excitation qui doit être absorbée dans le rhéostat.

La somme des pertes, paragraphes 7.1.1.1 et 7.1.1.2, est aussi égale au produit IU_e du courant d'excitation I par la tension totale d'excitation U_e .

Note. — Quand une résistance est reliée en permanence en série dans le circuit d'excitation, elle doit être prise en compte de la même façon que le rhéostat principal.

7.1.1.3 Pertes dans l'excitatrice

Note. — Ceci s'applique 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 qu'elle fournit 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.

* La puissance utile aux bornes de l'excitatrice est égale à la somme des pertes, paragraphes 7.1.1.1 et 7.1.1.2, de la machine principale.