



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines
from tests – Supplement to IEC 60034-2-1**

**Machines électriques tournantes –
Partie 2-2: Méthodes spécifiques pour déterminer les pertes séparées des
machines de grande taille à partir d'essais – Complément à l'IEC 60034-2-1**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-8171-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Symbols and abbreviated terms.....	7
4.1 Symbols.....	7
4.2 Additional subscripts.....	8
5 Basic requirements.....	8
5.1 Direct and indirect efficiency determination.....	8
5.1.1 General	8
5.1.2 Direct	8
5.1.3 Indirect	8
5.2 Uncertainty	9
6 Additional test methods for the determination of the efficiency of large machines	9
6.1 General.....	9
6.1.1 Overview	9
6.1.2 Efficiency.....	10
6.1.3 Total loss.....	10
6.2 Method 2-2-A – Calibrated machine	11
6.2.1 General	11
6.2.2 Test procedure	12
6.2.3 Direct efficiency determination.....	12
6.2.4 Determination of separate losses.....	13
6.3 Method 2-2-B – Retardation method.....	13
6.3.1 General	13
6.3.2 Test procedure	15
6.3.3 Determination of deceleration and retardation constant	17
6.3.4 Determination of separate losses.....	19
6.4 Method 2-2-C – Calorimetric method.....	20
6.4.1 General	20
6.4.2 Calorimetric instrumentation	22
6.4.3 Test procedure	25
6.4.4 Determination of losses	26
Annex A (informative) Summation of losses for permanent-magnet synchronous machines	30
A.1 General.....	30
A.2 No-load test with magnetized rotor.....	30
A.3 No-load test with unmagnetized rotor	30
A.4 Iron losses	31
A.5 Test with rotor removed	31
A.6 Rated stator winding losses and additional load losses	32
A.7 Total losses	33
Bibliography.....	34
Figure 1 – Efficiency determination according to method 2-2-A.....	11
Figure 2 – Efficiency determination according to method 2-2-B	14

Figure 3 – Method of the chord 17

Figure 4 – Efficiency determination according to method 2-2-C 21

Figure 5 – Reference surface 22

Figure 6 – Four coolers connected in parallel, single calorimeter, single coolant 23

Figure 7 – Series connected coolers, two coolants 24

Figure 8 – Bypass piping 24

Figure 9 – Parallel piping 25

Figure 10 – Characteristics of pure water as a function of temperature 27

Table 1 – Additional methods for large machines 9

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests – Supplement to IEC 60034-2-1

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Layout and procedures aligned with IEC 60034-2-1 and IEC 60034-2-3.
- b) Annex A added: an informative procedure for the summation of losses for large permanent-magnet excited synchronous machines.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
2/2157/FDIS	2/2178/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests – Supplement to IEC 60034-2-1

1 Scope

This part of IEC 60034 applies to large rotating electrical machines and establishes additional methods of determining separate losses and to define an efficiency supplementing IEC 60034-2-1. These methods apply when full-load testing is not practical and results in a greater uncertainty.

NOTE In situ testing according to the calorimetric method for full-load conditions is recognized.

The specific methods described are:

- Calibrated-machine method.
- Retardation method.
- Calorimetric method.
- Summation of losses for permanent magnet excited synchronous machines.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-2-1, *Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions	40
4 Symboles et abréviations	41
4.1 Symboles	41
4.2 Indices supplémentaires	42
5 Exigences fondamentales	42
5.1 Détermination directe et indirecte du rendement	42
5.1.1 Généralités	42
5.1.2 Directe	42
5.1.3 Indirecte	43
5.2 Incertitude	43
6 Méthodes d'essai supplémentaires pour la détermination du rendement des machines de grande taille	43
6.1 Généralités	43
6.1.1 Vue d'ensemble	43
6.1.2 Rendement	44
6.1.3 Pertes totales	44
6.2 Méthode 2-2-A – Machine étalonnée	45
6.2.1 Généralités	45
6.2.2 Procédure d'essai	46
6.2.3 Détermination directe du rendement	47
6.2.4 Détermination des pertes séparées	47
6.3 Méthode 2-2-B – Méthode du ralentissement	48
6.3.1 Généralités	48
6.3.2 Procédure d'essai	50
6.3.3 Détermination de la décélération et de la constante de ralentissement	51
6.3.4 Détermination des pertes séparées	54
6.4 Méthode 2-2-C – Méthode calorimétrique	55
6.4.1 Généralités	55
6.4.2 Appareils calorimétriques	57
6.4.3 Procédure d'essai	60
6.4.4 Détermination des pertes	61
Annexe A (informative) Sommaton des pertes pour les machines synchrones à aimants permanents	65
A.1 Généralités	65
A.2 Essai à vide avec rotor magnétisé	65
A.3 Essai à vide avec rotor non magnétisé	65
A.4 Pertes dans le fer	66
A.5 Essai avec rotor retiré	66
A.6 Pertes dans l'enroulement du stator et pertes supplémentaires en charge assignées	67
A.7 Pertes totales	68
Bibliographie	69
Figure 1 – Détermination du rendement selon la méthode 2-2-A	45

Figure 2 – Détermination du rendement selon la méthode 2-2-B	48
Figure 3 – Méthode de la corde	52
Figure 4 – Détermination du rendement selon la méthode 2-2-C	55
Figure 5 – Surface de référence.....	56
Figure 6 – Quatre refroidisseurs connectés en parallèle, un seul calorimètre, un seul fluide de refroidissement.....	58
Figure 7 – Refroidisseurs connectés en série, deux fluides de refroidissements	59
Figure 8 – Tuyauterie de dérivation.....	59
Figure 9 – Tuyauterie parallèle	60
Figure 10 – Caractéristiques de l'eau pure en fonction de la température	62
Tableau 1 – Méthodes supplémentaires pour les machines de grande taille.....	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 2-2: Méthodes spécifiques pour déterminer les pertes séparées des machines de grande taille à partir d'essais – Complément à l'IEC 60034-2-1

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60034-2-2 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) alignement de la disposition et des procédures sur l'IEC 60034-2-1 et l'IEC 60034-2-3;
- b) ajout de l'Annexe A: procédure informative pour la sommation des pertes des machines synchrones de grande taille avec une excitation à aimants permanents.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
2/2157/FDIS	2/2178/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2. Il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60034, publiées sous le titre général *Machines électriques tournantes*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 2-2: Méthodes spécifiques pour déterminer les pertes séparées des machines de grande taille à partir d'essais – Complément à l'IEC 60034-2-1

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 s'applique aux machines électriques tournantes de grande taille et établit des méthodes supplémentaires pour la détermination des pertes séparées et qui sont destinées à définir un rendement, en complément de l'IEC 60034-2-1. Ces méthodes s'appliquent lorsqu'un essai à pleine charge n'est pas possible ou qu'il présente une plus grande incertitude.

NOTE Un essai in situ est admis selon la méthode calorimétrique dans des conditions à pleine charge.

Les méthodes spécifiques décrites sont:

- la méthode de la machine étalonnée;
- la méthode du ralentissement;
- la méthode calorimétrique;
- la sommation des pertes pour les machines synchrones avec une excitation à aimants permanents.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

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

IEC 60034-2-1, *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)*