



IEC 60034-2-1

Edition 3.0 2024-03  
REDLINE VERSION

# INTERNATIONAL STANDARD



---

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

---

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-8542-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
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 and methods for customer-specific acceptance tests, field-tests or routine-tests .....	16
5.4 Power supply .....	16
5.4.1 Voltage.....	16
5.4.2 Frequency .....	16
5.5 Instrumentation.....	16
5.5.1 General .....	16
5.5.2 Measuring instruments for electrical quantities .....	16
5.5.3 Torque measurement.....	17
5.5.4 Speed and frequency measurement.....	18
5.5.5 Temperature measurement.....	18
5.6 Units.....	18
5.7 Resistance.....	18
5.7.1 Test resistance.....	18
5.7.2 Winding temperature .....	18
5.7.3 Correction to reference coolant temperature.....	19
5.8 State of the machine under test and test categories.....	19
5.9 Excitation circuit measurements.....	20
5.10 Ambient temperature during testing .....	21
6 Test methods for the determination of the efficiency of induction machines .....	21
6.1 Preferred testing methods.....	21
6.1.1 General .....	21
6.1.2 Method 2-1-1A – Direct measurement of input and output.....	22
6.1.3 Method 2-1-1B – Summation of losses, additional load losses according to the method of residual loss.....	24
6.1.4 Method 2-1-1C – Summation of losses with additional load losses from assigned allowance .....	33
6.2 Testing methods for field or routine-testing .....	38
6.2.1 General .....	38
6.2.2 Method 2-1-1D – Dual supply back-to-back-test.....	39
6.2.3 Method 2-1-1E – Single supply back-to-back-test .....	40
6.2.4 Method 2-1-1F – Summation of losses with additional load losses determined by test with rotor removed and reverse rotation test .....	41
6.2.5 Method 2-1-1G – Summation of losses with additional load losses determined by Eh-star method.....	46
6.2.6 Method 2-1-1H – Determination of efficiency by use of the equivalent circuit parameters.....	51
7 Test methods for the determination of the efficiency of synchronous machines.....	57

7.1	Preferred testing methods .....	57
7.1.1	General .....	57
7.1.2	Method 2-1-2A – Direct measurement of input and output.....	58
7.1.3	Method 2-1-2B – Summation of separate losses with a rated load temperature test and a short circuit test.....	59
7.1.4	Method 2-1-2C – Summation of separate losses without a full load test .....	65
7.2	Testing methods for field or routine testing .....	67
7.2.1	General .....	67
7.2.2	Method 2-1-2D – Dual supply back-to-back-test.....	67
7.2.3	Method 2-1-2E – Single supply back-to-back-test .....	68
7.2.4	Method 2-1-2F – Zero power factor test with excitation current from Potier-, ASA- or Swedish-diagram .....	70
7.2.5	Method 2-1-2G – Summation of separate losses with a load test without consideration of additional load losses .....	74
8	Test methods for the determination of the efficiency of DC machines .....	75
8.1	Testing methods for field or routine testing .....	75
8.2	Method 2-1-3A – Direct measurement of input and output.....	76
8.2.1	General .....	76
8.2.2	Test procedure .....	77
8.2.3	Efficiency determination.....	77
8.3	Method 2-1-3B – Summation of losses with a load test and DC component of additional load losses from test.....	78
8.3.1	General .....	78
8.3.2	Test procedure .....	79
8.4	Method 2-1-3C – Summation of losses with a load test and DC component of additional load losses from assigned value .....	85
8.4.1	General .....	85
8.4.2	Test procedure .....	86
8.4.3	Efficiency determination.....	87
8.5	Method 2-1-3D – Summation of losses without a load test .....	88
8.5.1	General .....	88
8.5.2	Test procedure .....	89
8.5.3	Efficiency determination.....	90
8.6	Method 2-1-3E – Single supply back-to-back test.....	91
8.6.1	General .....	91
8.6.2	Test procedure .....	91
8.6.3	Efficiency determination.....	92
Annex A (normative)	Calculation of values for the Eh-star method .....	93
Annex B (informative)	Types of excitation systems .....	96
Annex C (informative)	Induction machine slip measurement.....	97
Annex D (informative)	Test report template for method 2-1-1B.....	99
Bibliography	.....	100
Figure 1	– Torque measuring devices .....	17
Figure 2	– Sketch for torque measurement test.....	22
Figure 3	– Efficiency determination according to method 2-1-1A .....	23
Figure 4	– Efficiency determination according to method 2-1-1B .....	26
Figure 5	– Smoothing of the residual loss data.....	32

Figure 6 – Efficiency determination according to method 2-1-1C .....	35
Figure 7 – Vector diagram for obtaining current vector from reduced voltage test .....	36
Figure 8 – Assigned allowance for additional load losses $P_{LL}$ .....	37
Figure 9 – Efficiency determination according to method 2-1-1D .....	39
Figure 10 – Sketch for dual supply back-to-back test .....	39
Figure 11 – Efficiency determination according to method 2-1-1E .....	40
Figure 12 – Efficiency determination according to method 2-1-1F .....	43
Figure 13 – Efficiency determination according to method 2-1-1G .....	48
Figure 14 – Eh-star test circuit .....	49
Figure 15 – Induction machine, T-model with equivalent iron loss resistor .....	51
Figure 16 – Efficiency determination according to method 2-1-1H .....	52
Figure 17 – Induction machines, reduced model for calculation .....	55
Figure 18 – Sketch for torque measurement test .....	58
Figure 19 – Efficiency determination according to method 2-1-2A .....	58
Figure 20 – Efficiency determination according to method 2-1-2B .....	60
Figure 21 – Efficiency determination according to method 2-1-2C .....	66
Figure 22 – Efficiency determination according to method 2-1-2D .....	67
Figure 23 – Sketch for dual supply back-to-back test ( $I_M = I_G, f_M = f_G$ ) .....	68
Figure 24 – Efficiency determination according to method 2-1-2E .....	69
Figure 25 – Single supply back-to-back test for synchronous machines .....	69
Figure 26 – Efficiency determination according to method 2-1-2F .....	70
Figure 27 – Efficiency determination according to method 2-1-2G .....	75
Figure 28 – Sketch for torque measurement test .....	76
Figure 29 – Efficiency determination according to method 2-1-3A .....	77
Figure 30 – Efficiency determination according to method 2-1-3B .....	79
Figure 31 – Sketch for single supply back-to-back test for determination of DC component of additional load losses .....	83
Figure 32 – Efficiency determination according to method 2-1-3C .....	86
Figure 33 – Efficiency determination according to method 2-1-3D .....	89
Figure 34 – Efficiency determination according to method 2-1-3E .....	91
Figure 35 – Sketch for single supply back-to-back test .....	91
Figure C.1 – Slip measurement system block diagram .....	98
Table 1 – Reference temperature .....	19
Table 2 – Induction machines: preferred testing methods .....	21
Table 3 – Induction machines: other methods .....	39
Table 4 – Synchronous machines with electrical excitation: preferred testing methods .....	57
Table 5 – Synchronous machines with permanent magnets: preferred testing methods .....	57
Table 6 – Synchronous machines: other methods .....	67
Table 7 – DC machines: test methods .....	76
Table 8 – Multiplying factors for different speed ratios .....	87

## 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 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.

**This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition IEC 60034-2-1:2014. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.**

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

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 60034-2-1 published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

Harmonization of layout and requirements with IEC 60034-2-2 and IEC 60034-2-3.

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

Draft	Report on voting
2/2165/FDIS	2/2177/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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/publications](http://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](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## 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 document applies to DC machines and to AC synchronous and induction machines of all sizes within the scope of IEC 60034-1 *rated for mains operation*.

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

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

IEC 60034-1:2010/2022, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

~~IEC 60034-4:2008, *Rotating electrical machines – Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests*~~

IEC 60034-4-1:2018, *Rotating electrical machines – Part 4-1: Methods for determining electrically excited synchronous machine quantities from tests*

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

IEC 60034-29, *Rotating electrical machines – Part 29: Equivalent loading and superposition techniques – Indirect testing to determine temperature rise*

IEC 60034-30-1, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)*

IEC 60051(all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

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

# 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)**



## CONTENTS

FOREWORD.....	5
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 and methods for customer-specific acceptance tests, field-tests or routine-tests .....	15
5.4 Power supply .....	16
5.4.1 Voltage.....	16
5.4.2 Frequency .....	16
5.5 Instrumentation.....	16
5.5.1 General .....	16
5.5.2 Measuring instruments for electrical quantities .....	16
5.5.3 Torque measurement.....	16
5.5.4 Speed and frequency measurement.....	17
5.5.5 Temperature measurement.....	17
5.6 Units.....	17
5.7 Resistance.....	17
5.7.1 Test resistance.....	17
5.7.2 Winding temperature .....	18
5.7.3 Correction to reference coolant temperature.....	18
5.8 State of the machine under test and test categories.....	19
5.9 Excitation circuit measurements.....	20
5.10 Ambient temperature during testing .....	20
6 Test methods for the determination of the efficiency of induction machines .....	20
6.1 Preferred testing methods.....	20
6.1.1 General .....	20
6.1.2 Method 2-1-1A – Direct measurement of input and output.....	21
6.1.3 Method 2-1-1B – Summation of losses, additional load losses according to the method of residual loss.....	23
6.1.4 Method 2-1-1C – Summation of losses with additional load losses from assigned allowance .....	31
6.2 Testing methods for field or routine-testing .....	35
6.2.1 General .....	35
6.2.2 Method 2-1-1D – Dual supply back-to-back-test.....	36
6.2.3 Method 2-1-1E – Single supply back-to-back-test .....	37
6.2.4 Method 2-1-1F – Summation of losses with additional load losses determined by test with rotor removed and reverse rotation test .....	38
6.2.5 Method 2-1-1G – Summation of losses with additional load losses determined by Eh-star method.....	42
6.2.6 Method 2-1-1H – Determination of efficiency by use of the equivalent circuit parameters.....	46
7 Test methods for the determination of the efficiency of synchronous machines.....	52

7.1	Preferred testing methods .....	52
7.1.1	General .....	52
7.1.2	Method 2-1-2A – Direct measurement of input and output.....	53
7.1.3	Method 2-1-2B – Summation of separate losses with a rated load temperature test and a short circuit test.....	54
7.1.4	Method 2-1-2C – Summation of separate losses without a full load test .....	60
7.2	Testing methods for field or routine testing .....	62
7.2.1	General .....	62
7.2.2	Method 2-1-2D – Dual supply back-to-back-test.....	62
7.2.3	Method 2-1-2E – Single supply back-to-back-test .....	63
7.2.4	Method 2-1-2F – Zero power factor test with excitation current from Potier-, ASA- or Swedish-diagram .....	65
7.2.5	Method 2-1-2G – Summation of separate losses with a load test without consideration of additional load losses .....	69
8	Test methods for the determination of the efficiency of DC machines .....	70
8.1	Testing methods for field or routine testing .....	70
8.2	Method 2-1-3A – Direct measurement of input and output.....	71
8.2.1	General .....	71
8.2.2	Test procedure .....	72
8.2.3	Efficiency determination.....	72
8.3	Method 2-1-3B – Summation of losses with a load test and DC component of additional load losses from test.....	73
8.3.1	General .....	73
8.3.2	Test procedure .....	74
8.4	Method 2-1-3C – Summation of losses with a load test and DC component of additional load losses from assigned value .....	80
8.4.1	General .....	80
8.4.2	Test procedure .....	81
8.4.3	Efficiency determination.....	82
8.5	Method 2-1-3D – Summation of losses without a load test .....	83
8.5.1	General .....	83
8.5.2	Test procedure .....	84
8.5.3	Efficiency determination.....	85
8.6	Method 2-1-3E – Single supply back-to-back test.....	86
8.6.1	General .....	86
8.6.2	Test procedure .....	86
8.6.3	Efficiency determination.....	87
	Annex A (normative) Calculation of values for the Eh-star method .....	88
	Annex B (informative) Types of excitation systems .....	91
	Annex C (informative) Induction machine slip measurement.....	92
	Annex D (informative) Test report template for method 2-1-1B.....	94
	Bibliography.....	95
	Figure 1 – Torque measuring devices .....	17
	Figure 2 – Sketch for torque measurement test.....	21
	Figure 3 – Efficiency determination according to method 2-1-1A .....	22
	Figure 4 – Efficiency determination according to method 2-1-1B .....	24
	Figure 5 – Smoothing of the residual loss data.....	30

Figure 6 – Efficiency determination according to method 2-1-1C .....	32
Figure 7 – Vector diagram for obtaining current vector from reduced voltage test .....	33
Figure 8 – Assigned allowance for additional load losses $P_{LL}$ .....	34
Figure 9 – Efficiency determination according to method 2-1-1D .....	36
Figure 10 – Sketch for dual supply back-to-back test .....	36
Figure 11 – Efficiency determination according to method 2-1-1E .....	37
Figure 12 – Efficiency determination according to method 2-1-1F .....	39
Figure 13 – Efficiency determination according to method 2-1-1G .....	43
Figure 14 – Eh-star test circuit .....	44
Figure 15 – Induction machine, T-model with equivalent iron loss resistor .....	46
Figure 16 – Efficiency determination according to method 2-1-1H .....	47
Figure 17 – Induction machines, reduced model for calculation .....	50
Figure 18 – Sketch for torque measurement test .....	53
Figure 19 – Efficiency determination according to method 2-1-2A .....	53
Figure 20 – Efficiency determination according to method 2-1-2B .....	55
Figure 21 – Efficiency determination according to method 2-1-2C .....	61
Figure 22 – Efficiency determination according to method 2-1-2D .....	62
Figure 23 – Sketch for dual supply back-to-back test ( $I_M = I_G, f_M = f_G$ ) .....	63
Figure 24 – Efficiency determination according to method 2-1-2E .....	64
Figure 25 – Single supply back-to-back test for synchronous machines .....	64
Figure 26 – Efficiency determination according to method 2-1-2F .....	65
Figure 27 – Efficiency determination according to method 2-1-2G .....	70
Figure 28 – Sketch for torque measurement test .....	71
Figure 29 – Efficiency determination according to method 2-1-3A .....	72
Figure 30 – Efficiency determination according to method 2-1-3B .....	74
Figure 31 – Sketch for single supply back-to-back test for determination of DC component of additional load losses .....	78
Figure 32 – Efficiency determination according to method 2-1-3C .....	81
Figure 33 – Efficiency determination according to method 2-1-3D .....	84
Figure 34 – Efficiency determination according to method 2-1-3E .....	86
Figure 35 – Sketch for single supply back-to-back test .....	86
Figure C.1 – Slip measurement system block diagram .....	93
Table 1 – Reference temperature .....	18
Table 2 – Induction machines: preferred testing methods .....	21
Table 3 – Induction machines: other methods .....	36
Table 4 – Synchronous machines with electrical excitation: preferred testing methods .....	52
Table 5 – Synchronous machines with permanent magnets: preferred testing methods .....	52
Table 6 – Synchronous machines: other methods .....	62
Table 7 – DC machines: test methods .....	71
Table 8 – Multiplying factors for different speed ratios .....	82

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

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 60034-2-1 published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

Harmonization of layout and requirements with IEC 60034-2-2 and IEC 60034-2-3.

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

Draft	Report on voting
2/2165/FDIS	2/2177/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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/publications](http://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](http://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 2-1: 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 document applies to DC machines and to AC synchronous and induction machines of all sizes within the scope of IEC 60034-1 rated for mains operation.

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

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

IEC 60034-1:2022, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-4-1:2018, *Rotating electrical machines – Part 4-1: Methods for determining electrically excited synchronous machine quantities from tests*

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

IEC 60034-29, *Rotating electrical machines – Part 29: Equivalent loading and superposition techniques – Indirect testing to determine temperature rise*

IEC 60034-30-1, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)*

IEC 60051(all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	100
1 Domaine d'application .....	102
2 Références normatives .....	102
3 Termes et définitions .....	103
4 Symboles et abréviations .....	108
4.1 Symboles .....	108
4.2 Indices supplémentaires .....	109
5 Exigences fondamentales .....	110
5.1 Détermination directe et indirecte du rendement .....	110
5.2 Incertitude .....	111
5.3 Méthodes préférentielles et méthodes pour essais d'acceptation spécifiques au client, essais sur le terrain ou essais individuels de série .....	111
5.4 Alimentation électrique .....	111
5.4.1 Tension .....	111
5.4.2 Fréquence .....	111
5.5 Instrumentation .....	111
5.5.1 Généralités .....	111
5.5.2 Appareils de mesure pour les grandeurs électriques .....	112
5.5.3 Mesure du couple .....	112
5.5.4 Mesure de la vitesse et de la fréquence .....	112
5.5.5 Mesure de la température .....	112
5.6 Unités .....	113
5.7 Résistance .....	113
5.7.1 Résistance d'essai .....	113
5.7.2 Température des enroulements .....	113
5.7.3 Correction par rapport à la température du fluide de refroidissement de référence .....	114
5.8 État de la machine en essai et catégories d'essais .....	114
5.9 Mesures du circuit d'excitation .....	115
5.10 Température ambiante pendant les essais .....	116
6 Méthodes d'essai pour la détermination du rendement des machines à induction .....	116
6.1 Méthodes d'essai préférentielles .....	116
6.1.1 Généralités .....	116
6.1.2 Méthode 2-1-1A – Mesure directe des puissances d'entrée et de sortie .....	117
6.1.3 Méthode 2-1-1B – Sommation des pertes, avec détermination des pertes supplémentaires en charge selon la méthode des pertes résiduelles .....	118
6.1.4 Méthode 2-1-1C – Sommation des pertes, avec détermination des pertes supplémentaires en charge à partir d'une tolérance assignée .....	126
6.2 Méthodes d'essai pour les essais sur le terrain ou les essais individuels de série .....	130
6.2.1 Généralités .....	130
6.2.2 Méthode 2-1-1D – Essai en opposition à double alimentation .....	131
6.2.3 Méthode 2-1-1E – Essai en opposition à simple alimentation .....	132
6.2.4 Méthode 2-1-1F – Sommation des pertes, avec détermination des pertes supplémentaires en charge par l'essai avec rotor retiré et l'essai de rotation inverse .....	134

6.2.5	Méthode 2-1-1G – Sommation des pertes, avec détermination des pertes supplémentaires en charge par la méthode Eh-star.....	137
6.2.6	Méthode 2-1-1H – Détermination du rendement par l'utilisation des paramètres du circuit équivalent .....	142
7	Méthodes d'essai pour la détermination du rendement des machines synchrones .....	148
7.1	Méthodes d'essai préférentielles .....	148
7.1.1	Généralités .....	148
7.1.2	Méthode 2-1-2A – Mesure directe des puissances d'entrée et de sortie .....	149
7.1.3	Méthode 2-1-2B – Sommation des pertes séparées, avec un essai de température à la charge assignée et un essai de court-circuit.....	151
7.1.4	Méthode 2-1-2C – Sommation des pertes séparées sans essai à pleine charge .....	158
7.2	Méthodes d'essai pour les essais sur le terrain ou les essais individuels de série .....	160
7.2.1	Généralités .....	160
7.2.2	Méthode 2-1-2D – Essai en opposition à double alimentation .....	160
7.2.3	Méthode 2-1-2E – Essai en opposition à simple alimentation .....	161
7.2.4	Méthode 2-1-2F – Essai au facteur de puissance nul avec courant d'excitation à partir du diagramme de Potier/ASA/suédois .....	163
7.2.5	Méthode 2-1-2G – Sommation des pertes séparées avec un essai en charge sans prise en compte des pertes supplémentaires en charge .....	167
8	Méthodes d'essai pour la détermination du rendement des machines à courant continu .....	168
8.1	Méthodes d'essai pour les essais sur le terrain ou les essais individuels de série .....	168
8.2	Méthode 2-1-3A – Mesure directe des puissances d'entrée et de sortie .....	169
8.2.1	Généralités .....	169
8.2.2	Procédure d'essai .....	170
8.2.3	Détermination du rendement.....	170
8.3	Méthode 2-1-3B – Sommation des pertes avec un essai en charge et composante continue des pertes supplémentaires en charge à partir d'un essai.....	171
8.3.1	Généralités .....	171
8.3.2	Procédure d'essai .....	172
8.4	Méthode 2-1-3C – Sommation des pertes avec un essai en charge et composante continue des pertes supplémentaires en charge à partir d'une valeur assignée.....	178
8.4.1	Généralités .....	178
8.4.2	Procédure d'essai .....	179
8.4.3	Détermination du rendement.....	180
8.5	Méthode 2-1-3D – Sommation des pertes sans essai en charge .....	181
8.5.1	Généralités .....	181
8.5.2	Procédure d'essai .....	182
8.5.3	Détermination du rendement.....	183
8.6	Méthode 2-1-3E – Essai en opposition à simple alimentation .....	184
8.6.1	Généralités .....	184
8.6.2	Procédure d'essai .....	184
8.6.3	Détermination du rendement.....	185
	Annexe A (normative) Calcul des valeurs pour la méthode Eh-star .....	186
	Annexe B (informative) Types de systèmes d'excitation .....	189
	Annexe C (informative) Mesure du glissement de la machine à induction.....	190



Annexe D (informative) Modèle de rapport d'essai pour la méthode 2-1-1B.....	192
Bibliographie.....	193
Figure 1 – Dispositifs de mesure de couple.....	112
Figure 2 – Schéma pour l'essai de mesure du couple.....	117
Figure 3 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1A .....	117
Figure 4 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1B .....	119
Figure 5 – Lissage des valeurs des pertes résiduelles .....	125
Figure 6 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1C .....	127
Figure 7 – Schéma vectoriel pour obtenir le vecteur courant à partir de l'essai à la tension réduite.....	128
Figure 8 – Tolérance assignée pour les pertes supplémentaires en charge $P_{LL}$ .....	129
Figure 9 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1D .....	131
Figure 10 – Schéma pour l'essai en opposition à double alimentation .....	132
Figure 11 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1E .....	133
Figure 12 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1F.....	134
Figure 13 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1G .....	138
Figure 14 – Circuit d'essai Eh-star .....	139
Figure 15 – Machine à induction, modèle T avec résistance équivalente des pertes dans le fer .....	142
Figure 16 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-1H .....	143
Figure 17 – Machines à induction, modèle réduit pour le calcul.....	147
Figure 18 – Schéma pour l'essai de mesure du couple.....	150
Figure 19 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2A .....	150
Figure 20 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2B .....	152
Figure 21 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2C .....	159
Figure 22 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2D .....	160
Figure 23 – Schéma pour l'essai en opposition à double alimentation ( $I_M = I_G, f_M = f_G$ ).....	161
Figure 24 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2E .....	162
Figure 25 – Essai en opposition à simple alimentation pour machines synchrones.....	162
Figure 26 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2F.....	163
Figure 27 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-2G .....	168
Figure 28 – Schéma pour l'essai de mesure du couple.....	169
Figure 29 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-3A .....	170
Figure 30 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-3B .....	172
Figure 31 – Schéma pour l'essai en opposition à simple alimentation pour la détermination de la composante continue des pertes supplémentaires en charge .....	176
Figure 32 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-3C .....	179
Figure 33 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-3D .....	182
Figure 34 – Détermination du rendement selon la méthode 2-1-3E .....	184
Figure 35 – Schéma pour l'essai en opposition à simple alimentation .....	185
Figure C.1 – Schéma fonctionnel du système de mesure du glissement.....	191
Tableau 1 – Température de référence .....	114

Tableau 2 – Machines à induction: méthodes d'essai préférentielles .....	116
Tableau 3 – Machines à induction: autres méthodes .....	131
Tableau 4 – Machines synchrones avec excitation électrique: méthodes d'essai préférentielles .....	149
Tableau 5 – Machines synchrones avec excitation à aimants permanents: méthodes d'essai préférentielles .....	149
Tableau 6 – Machines synchrones: autres méthodes .....	160
Tableau 7 – Machines à courant continu: méthodes d'essai .....	169
Tableau 8 – Facteurs multiplicateurs pour différents rapports de vitesses .....	180

# 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 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 60034-2-1 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 60034-2-1 parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

harmonisation de la disposition et des procédures avec l'IEC 60034-2-2 et l'IEC 60034-2-3.

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

Projet	Rapport de vote
2/2165/FDIS	2/2177/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.

Ce 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](http://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](http://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](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 2-1: 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 l'IEC 60034 a pour objet de définir les méthodes de détermination du rendement à partir d'essais et également de spécifier les méthodes qui permettent de déterminer des pertes spécifiques.

Le présent document 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 l'IEC 60034-1 et assignées pour un fonctionnement sur secteur.

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

IEC 60034-1:2022, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-4-1:2018, *Machines électriques tournantes – Partie 4-1: Méthodes pour la détermination, à partir d'essais, des grandeurs des machines synchrones à excitation électrique*

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

IEC 60034-29, *Machines électriques tournantes – Partie 29: Techniques par charge équivalente et par superposition – Essais indirects pour déterminer l'échauffement*

IEC 60034-30-1, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC 60051 (toutes les parties), *Appareils de mesure électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*

IEC 60051-1, *Appareils de mesure électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires – Partie 1: Définitions et exigences générales communes à toutes les parties*