



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator winding
insulation of rotating electrical machines**

**Machines électriques tournantes –
Partie 27-3: Mesure du facteur de dissipation diélectrique sur le système
d'isolation des enroulements statoriques des machines électriques tournantes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160

ISBN 978-2-8322-3061-9

**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	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Theory and measuring techniques	8
4.1 Dielectric dissipation factor measurement	8
4.2 Analogue Schering bridge	10
4.3 Transformer ratio arm bridge	11
4.4 Digital phase shift measurement	12
5 Test procedures	13
5.1 General	13
5.2 Winding bars and coils	15
5.2.1 Test object preparation	15
5.2.2 Guarding techniques	15
5.2.3 Measuring procedure	17
5.3 Complete windings	17
6 Test results	18
6.1 General	18
6.2 Winding bars and coils	19
6.3 Complete windings	20
7 Test report	21
7.1 General	21
7.2 New coils, bars and winding	21
7.3 Operational aged winding	22
Annex A (informative) Relationship between power factor and dissipation factor	24
Bibliography	26
Figure 1 – Parallel circuit and vector diagram	8
Figure 2 – Series circuit and vector diagram	9
Figure 3 – Dielectric losses with increasing voltage (schematic)	10
Figure 4 – High voltage Schering bridge – Basic circuit	11
Figure 5 – Transformer ratio arm bridge	12
Figure 6 – Schematic test set-up of a digital dissipation factor measuring system with principle current oscillogram	13
Figure 7 – Example of a curve of $\tan \delta$ versus voltage ratio U/U_N measured in voltage steps of $0,2 U_N$	14
Figure 8 – Arrangement with guard rings electrodes on test objects with insulation gap (example of preferred insulation gap and guard ring electrode dimensions)	16
Figure 9 – Application of guard ring electrodes on top of stress control coating	17
Figure A.1 – Phasor diagram	24
Table 1 – Maximum values of dielectric dissipation factor of single bars and coils in new condition with guard ring electrodes up to a rated voltage of $U_N = 21$ kV	19

Table A.1 – Comparison between correlating values of dielectric power factor $\cos \varphi$ and dielectric dissipation factor $\tan \delta$ and their difference25

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator 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 60034-27-3 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC TR 60894 published in 1987. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) digital measurement of dissipation factor and capacitance included;
- b) limits for dissipation factor values given;
- c) detailed description of measuring techniques;
- d) extension of scope to complete windings.

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

FDIS	Report on voting
2/1803/FDIS	2/1804/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 in the IEC 60034 series, published under the general title *Rotating electrical machines*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

INTRODUCTION

This International Standard provides guidelines for dielectric dissipation factor measurements on form-wound stator bars or coils as well as for complete windings.

The dielectric dissipation factor is a measure of the dielectric losses in the stator winding insulation. Measurement of dielectric dissipation factor is an appropriate means of assessing the quality of new and also aged stator winding insulation of rotating electrical machines. Especially, the method is useful for assessing the uniform quality of manufacturing and the dielectric behaviour of the insulation as a whole. For aged stator windings, the dielectric dissipation factor provides information about insulation condition.

The dielectric dissipation factor measurements give no indication of the distribution of loss within the insulation and – in contrast to off-line partial discharge measurements – do not permit localization of weak points of the insulation system.

The main principle is to measure the dielectric dissipation factor over a range of voltages and to derive different characteristic dielectric loss parameters as basis for the evaluation.

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, necessary further measures and intervals between overhauls. However, such trend evaluations cannot be used to predict the time to failure of a stator winding insulation.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator winding insulation of rotating electrical machines

1 Scope

This part of IEC 60034 provides guidelines for the test procedures and the interpretation of test results for dielectric dissipation factor measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines. These guidelines are valid for rotating electrical machines with conductive slot coatings operating at a rated voltage of 6 kV and higher.

This standard applies to individual form-wound stator bars and coils outside a core (uninstalled), individual stator bars and coils installed in a core and complete form-wound stator winding of machines in new or aged condition.

This International Standard applies to all kind of vacuum impregnated or resin-rich (fully-loaded) taped bars, coils and complete windings. It is not applicable to non-impregnated individual bars and coils or non-impregnated complete windings.

Requirements for the dielectric dissipation factor characteristics of individual form-wound stator bars and coils of machines with rating voltages from 6 kV and higher when tested with 50 Hz or 60 Hz alternating voltages are given.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
INTRODUCTION.....	32
1 Domaine d'application	33
2 Références normatives	33
3 Termes et définitions	33
4 Théorie et techniques de mesure.....	34
4.1 Mesure du facteur de dissipation diélectrique.....	34
4.2 Pont de Schering analogique	37
4.3 Pont à transformateur	38
4.4 Mesure numérique du déphasage	39
5 Procédures d'essai	41
5.1 Généralités	41
5.2 Barres et bobines d'enroulement.....	42
5.2.1 Préparation de l'objet en essai.....	42
5.2.2 Techniques de garde	43
5.2.3 Procédure de mesure	45
5.3 Enroulements complets.....	45
6 Résultats d'essai	46
6.1 Généralités	46
6.2 Barres et bobines d'enroulement.....	46
6.3 Enroulements complets.....	48
7 Rapport d'essai	49
7.1 Généralités	49
7.2 Bobines, barres et enroulement neufs.....	49
7.3 Enroulement vieilli en fonctionnement.....	51
Annexe A (informative) Relation entre le facteur de puissance et le facteur de dissipation	53
Bibliographie.....	55
Figure 1 – Circuit parallèle et diagramme vectoriel.....	35
Figure 2 – Circuit en série et diagramme vectoriel	35
Figure 3 – Pertes diélectriques avec tension croissante (schéma).....	37
Figure 4 – Pont de Schering à haute tension – Circuit de base	38
Figure 5 – Pont à transformateur	39
Figure 6 – Schéma de montage d'essai d'un système de mesure numérique du facteur de dissipation à l'aide d'un oscillogramme à courant de principe.....	40
Figure 7 – Exemple de courbe de $\tan \delta$ en fonction du rapport de tension U/U_N mesuré par paliers de tension de $0,2 U_N$	41
Figure 8 – Disposition avec électrodes à anneau de garde sur des objets d'essai avec espace d'isolation (exemple de dimensions préférentielles pour l'espace d'isolation et l'électrode à anneau de garde).....	43
Figure 9 – Application d'électrodes à anneau de garde sur un revêtement de protection anti-effluves	44
Figure A.1 – Diagramme de phase	53

Tableau 1 – Valeurs maximales du facteur de dissipation diélectrique de barres et bobines uniques à l'état neuf équipées d'électrodes à anneau de garde jusqu'à une tension assignée de $U_N = 21$ kV 47

Tableau A.1 – Comparaison entre les valeurs de corrélation du facteur de puissance diélectrique $\cos \varphi$ et du facteur de dissipation diélectrique $\tan \delta$ et leur différence..... 54

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 27-3: Mesure du facteur de dissipation diélectrique sur le système d'isolation des enroulements statoriques 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 60034-27-3 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC TR 60894 parue en 1987. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) intégration de la mesure numérique du facteur de dissipation et de la capacité;
- b) indication de valeurs limites pour le facteur de dissipation;

- c) description détaillée des techniques de mesure;
- d) extension du domaine d'application aux enroulements complets.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1803/FDIS	2/1804/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/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.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices pour la mesure du facteur de dissipation diélectrique sur les barres ou bobines de stator préformées ainsi que pour des enroulements complets.

Le facteur de dissipation diélectrique est une mesure des pertes diélectriques dans l'isolation des enroulements statoriques. La mesure du facteur de dissipation diélectrique est un moyen approprié pour évaluer la qualité d'une isolation d'enroulement statorique neuve, mais également vieillie, sur les machines électriques tournantes. Cette méthode est particulièrement utile pour évaluer l'homogénéité de la qualité de fabrication et le comportement diélectrique de l'isolation dans son ensemble. Pour les enroulements statoriques vieillis, le facteur de dissipation diélectrique fournit des informations relatives à l'état de l'isolation.

Les mesures du facteur de dissipation diélectrique ne donnent aucune indication sur la répartition de la perte dans l'isolation et – contrairement aux mesures de décharges partielles à l'arrêt – ne permettent pas de localiser les points faibles du système d'isolation.

Le principe essentiel consiste à mesurer le facteur de dissipation diélectrique sur une plage de tensions et à dériver différents paramètres caractéristiques de perte diélectrique en tant que base d'évaluation.

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 mesures supplémentaires à prendre et les intervalles entre les opérations de révision périodique. Cependant, ces évaluations de tendances ne peuvent pas être utilisées pour prévoir le temps de fonctionnement avant défaillance d'une isolation d'enroulement statorique.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 27-3: Mesure du facteur de dissipation diélectrique sur le système d'isolation des enroulements statoriques des machines électriques tournantes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 fournit des lignes directrices pour les procédures d'essai et l'interprétation des résultats d'essai concernant les mesures du facteur de dissipation diélectrique sur l'isolation des enroulements statoriques des machines électriques tournantes. Ces lignes directrices sont valables pour les machines électriques tournantes à revêtement d'encoche conducteur dont la tension assignée est supérieure ou égale à 6 kV.

Cette norme s'applique aux barres et bobines de stator individuelles préformées situées à l'extérieur d'un noyau (non installées), aux barres et bobines de stator individuelles installées dans un noyau et aux enroulements statoriques préformés complets des machines à l'état neuf ou vieilli.

La présente Norme internationale s'applique à tout type de barres, bobines et enroulements complets imprégnés sous vide ou à imprégnation riche en résine (pleine charge) rubanés. Elle ne s'applique pas aux barres et bobines individuelles non imprégnées ou aux enroulements complets non imprégnés.

Elle fournit les exigences relatives aux caractéristiques du facteur de dissipation diélectrique des barres et bobines de stator préformées individuelles des machines dont la tension assignée est supérieure ou égale à 6 kV lorsqu'elles sont soumises aux essais avec des tensions alternatives de 50 Hz ou 60 Hz.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*