

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Rotating electrical machines –
Part 27-4: Measurement of insulation resistance and polarization index of
winding insulation of rotating electrical machines**

**Machines électriques tournantes –
Partie 27-4: Mesure de la résistance d'isolement et de l'index de polarisation sur
le système d'isolation des enroulements des machines électriques tournantes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-5252-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Insulation resistance – components and influence factors.....	10
5 Polarization index.....	10
6 Measurement.....	11
6.1 Influences on the measurement of the insulation resistance.....	11
6.1.1 General	11
6.1.2 Winding temperature correction	11
6.2 Measuring equipment.....	12
6.3 Test object and measuring circuit.....	13
6.3.1 General	13
6.3.2 Three-phase stator windings.....	13
6.3.3 Other windings	14
6.4 Measuring voltage.....	15
6.4.1 Type and magnitude	15
6.4.2 Polarity.....	15
6.5 Measuring time	15
6.6 Safety	15
6.7 Measurement procedures.....	15
6.7.1 Standard procedure	15
6.7.2 Special procedures	16
7 Interpretation of measurement results.....	16
7.1 General.....	16
7.2 Suitability for testing and operation	16
7.3 Trending of insulation condition	17
7.4 Comparison between machines or between phases	17
7.5 Effects at very high values of insulation resistance	17
7.6 Limitations of the insulation resistance test.....	17
8 Recommended limits of insulation resistance and polarization index.....	18
8.1 General.....	18
8.2 Insulation resistance	18
8.3 Polarization index	18
9 Test report.....	19
9.1 Operational aged windings	19
9.2 New windings.....	20
Annex A (informative) Components of the direct current	21
A.1 Total current I_T	21
A.2 Capacitive current I_C	21
A.3 Conduction current I_G	22
A.4 Polarization current I_P	23
A.5 Surface leakage current I_L	24
A.6 Stress control coating current I_S	24

Annex B (informative) Graphical estimation of the slope parameter X for temperature correction from measurement data	25
Annex C (informative) Examples of test results of synthetic resin based high voltage windings	27
C.1 Machine with dry and clean surface of the insulation	27
C.2 Machine with a wet and contaminated surface	28
C.3 Machine with continuous stress control layers in galvanic contact with high voltage conductors.....	29
C.3.1 Stress control coating current I_S	29
C.3.2 Effects on insulation resistance and polarization index	30
C.3.3 Examples of test results.....	30
Annex D (informative) Measurement of leakage current to assess interphase insulation resistance	32
Annex E (informative) Other DC tests	34
E.1 General.....	34
E.2 Dielectric absorption ratio (DAR)	34
E.3 Monitoring charge and discharge currents.....	35
E.4 High voltage DC tests	37
E.4.1 General	37
E.4.2 Uniform-time voltage step test	37
E.4.3 Graded-time voltage step test.....	37
E.4.4 Ramped-time voltage step test	37
E.5 Wet insulation resistance measurement	38
Bibliography.....	39
Figure 1 – Equivalent circuit diagram of winding insulation in a DC voltage test.....	10
Figure 2 – Connection for testing of the entire winding.....	14
Figure 3 – Connection for phase-to-earth measurement.....	14
Figure A.1 – Relationships between different currents and time	21
Figure B.1 – Graphical estimation of the slope parameter X in a semi-logarithmic diagram	26
Figure C.1 – Total current versus time on a clean and dry insulation. The scales are logarithmic.....	27
Figure C.2 – Insulation resistance versus time on a clean and dry insulation	28
Figure C.3 – Total current versus time on a wet and contaminated insulation.....	28
Figure C.4 – Insulation resistance versus time on a wet and contaminated insulation	29
Figure C.5 – Total current versus time on a dry and clean surface with a continuous stress control coating.....	30
Figure C.6 – Insulation resistance versus time on a dry and clean surface with a stress control coating.....	31
Figure D.1 – Connection for phase-to-phase measurement. The test instrument shall be floating with respect to earth. Other phase to phase combinations are permitted.....	32
Figure D.2 – Measurement of interphase leakage current with a measurement instrument equipped with a guard connection.....	33
Figure D.3 – Measurement of interphase leakage current with a measurement instrument not equipped with a guard connection.....	33
Figure E.1 – Measurement of current and insulation resistance that results in a DAR of 1,09	35

Figure E.2 – Charge and discharge currents after a step voltage of 2,5 kV for the three-phase windings of a 50 MVA hydro-generator: 36

Table 1 – Values of the parameter X for the temperature correction 12

Table 2 – Guidelines for DC voltage magnitudes to be applied during the insulation resistance measurement 15

Table 3 – Recommended minimum insulation resistance values at a base temperature of 40 °C 18

Table 4 – Recommended minimum values of polarization index for high voltage insulation systems 19

Table B.1 – Example data from insulation resistance measurements at different winding temperatures 25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –
Part 27-4: Measurement of insulation resistance and polarization index of winding insulation of rotating electrical machines
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) 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 60034-27-4 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

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

FDIS	Report on voting
2/1880/FDIS	2/1890/RVD

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

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

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.

NOTE A table of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found in the IEC TC 2 dashboard 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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

INTRODUCTION

This document provides guidelines for measurement of the insulation resistance and the polarization index on stator and rotor winding insulation of rotating electrical machines. The document also describes typical insulation resistance characteristics, the effect of influential factors which impact or change these characteristics, and how these characteristics indicate winding condition. It recommends minimum acceptable values of insulation resistance for AC and DC rotating machine windings. Interpretation will depend on the nature of the insulation materials – specifically if the insulation is of the thermoset or thermoplastic type.

Insulation resistance measurement has been recommended and used for over 50 years to evaluate the condition of electrical insulation. It is recommended to track periodic measurements, accumulated over months and years of service or in connection with servicing and overhaul of rotating machines.

Empirical limits verified in practice can be used as a basis for evaluating the quality of stator winding insulation systems in manufacturing. Furthermore, trend evaluation, e.g. diagnostic tests as part of the functional evaluation of insulation systems or in connection with servicing and overhaul of rotating machines, can also provide information on ageing processes, possible repair options and the recommended time interval between tests. These measurements give no indication of local weak points in the insulation system and the trend evaluations cannot be used to predict the time to failure of the winding insulation.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 27-4: Measurement of insulation resistance and polarization index of winding insulation of rotating electrical machines

1 Scope

This part of IEC 60034 provides recommended test procedures for the measurement of insulation resistance and polarization index of stator and rotor winding insulation of rotating electrical machines.

This document recommends minimum acceptable values of insulation resistance and polarization index of winding insulation valid for fully processed low and high voltage AC and DC rotating electrical machines with a rated power of 750 W or higher.

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 60050-411, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 411: Rotating machinery*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
INTRODUCTION.....	45
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives	46
3 Termes et définitions	46
4 Résistance d'isolement – composantes et facteurs d'influence	48
5 Index de polarisation	48
6 Mesure	49
6.1 Influences sur la mesure de la résistance d'isolement.....	49
6.1.1 Généralités	49
6.1.2 Correction de la température de l'enroulement	49
6.2 Equipement de mesure	51
6.3 Objet en essai et circuit de mesure	52
6.3.1 Généralités	52
6.3.2 Enroulements statoriques triphasés	52
6.3.3 Autres enroulements.....	53
6.4 Tension de mesure	53
6.4.1 Type et amplitude	53
6.4.2 Polarité.....	54
6.5 Temps de mesure	54
6.6 Sécurité	54
6.7 Procédures de mesure.....	54
6.7.1 Procédure normalisée.....	54
6.7.2 Procédures spéciales	55
7 Interprétation des résultats de mesure.....	55
7.1 Généralités	55
7.2 Aptitude aux essais et au fonctionnement	55
7.3 Evaluation des tendances de l'état de l'isolation	56
7.4 Comparaison entre les machines ou entre les phases.....	56
7.5 Effets des valeurs très élevées de résistance d'isolement.....	56
7.6 Limites de l'essai de résistance d'isolement.....	56
8 Limites recommandées pour la résistance d'isolement et l'index de polarisation	57
8.1 Généralités	57
8.2 Résistance d'isolement	57
8.3 Index de polarisation.....	57
9 Rapport d'essai	58
9.1 Enroulements vieillis en fonctionnement	58
9.2 Enroulements neufs	59
Annexe A (informative) Composantes du courant continu	60
A.1 Courant total I_T	60
A.2 Courant capacitif I_C	60
A.3 Courant de conduction I_G	61
A.4 Courant de polarisation I_P	62
A.5 Courant de fuite de surface I_L	63
A.6 Courant de revêtement anti-effluves I_S	64

Annexe B (informative) Estimation graphique du paramètre de pente X pour la correction de température à partir des données de mesure.....	65
Annexe C (informative) Exemples de résultats d'essai pour des enroulements haute tension à base de résine synthétique.....	67
C.1 Machine à surface d'isolation sèche et propre.....	67
C.2 Machine à surface humide et contaminée	68
C.3 Machine à couches de revêtement anti-effluves continu en contact galvanique avec des conducteurs haute tension	69
C.3.1 Courant de revêtement anti-effluves I_S	69
C.3.2 Effets sur la résistance d'isolement et l'index de polarisation.....	70
C.3.3 Exemples de résultats d'essai.....	70
Annexe D (informative) Mesure du courant de fuite pour évaluer la résistance d'isolement entre phases.....	72
Annexe E (informative) Autres essais en courant continu.....	74
E.1 Généralités	74
E.2 Taux d'absorption diélectrique (TAD)	74
E.3 Surveillance des courants de charge et de décharge	75
E.4 Essais en courant continu à haute tension	77
E.4.1 Généralités.....	77
E.4.2 Essai par paliers de tension uniformes	77
E.4.3 Essai par paliers de tension graduels	77
E.4.4 Essai sous rampe de tension.....	78
E.5 Mesure de la résistance d'isolement avec mouillage	78
Bibliographie.....	79
Figure 1 – Schéma de circuit équivalent de l'isolation d'enroulement dans un essai de tension continue	48
Figure 2 – Connexion pour les essais sur l'enroulement complet	52
Figure 3 – Connexion pour une mesure phase-terre.....	53
Figure A.1 – Relations entre différents courants et le temps	60
Figure B.1 – Estimation graphique du paramètre de pente X dans un diagramme semi-logarithmique.....	66
Figure C.1 – Courant total en fonction du temps sur une isolation propre et sèche. Les échelles sont logarithmiques.....	67
Figure C.2 – Résistance d'isolement en fonction du temps sur une isolation propre et sèche.....	68
Figure C.3 – Courant total en fonction du temps sur une isolation humide et contaminée.....	68
Figure C.4 – Résistance d'isolement en fonction du temps sur une isolation humide et contaminée.....	69
Figure C.5 – Courant total en fonction du temps sur une surface sèche et propre avec un revêtement anti-effluves continu	71
Figure C.6 – Résistance d'isolement en fonction du temps sur une surface sèche et propre avec un revêtement anti-effluves	71
Figure D.1 – Connexion pour la mesure entre phases. L'instrument d'essai doit flotter par rapport à la terre. D'autres combinaisons de phases sont autorisées.....	72
Figure D.2 – Mesure du courant de fuite entre phases à l'aide d'un instrument de mesure équipé d'une connexion de garde	73

Figure D.3 – Mesure du courant de fuite entre phases à l'aide d'un instrument de mesure non équipé d'une connexion de garde	73
Figure E.1 – Mesure du courant et de la résistance d'isolement produisant un <i>TAD</i> de 1,09	75
Figure E.2 – Courants de charge et de décharge après application d'une tension de pas de 2,5 kV pour les enroulements triphasés d'un hydro-générateur de 50 MVA:.....	76
Tableau 1 – Valeurs du paramètre <i>X</i> pour la correction de température	51
Tableau 2 – Lignes directrices relatives aux amplitudes de tension continue à appliquer durant la mesure de résistance d'isolement.....	54
Tableau 3 – Valeurs minimales recommandées pour la résistance d'isolement à une température de base de 40 °C	57
Tableau 4 – Valeurs minimales recommandées pour l'index de polarisation des systèmes d'isolation à haute tension.....	58
Tableau B.1 – Exemple de données obtenues à partir de mesures de la résistance d'isolement pour différentes températures de l'enroulement.....	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 27-4: Mesure de la résistance d'isolement et de
l'index de polarisation sur le système d'isolation des enroulements
des machines électriques tournantes**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60034-27-4 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

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

FDIS	Rapport de vote
2/1880/FDIS	2/1890/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

NOTE Un tableau de références croisées de toutes les publications du CE 2 de l'IEC est donné sur le tableau de bord du CE 2 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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le présent document fournit les lignes directrices pour la mesure de la résistance d'isolement et de l'index de polarisation sur le système d'isolation des enroulements de stator et de rotor des machines électriques tournantes. Ce document décrit également les caractéristiques typiques de résistance d'isolement, l'effet des facteurs déterminants qui influencent ou modifient ces caractéristiques ainsi que la façon dont ces caractéristiques indiquent l'état de l'enroulement. Il recommande des valeurs minimales acceptables pour la résistance d'isolement des enroulements des machines tournantes en courant alternatif et en courant continu. L'interprétation dépendra de la nature des matériaux d'isolation – plus particulièrement si l'isolation est de type thermodurcissable ou thermoplastique.

La mesure de la résistance d'isolement est recommandée et utilisée depuis plus de 50 ans pour évaluer l'état de l'isolation électrique. Elle est recommandée pour prendre des mesures périodiques, cumulées sur plusieurs mois et années de service ou en relation avec l'entretien courant, le dépannage et la révision des machines tournantes.

Les limites empiriques vérifiées dans la pratique peuvent être utilisées comme base d'évaluation de la qualité des systèmes d'isolation des enroulements statoriques en cours de fabrication. De plus, l'évaluation des tendances, par exemple les essais de diagnostic utilisés dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation ou en relation avec l'entretien courant, le dépannage et la révision des machines tournantes, peut également fournir des informations sur les processus de vieillissement, les différentes options de réparation et les intervalles de temps recommandés entre les essais. Ces mesures ne donnent aucune indication sur la localisation des points faibles du système d'isolation et les évaluations de tendances ne peuvent pas être utilisées pour prévoir le temps de fonctionnement avant défaillance de l'isolation d'enroulement.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 27-4: Mesure de la résistance d'isolement et de l'index de polarisation sur le système d'isolation des enroulements des machines électriques tournantes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 fournit des procédures d'essai recommandées pour la mesure de la résistance d'isolement et de l'index de polarisation de l'isolation des enroulements de stator et de rotor des machines électriques tournantes.

Ce document recommande des valeurs minimales acceptables pour la résistance d'isolement et l'index de polarisation de l'isolation d'enroulement, applicables pour des machines tournantes à l'état fini, haute et basse tension en courant alternatif et en courant continu d'une puissance assignée de 750 W ou plus.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60050-411, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 411: Machines tournantes*