

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests
(excluding machines for traction vehicles)**

**Machines électriques tournantes –
Partie 2-1: Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du
rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de
traction)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XB**
CODE PRIX

CONTENTS

| | |
|--|----|
| FOREWORD..... | 4 |
| INTRODUCTION..... | 6 |
| | |
| 1 Scope..... | 7 |
| 2 Normative references..... | 7 |
| 3 Terms and definitions | 8 |
| 4 Symbols and abbreviated terms | 13 |
| 4.1 Symbols | 13 |
| 4.2 Additional subscripts..... | 14 |
| 5 Basic requirements | 15 |
| 5.1 Direct and indirect efficiency determination | 15 |
| 5.2 Uncertainty | 15 |
| 5.3 Preferred methods..... | 16 |
| 5.4 Power supply | 20 |
| 5.5 Instrumentation..... | 20 |
| 5.6 Units | 21 |
| 5.7 Resistance | 21 |
| 6 Test methods for determination of efficiency | 22 |
| 6.1 State of the machine under test and test categories | 22 |
| 6.2 Excitation circuit measurements..... | 23 |
| 6.3 Direct measurements..... | 23 |
| 6.4 Indirect measurements | 25 |
| 7 Determination of efficiency (direct current machines) | 37 |
| 7.1 Determination from direct measurement..... | 37 |
| 7.2 Determination from indirect measurement..... | 37 |
| 8 Determination of efficiency (induction machines)..... | 42 |
| 8.1 Determination from direct measurement..... | 42 |
| 8.2 Determination from indirect measurement..... | 43 |
| 9 Determination of efficiency (synchronous machines) | 54 |
| 9.1 Determination from direct measurement..... | 54 |
| 9.2 Determination from indirect measurement..... | 55 |
| | |
| Annex A (normative) Correction of dynamometer torque readings | 61 |
| Annex B (normative) Calculation of values for the Eh-star method | 63 |
| Annex C (informative) Types of excitation systems | 66 |
| Annex D (normative) Other test methods | 67 |

| | |
|---|----|
| Figure 1 – Sketch for torque measurement test | 24 |
| Figure 2 – Sketch for dual supply back-to-back test (for synchronous machines: $I_M = I_G, f_M = f_G$)..... | 24 |
| Figure 3 – Sketch for single supply back-to-back test, d.c. machines | 26 |
| Figure 4 – Sketch for single supply back-to-back test, synchronous machines | 27 |
| Figure 5 – Induction machine, T-model with equivalent iron loss resistor..... | 31 |
| Figure 6 – Sketch for single supply back-to-back, additional losses, d.c. machines | 32 |
| Figure 7 – Eh-star test circuit | 35 |
| Figure 8 – Vector diagram for obtaining current vector from reduced voltage test..... | 46 |
| Figure 9 – Induction machines, Reduced model for calculation | 49 |
| Figure 10 – Smoothing of the residual loss data..... | 51 |
| Figure 11 – Assigned allowance for additional load losses P_{LL} , induction machines..... | 53 |
| Table 1 – DC machines | 17 |
| Table 2 – Induction machines..... | 18 |
| Table 3 – Synchronous machines | 19 |
| Table 4 – Reference temperature | 22 |
| Table 5 – Multiplying factors for different speed ratios | 42 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –
**Part 2-1: Standard methods for determining losses
and efficiency from tests
(excluding machines for traction vehicles)**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60034-2-1 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This standard cancels and replaces IEC 60034-2 (1972), its amendment 1 (1995) and its amendment 2 (1996). IEC 60034-2A (1974) is retained for the time being.

The text of this standard is based on the following documents:

| | |
|-------------|------------------|
| FDIS | Report on voting |
| 2/1443/FDIS | 2/1460/RVD |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

A list of all parts of IEC 60034 series, under the general title *Rotating electrical machines*, can be found on the IEC website.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

During the revision phase for IEC 60034-2: 1972 and its amendments IEC 60034-2 A1: 1995 (defining IEC 60034-2A: 1974 as Clause 17) and IEC 60034-2 A2: 1996, WG 28 proposed and TC 2 agreed to separate the revised standard into three sections:

- the first part (IEC 60034-2-1) to cover machines within the scope of IEC 60034-1, which are normally tested under load;
- the second part (IEC 60034-2-2) to cover tests applicable mainly for large machines where the facility cost for other methods is not economical (especially the calibrated-machine test, the retardation test and the calorimetric method);
- the third part (IEC 60034-2-3) for tests on machines for converter supply..

To retain in IEC 60034-2-1 as normative the test methods that will eventually become IEC 60034-2-2, a temporary Annex D has been added. This annex contains elements from IEC 60034-2:1972 and its amendment 1:1995. It also makes reference to IEC 60034-2A:1974. Both will be incorporated in the future IEC 60034-2-2.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)

1 Scope

This part of IEC 60034 is intended to establish methods of determining efficiencies from tests, and also to specify methods of obtaining specific losses.

This standard applies to d.c. machines and to a.c. synchronous and induction machines of all sizes within the scope of IEC 60034-1.

NOTE These methods may be applied to other types of machines such as rotary converters, a.c. commutator motors and single-phase induction motors.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-2A, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles) – First supplement: Measurement of losses by the calorimetric method*

IEC 60034-4, *Rotating electrical machines – Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests*

IEC 60034-19, *Rotating electrical machines – Part 19: Specific test methods for d.c. machines on conventional and rectifier-fed supplies*

IEC 60044 (all parts), *Instrument transformers*

IEC 60051-1, *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories – Part 1: Definitions and general requirements common to all parts*

IEC 61986, *Rotating electrical machines – Equivalent loading and super-position techniques – Indirect testing to determine temperature rise*

NOTE A revision of IEC 61986 is under consideration; it will be published under reference IEC 60034-29.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| AVANT-PROPOS | 78 |
| INTRODUCTION..... | 80 |
| 1 Domaine d'application..... | 81 |
| 2 Références normative..... | 81 |
| 3 Termes et définitions | 82 |
| 4 Symboles et termes abrégés..... | 87 |
| 4.1 Symboles | 87 |
| 4.2 Indices supplémentaires | 88 |
| 5 Exigences fondamentales | 89 |
| 5.1 Détermination directe et indirecte du rendement | 89 |
| 5.2 Incertitude | 89 |
| 5.3 Méthodes préférentielles..... | 90 |
| 5.4 Alimentation électrique | 94 |
| 5.5 Instrumentation..... | 94 |
| 5.6 Unités..... | 95 |
| 5.7 Résistance | 95 |
| 6 Méthodes d'essais pour la détermination du rendement..... | 96 |
| 6.1 Etat de la machine en essai et catégories d'essais..... | 96 |
| 6.2 Mesures du circuit d'excitation | 97 |
| 6.3 Mesures directes | 97 |
| 6.4 Mesures indirectes | 99 |
| 7 Détermination du rendement (machines à courant continu) | 111 |
| 7.1 Détermination à partir de mesures directes | 111 |
| 7.2 Détermination à partir de mesures indirectes | 111 |
| 8 Détermination du rendement (machines à induction) | 116 |
| 8.1 Détermination à partir de mesures directes | 116 |
| 8.2 Détermination à partir de mesures indirectes | 117 |
| 9 Détermination du rendement (machines synchrones) | 128 |
| 9.1 Détermination à partir de mesures directes | 128 |
| 9.2 Détermination à partir de mesures indirectes | 129 |
| Annexe A (normative) Correction des valeurs lues du couple du dynamomètre | 135 |
| Annexe B (normative) Calcul des valeurs pour la méthode Eh-star..... | 137 |
| Annexe C (informative) Types de systèmes d'excitation..... | 140 |
| Annexe D (normative) Autres méthodes d'essai..... | 141 |

| | |
|---|-----|
| Figure 1 – Schéma pour l'essai de mesure du couple | 98 |
| Figure 2 – Schéma pour l'essai en opposition à double alimentation (pour les machines synchrones: $I_M = I_G, f_M = f_G$)..... | 98 |
| Figure 3 – Schéma pour l'essai en opposition à simple alimentation, machines à courant continu..... | 100 |
| Figure 4 – Schéma pour l'essai en opposition à simple alimentation, machines synchrones | 101 |
| Figure 5 – Machine à induction, modèle T avec résistance équivalente des pertes dans le fer | 105 |
| Figure 6 – Schéma pour l'essai en opposition à simple alimentation, pertes supplémentaires, machines à courant continu..... | 106 |
| Figure 7 – Circuit d'essai Eh-star..... | 109 |
| Figure 8 – Schéma vectoriel pour obtenir le vecteur courant à partir de l'essai à la tension réduite | 120 |
| Figure 9 – Machines à induction, modèle réduit pour le calcul..... | 123 |
| Figure 10 – Lissage des valeurs des pertes résiduelles | 125 |
| Figure 11 – Valeur allouée assignée pour les pertes supplémentaires en charge P_{LL} , machines à induction | 127 |
| | |
| Tableau 1 – Machines à courant continu..... | 91 |
| Tableau 2 – Machines à induction | 92 |
| Tableau 3 – Machines synchrones..... | 93 |
| Tableau 4 – Température de référence..... | 96 |
| Tableau 5 – Facteurs multiplicateurs pour divers rapports de vitesses | 116 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 2-1: Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60034-2-1 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

La présente norme annule et remplace la CEI 60034-2 (1972), son amendement 1 (1995) et son amendement 2 (1996). La CEI 60034-2A (1974) est maintenue telle quelle pour le moment.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| | |
|-------------|-----------------|
| FDIS | Rapport de vote |
| 2/1443/FDIS | 2/1460/RVD |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60034, présentées sous le titre général *Machines électriques tournantes*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Au cours de l'étape de révision de la CEI 60034-2:1972 et de ses amendements CEI 60034-2 A1:1995 (définissant la CEI 60034-2A:1974 comme l'Article 17) et CEI 60034-2 A2:1996, le GT 28 a décidé avec l'approbation du CE 2 de séparer la norme révisée en trois sections:

- la première partie (CEI 60034-2-1) est destinée à couvrir, dans le domaine d'application de la CEI 60034-1, les machines qui sont en principe soumises aux essais en charge;
- la deuxième partie (CEI 60034-2-2) pour couvrir les essais qui sont principalement applicables aux machines de grande taille pour lesquelles la mise en œuvre d'autres méthodes est onéreuse (en particulier l'essai à la machine étalonnée, l'essai de ralentissement et la méthode calorimétrique);
- la troisième partie (CEI 60034-2-3) pour les essais sur les machines pour l'alimentation par convertisseur.

Pour conserver comme normatives dans la CEI 60034-2-1, les méthodes d'essai qui feront partie, à terme, de la CEI 60034-2-2, une Annexe D temporaire a été ajoutée. La présente annexe contient des éléments de la CEI 60034-2:1972 et son amendement 1:1995. Elle fait aussi référence à la CEI 60034-2A:1974. Elles seront toutes deux intégrées dans la future CEI 60034-2-2.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 2-1: Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 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 spécifiques.

La présente norme s'applique aux machines à courant continu ainsi qu'aux machines à courant alternatif, synchrones et à induction, de toutes dimensions, qui entrent dans le domaine d'application de la CEI 60034-1.

NOTE Ces méthodes peuvent s'appliquer à d'autres types de machines, telles que les commutatrices, les moteurs à collecteurs à courant alternatif et les moteurs à induction monophasés.

2 Références normative

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60027-1, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 1: Généralités*

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60034-2A, *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) – Premier complément: Mesure des pertes par la méthode calorimétrique*

CEI 60034-4, *Machines électriques tournantes – Quatrième partie: Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones*

CEI 60034-19, *Machines électriques tournantes – Partie 19: Méthodes spécifiques d'essai pour machines à courant continu à alimentation conventionnelle ou redressée*

CEI 60044 (toutes les parties), *Transformateurs de mesure*

CEI 60051-1, *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Partie 1: Définitions et prescriptions générales communes à toutes les parties*

CEI 61986, *Machines électriques tournantes – Charge équivalente et techniques par superposition – Essais indirects pour déterminer l'échauffement*

NOTE Une révision de la CEI 61986 est en cours; elle sera publiée comme CEI 60034-29.