IEC 60034-4

Edition 3.0 2008-05

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
CODE PRIX XC

ICS 29.160

ISBN 2-8318-9706-8

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 low 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

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 nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60034-4 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 tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 60034-2A, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency from tests (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*