

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

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

**Machines électriques tournantes –  
Partie 4: Méthodes pour la détermination, à partir d'essais, des grandeurs des  
machines synchrones**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**  
CODE PRIX

## CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions.....	9
4 Symbols and units.....	14
5 Overview of tests.....	15
6 Test procedures.....	18
6.1 General.....	18
6.1.1 Instrumentation requirements.....	18
6.1.2 Excitation system requirements.....	18
6.1.3 Test conditions.....	18
6.1.4 Per unit base quantities.....	19
6.1.5 Conventions and assumptions.....	19
6.1.6 Consideration of magnetic saturation.....	20
6.2 Direct measurements of excitation current at rated load.....	21
6.3 Direct-current winding resistance measurements.....	21
6.4 No-load saturation test.....	22
6.4.1 Test procedure.....	22
6.4.2 No-load saturation characteristic determination.....	23
6.5 Sustained three-phase short-circuit test.....	23
6.5.1 Test procedure.....	23
6.5.2 Three-phase sustained short-circuit characteristic.....	24
6.6 Motor no-load test.....	24
6.7 Phase shifting test.....	24
6.8 Over-excitation test at zero power factor.....	25
6.9 Negative excitation test.....	25
6.10 On-load test measuring the load angle.....	25
6.11 Low slip test.....	25
6.12 Sudden three-phase short-circuit test.....	26
6.13 Voltage recovery test.....	27
6.14 Suddenly applied short-circuit test following disconnection from line.....	27
6.15 Direct current decay test in the armature winding at standstill test.....	27
6.16 Suddenly applied excitation test with armature winding open-circuited.....	28
6.17 Applied voltage test with the rotor in direct and quadrature axis positions.....	29
6.18 Applied voltage test with the rotor in arbitrary position.....	29
6.19 Single phase voltage test applied to the three phases.....	30
6.20 Line-to-line sustained short-circuit test.....	30
6.21 Sudden line-to-line short-circuit.....	31
6.22 Line-to-line and to neutral sustained short-circuit test.....	31
6.23 Negative-phase sequence test.....	32
6.24 Field current decay test, with the armature winding open-circuited.....	32
6.24.1 Test at rated speed.....	32
6.24.2 Test at standstill.....	32
6.25 Field current decay test at rated speed with the armature-winding short-circuited.....	32
6.26 Suddenly applied excitation with armature winding short-circuited.....	33

6.27	Field current decay test at standstill with two phases of armature winding short-circuited .....	33
6.28	Applied voltage test with rotor removed .....	33
6.29	No-load retardation test .....	34
6.30	Suspended rotor oscillation test .....	34
6.31	Locked rotor test .....	35
6.32	Over-excitation test at zero power factor and variable armature voltage .....	35
6.33	Asynchronous operation during the low-voltage test .....	35
6.34	Applied variable frequency voltage test at standstill .....	36
7	Determination of quantities .....	38
7.1	Graphic procedures and analysis of oscillographic records .....	38
7.1.1	No-load saturation and three-phase, sustained short-circuit curves .....	38
7.1.2	Sudden three-phase short-circuit test .....	38
7.1.3	Voltage recovery test .....	41
7.1.4	Direct current decay in the armature winding at standstill .....	41
7.1.5	Suddenly applied excitation test with armature winding open-circuited .....	43
7.2	Direct-axis synchronous reactance .....	44
7.2.1	From no-load saturation and three-phase sustained short-circuit test .....	44
7.2.2	From motor no-load test .....	44
7.2.3	From phase shifting test .....	44
7.2.4	From on-load test measuring the load angle .....	44
7.3	Direct-axis transient reactance .....	45
7.3.1	From sudden three-phase short-circuit test .....	45
7.3.2	From voltage recovery test .....	45
7.3.3	From d.c. decay test in the armature winding at standstill .....	45
7.3.4	Calculation from test values .....	45
7.4	Direct-axis sub-transient reactance .....	45
7.4.1	From sudden three-phase short-circuit test .....	45
7.4.2	From voltage recovery test .....	46
7.4.3	From applied voltage test with the rotor in direct and quadrature axis .....	46
7.4.4	From applied voltage test with the rotor in arbitrary position .....	46
7.5	Quadrature-axis synchronous reactance .....	47
7.5.1	From negative excitation test .....	47
7.5.2	From no-load slip test .....	47
7.5.3	From phase shifting test .....	48
7.5.4	From on-load test measuring the load angle .....	49
7.6	Quadrature-axis transient reactance .....	49
7.6.1	From direct current decay test in the armature winding at standstill .....	49
7.6.2	Calculation from test values .....	49
7.7	Quadrature-axis sub-transient reactance .....	49
7.7.1	From applied voltage test with the rotor in direct and quadrature position .....	49
7.7.2	From applied voltage test with the rotor in arbitrary position .....	50
7.8	Zero-sequence reactance .....	50
7.8.1	From single-phase voltage application to the three phases .....	50
7.8.2	From line-to-line and to neutral sustained short-circuit test .....	50
7.9	Negative-sequence reactance .....	51
7.9.1	From line-to-line sustained short-circuit test .....	51
7.9.2	From negative-phase sequence test .....	51

7.9.3	Calculation from test values.....	52
7.9.4	From sudden line-to-line short-circuit test.....	52
7.9.5	From direct-current decay test at standstill.....	52
7.10	Armature leakage reactance.....	52
7.11	Potier reactance.....	53
7.12	Zero-sequence resistance.....	54
7.12.1	From single-phase voltage test applied to the three phases.....	54
7.12.2	From line-to-line and to neutral sustained short-circuit test.....	54
7.13	Positive-sequence armature winding resistance.....	54
7.14	Negative-sequence resistance.....	54
7.14.1	From line-to-line sustained short-circuit test.....	54
7.14.2	From negative-phase sequence test.....	55
7.15	Armature and excitation winding resistance.....	55
7.16	Direct-axis transient short-circuit time constant.....	56
7.16.1	From sudden three-phase short-circuit test.....	56
7.16.2	From field current decay at rated speed with armature winding short-circuited.....	56
7.16.3	From direct current decay test at standstill.....	56
7.16.4	From suddenly applied excitation with armature winding short-circuited.....	56
7.16.5	From field current decay test at standstill with two phases of armature winding short-circuited.....	56
7.17	Direct-axis transient open-circuit time constant.....	56
7.17.1	From field current decay at rated speed with armature winding open.....	56
7.17.2	From field current decay test at standstill with armature winding open.....	56
7.17.3	From voltage recovery test.....	56
7.17.4	From direct-current decay test at standstill.....	57
7.17.5	From suddenly applied excitation with armature winding open-circuited.....	57
7.18	Direct-axis sub-transient short-circuit time constant.....	57
7.19	Direct-axis sub-transient open-circuit time constant.....	57
7.19.1	From voltage recovery test.....	57
7.19.2	From direct-current decay test at standstill.....	57
7.20	Quadrature-axis transient short-circuit time constant.....	57
7.20.1	Calculation from test values.....	57
7.20.2	From direct-current decay test at standstill.....	57
7.21	Quadrature-axis transient open-circuit time constant.....	57
7.21.1	Determination from direct-current decay test at standstill.....	57
7.22	Quadrature-axis sub-transient short-circuit time constant.....	57
7.22.1	Calculation from test values.....	57
7.22.2	Determination from direct-current decay test at standstill.....	58
7.23	Quadrature-axis sub-transient open-circuit time constant.....	58
7.23.1	From direct-current decay test at standstill.....	58
7.24	Armature short-circuit time constant.....	58
7.24.1	From sudden three-phase short-circuit test.....	58
7.24.2	Calculation from test values.....	58
7.25	Rated acceleration time and stored energy constant.....	58
7.25.1	From suspended rotor oscillation test.....	58
7.25.2	From no-load retardation test.....	59

7.26	Rated excitation current .....	59
7.26.1	From direct measurement .....	59
7.26.2	Potier diagram .....	60
7.26.3	ASA diagram .....	61
7.26.4	Swedish diagram .....	62
7.27	Excitation current referred to rated armature sustained short-circuit current .....	63
7.27.1	From over-excitation test at zero power factor .....	63
7.27.2	From sustained three-phase short-circuit test .....	64
7.28	Frequency response characteristics .....	64
7.28.1	General .....	64
7.28.2	From asynchronous operation at reduced voltage .....	64
7.28.3	From applied variable frequency voltage test at standstill .....	65
7.28.4	From direct current decay test in the armature winding at standstill .....	66
7.29	Short-circuit ratio .....	67
7.30	Rated voltage regulation .....	67
7.30.1	From direct measurement .....	67
7.30.2	From no-load saturation characteristic and known field current at rated load .....	67
7.31	Initial starting impedance of synchronous motors .....	67
Annex A (informative)	Testing cross-reference .....	69
Annex B (informative)	Calculation scheme for frequency response characteristics .....	72
Annex C (informative)	Conventional electrical machine model .....	74
Figure 1	– Schematic for d.c. decay test at standstill .....	28
Figure 2	– Circuit diagram for line-to-line short-circuit test .....	30
Figure 3	– Circuit diagram for line-to-line and to neutral sustained short-circuit test .....	31
Figure 4	– Search coil installation with rotor removed .....	34
Figure 5	– Power and current versus slip (example) .....	36
Figure 6	– Schematic for variable frequency test at standstill .....	36
Figure 7	– Recorded quantities from variable frequency test at standstill (example) .....	37
Figure 8	– Combined saturation and short-circuit curves .....	38
Figure 9	– Transient and sub-transient component of short-circuit current .....	39
Figure 10	– Determination of transient component of short-circuit current .....	40
Figure 11	– Graphical determination of aperiodic component .....	40
Figure 12	– Transient and sub-transient component of recovery voltage .....	41
Figure 13	– Semi-logarithmic plot of decay currents .....	42
Figure 14	– Suddenly applied excitation with armature winding open-circuited .....	43
Figure 15	– No-load e.m.f. and excitation current for one pole-pitch slip .....	47
Figure 16	– Current envelope from low-slip test .....	48
Figure 17	– Determination of Potier reactance .....	53
Figure 18	– Potier's diagram .....	60
Figure 19	– ASA diagram .....	61
Figure 20	– Swedish diagram .....	62
Figure 21	– Excitation current from over-excitation at zero power factor .....	63
Figure 22	– Frequency response characteristics at low frequencies (example) .....	65

Figure C.1 – Equivalent circuit model of a salient pole machine ..... 74

Table 1 – Test methods and cross-reference table..... 16

Table A.1 – Test cross-reference ..... 69

Currently in preview, click buy full version

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests**

## 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 far 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 60034-4 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1985 and its amendment 1 (1995). This edition constitutes a technical revision. The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- Tests described in Supplement A of the previous edition were partly removed for lack of relevance in current practise.
- Provisions were made for tests on machines with brushless excitation.
- A table of test methods indicates preferred tests, and a test cross-reference is provided.
- The conventional two-axes salient-pole machine model description was added in an Annex.

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

FDIS	Report on voting
2/1488/FDIS	2/1495/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.

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

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

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.

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

### Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests

#### 1 Scope

This part of IEC 60034 applies to three-phase synchronous machines of 1 kVA rating and larger with rated frequency of not greater than 500 Hz and not less than 10 Hz.

Most of the methods are intended to be used for machines having an excitation winding with slip-rings and brushes for their supply. Synchronous machines with brushless excitation require special effort for some of the tests. For machines with permanent magnet excitation, there is a limited applicability of the described tests, and special precautions have to be taken against irreversible demagnetization.

Excluded are axial-field machines and special synchronous machines such as inductor type machines and transversal flux machines.

It is not intended that this standard be interpreted as requiring any or all of the tests described therein on any given machine. The particular tests to be carried out shall be subject to agreement between manufacturer and customer.

#### 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 60034-1:2004, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

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

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

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	81
1 Domaine d'application .....	83
2 Références normatives.....	83
3 Termes et définitions .....	83
4 Symboles et unités .....	88
5 Vue d'ensemble des essais .....	90
6 Méthodes d'essai.....	93
6.1 Généralités.....	93
6.1.1 Exigences relatives aux appareils de mesure .....	93
6.1.2 Exigences relatives au système d'excitation .....	93
6.1.3 Conditions d'essai .....	93
6.1.4 Grandeurs en valeurs réduites.....	94
6.1.5 Conventions et hypothèses.....	95
6.1.6 Examen de la saturation magnétique.....	95
6.2 Mesures directes du courant d'excitation à la charge assignée.....	97
6.3 Mesures de la résistance en courant continu d'un enroulement.....	97
6.4 Essai de saturation à vide .....	98
6.4.1 Méthode d'essai .....	98
6.4.2 Evaluation de la caractéristique de saturation à vide .....	99
6.5 Essai en court-circuit triphasé permanent.....	99
6.5.1 Méthode d'essai .....	99
6.5.2 Caractéristique en court-circuit triphasé permanent.....	100
6.6 Essai de moteur à vide .....	100
6.7 Essai à angle interne variable.....	100
6.8 Essai de surexcitation à facteur de puissance nul.....	101
6.9 Essai d'excitation négative .....	101
6.10 Essai en charge avec mesure de l'angle de charge .....	101
6.11 Essai à faible glissement.....	101
6.12 Essai de court-circuit triphasé brusque.....	102
6.13 Essai de rétablissement de la tension .....	103
6.14 Essai de court-circuit brusque après déconnexion de la ligne.....	103
6.15 Essai de décroissance d'un courant continu dans l'essai de l'enroulement d'induit à l'arrêt.....	104
6.16 Essai d'application brusque de l'excitation avec l'enroulement d'induit à circuit ouvert .....	105
6.17 Essai d'application de tension pour les positions longitudinale et transversale des pôles du rotor .....	105
6.18 Essai de tension appliquée avec le rotor en position arbitraire .....	106
6.19 Essai de tension monophasée appliquée aux trois phases .....	106
6.20 Essai de court-circuit permanent entre phases .....	106
6.21 Court-circuit brusque entre phases.....	107
6.22 Essai de court-circuit permanent entre phases et le neutre.....	108
6.23 Essai de rotation inverse .....	108
6.24 Essai de décroissance du courant d'excitation, avec l'enroulement d'induit en circuit ouvert.....	109
6.24.1 Essai à la vitesse assignée.....	109
6.24.2 Essai à l'arrêt .....	109

6.25	Essai de décroissance du courant d'excitation à la vitesse assignée avec l'enroulement d'induit court-circuité .....	109
6.26	Excitation appliquée de manière brusque avec l'enroulement d'induit court-circuité .....	109
6.27	Essai de décroissance du courant d'excitation à l'arrêt avec deux phases de l'enroulement d'induit court-circuitées .....	110
6.28	Essai de tension appliquée le rotor retiré étant enlevé.....	110
6.29	Essai de ralentissement à vide .....	111
6.30	Essai d'oscillation du rotor suspendu.....	111
6.31	Essai à rotor bloqué .....	111
6.32	Essai de surexcitation à facteur de puissance nul et à tension d'induit variable .....	112
6.33	Fonctionnement asynchrone pendant l'essai à basse tension .....	112
6.34	Essai d'application d'une fréquence variable à l'arrêt .....	113
7	Détermination des grandeurs.....	115
7.1	Méthodes graphiques et analyse des enregistrements oscillographiques.....	115
7.1.1	Courbes de saturation à vide et de court-circuit triphasé permanent.....	115
7.1.2	Essai de court-circuit triphasé brusque .....	115
7.1.3	Essai de rétablissement de la tension.....	118
7.1.4	Décroissance en courant continu dans l'enroulement d'induit à l'arrêt .....	118
7.1.5	Essai d'application brusque de l'excitation avec l'enroulement d'induit à circuit ouvert .....	120
7.2	Réactance synchrone longitudinale .....	121
7.2.1	A partir des valeurs de saturation à vide et de court-circuit triphasé permanent .....	121
7.2.2	A partir de l'essai de moteur à vide.....	121
7.2.3	A partir de l'essai d'angle interne variable .....	121
7.2.4	A partir de l'essai en charge avec mesure de l'angle de charge.....	122
7.3	Réactance transitoire longitudinale.....	122
7.3.1	A partir de l'essai de court-circuit triphasé brusque .....	122
7.3.2	A partir de l'essai de rétablissement de la tension .....	122
7.3.3	A partir de la décroissance en courant continu dans l'enroulement d'induit à l'arrêt .....	123
7.3.4	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	123
7.4	Réactance subtransitoire longitudinale .....	123
7.4.1	A partir de l'essai de court-circuit triphasé brusque .....	123
7.4.2	A partir de l'essai de rétablissement de la tension .....	123
7.4.3	A partir de l'essai de tension appliquée avec rotor longitudinal et transversal .....	123
7.4.4	A partir de l'essai d'application de tension dans une position arbitraire du rotor .....	124
7.5	Réactance synchrone transversale .....	124
7.5.1	A partir de l'essai d'excitation négative.....	124
7.5.2	A partir de l'essai à faible glissement .....	125
7.5.3	A partir de l'essai d'angle interne variable .....	126
7.5.4	A partir de l'essai en charge avec mesure de l'angle de charge.....	126
7.6	Réactance transitoire transversale .....	127
7.6.1	A partir de la décroissance en courant continu dans l'enroulement d'induit à l'arrêt .....	127
7.6.2	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	127
7.7	Réactance subtransitoire transversale.....	127

7.7.1	A partir de l'essai de tension appliquée avec rotor en position longitudinale ou transversale .....	127
7.7.2	A partir de l'essai d'application de tension dans une position arbitraire du rotor .....	128
7.8	Réactance homopolaire .....	128
7.8.1	A partir de l'application de tension monophasée aux trois phases.....	128
7.8.2	A partir de l'essai de court-circuit permanent entre phases et le neutre.....	128
7.9	Réactance inverse.....	129
7.9.1	A partir de l'essai de court-circuit permanent entre phases .....	129
7.9.2	A partir de l'essai de rotation inverse.....	129
7.9.3	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	129
7.9.4	A partir de l'essai de court-circuit brusque entre phases .....	130
7.9.5	A partir de l'essai de décroissance en courant continu à l'arrêt.....	130
7.10	Réactance de fuite d'induit .....	130
7.11	Réactance de Potier .....	131
7.12	Résistance homopolaire .....	132
7.12.1	A partir de l'essai de tension monophasée appliquée aux trois phases .....	132
7.12.2	A partir de l'essai de court-circuit permanent entre phases et le neutre.....	132
7.13	Résistance de l'enroulement d'induit directe.....	132
7.14	Résistance inverse .....	132
7.14.1	A partir de l'essai de court-circuit permanent entre phases .....	132
7.14.2	A partir de l'essai de rotation inverse.....	133
7.15	Résistance de l'enroulement d'induit et de l'enroulement d'excitation .....	133
7.16	Constante de temps transitoire longitudinale en court-circuit .....	134
7.16.1	A partir de l'essai de court-circuit triphasé brusque .....	134
7.16.2	A partir de la décroissance du courant d'excitation à la vitesse assignée avec enroulement d'induit court-circuité.....	134
7.16.3	A partir de l'essai de décroissance en courant continu à l'arrêt.....	134
7.16.4	A partir de l'excitation appliquée de manière brusque l'induit étant court-circuité .....	134
7.16.5	A partir de la décroissance du courant d'excitation à l'arrêt, deux phases de l'enroulement d'induit étant court-circuitées .....	134
7.17	Constante de temps transitoire longitudinale à circuit ouvert .....	135
7.17.1	A partir de la décroissance du courant d'excitation à la vitesse assignée avec enroulement d'induit en circuit ouvert .....	135
7.17.2	A partir de la décroissance du courant d'excitation à l'arrêt avec enroulement d'induit en circuit ouvert .....	135
7.17.3	A partir de l'essai de rétablissement de la tension .....	135
7.17.4	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	135
7.17.5	A partir de l'excitation appliquée de manière brusque avec enroulement d'induit en circuit ouvert .....	135
7.18	Constante de temps subtransitoire longitudinale en court-circuit.....	135
7.19	Constante de temps subtransitoire longitudinale à circuit ouvert.....	135
7.19.1	A partir de l'essai de rétablissement de la tension .....	135
7.19.2	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	135
7.20	Constante de temps transitoire transversale en court-circuit.....	136
7.20.1	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	136
7.20.2	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	136

7.21	Constante de temps transitoire transversale à circuit ouvert.....	136
7.21.1	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	136
7.22	Constante de temps subtransitoire transversale en court-circuit .....	136
7.22.1	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	136
7.22.2	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	136
7.23	Constante de temps subtransitoire transversale à circuit ouvert .....	136
7.23.1	A partir de la décroissance en courant continu à l'arrêt.....	136
7.24	Constante de temps en court-circuit de l'induit .....	136
7.24.1	A partir du court-circuit triphasé brusque .....	136
7.24.2	Calcul à partir des valeurs d'essai .....	137
7.25	Valeur assignée des constantes de temps d'accélération et d'énergie cinétique réduite.....	137
7.25.1	A partir de l'essai d'oscillation du rotor suspendu .....	137
7.25.2	A partir de l'essai de ralentissement à vide.....	138
7.26	Courant assigné d'excitation .....	138
7.26.1	A partir de mesures directes .....	138
7.26.2	Diagramme de Potier.....	138
7.26.3	Diagramme ASA .....	140
7.26.4	Diagramme suédois.....	141
7.27	Courant d'excitation correspondant au courant d'induit assigné en court- circuit permanent.....	142
7.27.1	A partir de l'essai de surexcitation à facteur de puissance nul .....	142
7.27.2	A partir de l'essai de court-circuit triphasé permanent .....	142
7.28	Caractéristiques de réponse en fréquence.....	143
7.28.1	Généralités.....	143
7.28.2	A partir du fonctionnement asynchrone à tension réduite.....	143
7.28.3	A partir de l'essai d'application à l'arrêt d'une tension de fréquence variable .....	144
7.28.4	A partir de la décroissance en courant continu dans l'enroulement d'induit, la machine étant à l'arrêt.....	145
7.29	Rapport de court-circuit.....	146
7.30	Variation assignée de tension.....	146
7.30.1	A partir de mesures directes .....	146
7.30.2	A partir de la caractéristique de saturation à vide et du courant d'excitation connu à la charge assignée .....	146
7.31	Impédance de démarrage initiale des moteurs synchrones.....	146
Annexe A (informative) Correspondances pour les essais.....		148
Annexe B (informative) Système de calcul des caractéristiques de réponse en fréquence .....		151
Annexe C (informative) Modèle conventionnel de machine électrique .....		153
Figure 1 – Schéma pour l'essai de décroissance du courant continu à l'arrêt.....		104
Figure 2 – Schéma de circuit pour l'essai de court-circuit entre phases .....		107
Figure 3 – Schéma de circuit pour l'essai de court-circuit permanent entre phases et le neutre .....		108
Figure 4 – Installation de la bobine exploratrice le rotor étant enlevé.....		110
Figure 5 – Puissance et courant en fonction du glissement (exemple).....		113
Figure 6 – Schéma pour l'essai d'application d'une fréquence variable à l'arrêt .....		113

Figure 7 – Grandeurs enregistrées au cours de l’essai d’application à l’arrêt d’une fréquence variable (exemple).....	114
Figure 8 – Courbes combinées de saturation et de court-circuit .....	115
Figure 9 – Composantes transitoire et subtransitoire du courant de court-circuit.....	116
Figure 10 – Détermination de la composante transitoire du courant de court-circuit .....	117
Figure 11 – Détermination graphique de la composante apériodique.....	117
Figure 12 – Composantes transitoire et subtransitoire de la tension de rétablissement .....	118
Figure 13 – Représentation graphique semi-logarithmique des courants décroissants .....	119
Figure 14 – Excitation appliquée de manière brusque avec enroulement d’induit en circuit ouvert.....	121
Figure 15 – F.é.m à vide et courant d’excitation pour glissement d’un pôle .....	125
Figure 16 – Enveloppe du courant à partir de l’essai à faible glissement.....	126
Figure 17 – Détermination de la réactance de Potier.....	131
Figure 18 – Diagramme de Potier .....	139
Figure 19 – Diagramme ASA.....	140
Figure 20 – Diagramme suédois .....	141
Figure 21 – Courant d’excitation à partir de l’essai de surexcitation à facteur de puissance nul.....	142
Figure 22 – Caractéristiques de réponse en fréquence à basses fréquences (exemple) .....	144
Figure C.1 – Modèle de circuit équivalent d’une machine à pôles saillants.....	153
Tableau 1 – Tableau des méthodes d’essai et des correspondances .....	91
Tableau A.1 – Correspondances pour les essais.....	148

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 4: Méthodes pour la détermination, à partir d'essais,  
des grandeurs des machines synchrones**

## 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. Des organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales peuvent également participer à ces travaux en liaison avec la CEI. 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 60034-4 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, publiée en 1985, et son amendement 1 (1995). Cette édition constitue une révision technique. Les principales modifications apportées par rapport à l'édition précédente sont énumérées ci-dessous:

- Les essais décrits dans le supplément A de la précédente édition ont été en partie retirés, du fait d'un manque de pertinence dans la pratique.
- Des dispositions ont été prises pour les essais sur des machines à excitation sans balais.
- Un tableau des méthodes d'essai indique les essais préférentiels, et des correspondances pour les essais sont fournies.
- La description du modèle de machine conventionnelle à deux axes à pôles saillants a été ajoutée dans une annexe.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1488/FDIS	2/1495/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.

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

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.

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.

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 4: Méthodes pour la détermination, à partir d'essais, des grandeurs des machines synchrones

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 est applicable aux machines synchrones triphasées dont la puissance assignée est supérieure ou égale à 1 kVA et dont la fréquence assignée est comprise entre 10 Hz au moins et 500 Hz au plus.

La plupart des méthodes sont destinées à être utilisées avec des machines ayant un enroulement d'excitation avec des bagues collectrices et des balais pour leur alimentation. Les machines synchrones sans balai d'excitation exigent un investissement particulier pour certains des essais. Pour les machines dont l'excitation est assurée par des aimants permanents, les essais décrits ont une applicabilité limitée et des précautions particulières doivent être prises contre une démagnétisation irréversible.

Les machines à champ axial et les machines synchrones de type particulier comme les machines de type magnéto et celles à flux transversal sont exclues.

Il ne convient pas d'interpréter la présente norme comme exigeant la réalisation d'un ou de tous les essais qu'elle décrit sur une machine quelconque. Les essais particuliers qui doivent être réalisés doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

#### 2 Références normatives

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 60034-1:2004, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 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)*

CEI 60034-2A, *Machines électriques tournantes – Partie 2: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction) – Premier complément: Mesure des pertes pour la méthode calorimétrique*

CEI 60051 (toutes les parties), *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*