IEC 60034-18-31

Edition 2.0 2012-06

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Rotating electrical machines – Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines

## Machines électriques tournantes – Partie 18-31: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX U

ICS 29.160

ISBN 978-2-83220-159-6

**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.**

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

FOREWORD ..... 4
INTRODUCTION ..... 6
1 Scope ..... 7
2 Normative references ..... 7
3 General considerations ..... 8
3.1 Reference insulation system ..... 8
3.2 Test procedures ..... 8
4 Test objects and test specimens ..... 9
4.1 Construction of test objects ..... 9
4.2 Verification of effects of minor changes in insulation systems ..... 9
4.3 Number of test specimens ..... 9
4.4 Quality control ..... 9
4.5 Initial diagnostic tests ..... 10
5 Test procedures ..... 10
5.1 Thermal ageing sub-cycle ..... 10
5.2 Ageing temperatures and sub-cycle lengths ..... 10
5.3 Method of heating ..... 11
5.4 Thermal ageing of test objects ..... 12
6 Diagnostic sub-cycle ..... 12
6.1 Conditioning procedure ..... 12
6.1.1 General ..... 12
6.1.2 Mechanical conditioning ..... 12
6.1.3 Moisture conditioning ..... 13
6.2 Diagnostic tests ..... 13
6.2.1 Voltage withstand test ..... 13
6.2.2 Method ..... 14
6.2.3 Mainwall insulation test ..... 14
6.2.4 Turn insulation test ..... 14
6.3 Informative tests ..... 15
7 Reporting and functional evaluation of data from candidate and reference systems ..... 15
7.1 General ..... 15
7.2 Determining qualification ..... 15
7.2.1 Overview ..... 15
7.2.2 Case A: Qualification for the same class temperature and same expected service life ..... 16
7.2.3 Case B: Qualification for the same class temperature and a different expected service life ..... 17
7.2.4 Case C: Qualification for a different class temperature and same expected service life ..... 18
7.2.5 Case D: Qualification for a different class temperature and different expected service life ..... 19
7.2.6 Non-linearity of regression lines ..... 20
7.2.7 Reduced evaluation ..... 20
Annex A (informative) Example of test object (formette) construction ..... 22
Bibliography ..... 27

Figure 1 – Candidate system qualified for the same thermal class and the same expected service life ..... 17
Figure 2 – Candidate system qualified for the same thermal class and different expected service life ..... 18
Figure 3 – Candidate system qualified for a different class temperature and the same expected service life ..... 19
Figure 4 – Candidate system qualified for a different service life and different thermal class from the reference ..... 20
Figure A.1 – Typical slot assembly ..... 23
Figure A.2 – Typical slot assembly ..... 24
Figure A.3 – Formette for testing DC armature coils ..... 25
Figure A.4 – Test fixture for rotor slot section ..... 26

Table 1 – Thermal classes ..... 10
Table 2 – Recommended temperatures and ageing sub-cycle exposure periods ..... 11
Table 3 – Conditions for qualification of candidate system ..... 16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

# Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating 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 60034-18-31 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1992, and its amendment 1 (1996), of which it constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition include:

– Definition of the test method and sub-cycles required to establish a consistent standardized platform for thermal ageing of insulation systems for form-wound windings.
– Recommendations for establishing a thermal life curve based on confidence intervals.
– Comparison of candidate and reference system performance for specific requirements of thermal class, within feasible limits.

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

| FDIS | Report on voting |
|---|---|
| 2/1662/FDIS | 2/1671/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.

NOTE A table of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found on the IEC TC 2 dashboard 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

IEC 60034-18 comprises several parts, dealing with different types of functional evaluation and special kinds of test procedures for insulation systems of rotating electrial machines. IEC 60034-18-1 provides general guidelines for such procedures and qualification principles. The subsequent parts IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32, IEC 60034-18-33, IEC 60034-18-34, IEC 60034-18-41 and IEC 60034-18-42 give detailed procedures for the various types of windings.

IEC 60034-18-31 describes thermal evaluation and classification of insulation systems for form-wound windings. It provides standard thermal ageing techniques and diagnostic test procedures.

Parts relevant to this document are:

– IEC 60034-18-1: General guidelines

– IEC 60034-18-21: Test procedures for wire-wound windings

– IEC 60034-18-41: Qualification and type tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters

– IEC 60034-18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters

# ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

# Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines

## 1 Scope

This part of IEC 60034 describes thermal endurance test procedures for classification of insulation systems used in a.c. or d.c. rotating electrical machines with indirect cooling and form-wound windings.

The test performance of a candidate insulation system is compared to the test performance of a reference insulation system with proven service experience.

The test procedures described in IEC 60034-18-31 are intended to compare the thermal endurance performance of the mainwall insulation between conductor(s) and ground and, where required by the design of the coil or bar, the insulation between the turns.

The test is not intended to simulate the in-service mechanical stresses experienced by the endwinding bracing or support materials. It does not include the evaluation of thermo-mechanical deterioration by expansion and contraction of insulation during temperature cycling.

IEC 60034-18-1 describes general testing principles applicable to thermal endurance testing of insulation systems used in rotating electrical machines. The principles of IEC 60034-18-1 are followed unless otherwise stated in IEC60034-18-31.

The thermal class for the insulation system refers to its maximum allowed (“hot spot”) temperature. The average temperature measured in service should not exceed the allowed temperature rise according to IEC 60034-1.

NOTE 1 Large machines, especially synchronous generators using bars, may require special thermal evaluation test procedures which are not included in this part.

NOTE 2 Recommended parameters for the diagnostic test may be applied according to IEC 60034-18-42 to form-wound coils designed with Type II insulation systems for use in converter applications.

## 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 60034-15:2009, *Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines*

IEC 60034-18-1:2010, *Rotating electrical machines – Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines*

IEC 60034-18-42, *Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

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

IEC 60085, *Electrical Insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material*

IEC 60505, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 30
INTRODUCTION ..... 32
1 Domaine d'application ..... 33
2 Références normatives ..... 33
3 Considérations générales ..... 34
3.1 Système d'isolation de référence ..... 34
3.2 Procédures d'essai ..... 34
4 Eprouvettes et échantillons ..... 35
4.1 Fabrication des éprouvettes ..... 35
4.2 Vérification des effets causés par des changements mineurs dans les systèmes d'isolation ..... 35
4.3 Nombre d'échantillons ..... 36
4.4 Vérification de la qualité ..... 36
4.5 Essais de diagnostic initiaux ..... 36
5 Procédures d'essai ..... 36
5.1 Sous-cycle de vieillissement thermique ..... 36
5.2 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles ..... 36
5.3 Moyens de chauffage ..... 38
5.4 Vieillissement thermique des éprouvettes ..... 38
6 Sous-cycle de diagnostic ..... 39
6.1 Procédure de conditionnement ..... 39
6.1.1 Généralités ..... 39
6.1.2 Conditions mécaniques ..... 39
6.1.3 Conditionnement à l'humidité ..... 39
6.2 Essais de diagnostic ..... 41
6.2.1 Essai de tenue en tension ..... 41
6.2.2 Méthode ..... 41
6.2.3 Essai de l'isolation principale ..... 41
6.2.4 Essai de l'isolation entre spires ..... 42
6.3 Essais informatifs ..... 42
7 Rapport et évaluation fonctionnelle des données issues des systèmes candidat et de référence ..... 42
7.1 Généralités ..... 42
7.2 Procédure de qualification ..... 43
7.2.1 Présentation générale ..... 43
7.2.2 Cas A: Qualification pour la même température de classe et la même durée de vie utile prévue ..... 43
7.2.3 Cas B: Qualification pour la même température de classe et une durée de vie utile prévue différente ..... 44
7.2.4 Cas C: Qualification pour une température de classe différente et la même durée de vie utile prévue ..... 45
7.2.5 Cas D: Qualification pour une température de classe différente et une durée de vie utile prévue différente ..... 46
7.2.6 Non-linéarité des droites de régression ..... 47
7.2.7 Evaluation réduite ..... 48

Annexe A (informative) Fabrication d'une formette (exemple) ..... 49
Bibliographie ..... 54

Figure 1 – Système candidat qualifié pour la même classe thermique et la même durée de vie utile prévue ..... 44
Figure 2 – Système candidat qualifié pour la même classe thermique et une durée de vie utile prévue différente ..... 45
Figure 3 – Système candidat qualifié pour une température de classe différente et la même durée de vie utile prévue ..... 46
Figure 4 – Système candidat qualifié pour une durée de vie utile différente et une classe thermique différente du système de référence ..... 47
Figure A.1 – Montage d'encoche type ..... 50
Figure A.2 – Montage d'encoche type ..... 51
Figure A.3 – Formette pour essais de bobines d'induit CC ..... 52
Figure A.4 – Bâti d'essai pour section d'encoche de rotor ..... 53

Tableau 1 – Classes thermiques ..... 37
Tableau 2 – Températures et durées recommandées de sous-cycle de vieillissement ..... 38
Tableau 3 – Conditions relatives à la qualification du système candidat ..... 43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

# Partie 18-31: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes

## 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. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. 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 de la CEI 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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI 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 CEI 60034-18-31 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1992 et son amendement 1 (1996) dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

– Définition de la méthode d'essai et des sous-cycles requis pour établir une plate-forme normalisée et cohérente applicable au vieillissement thermique des systèmes d'isolation des enroulements préformés.

– Recommandations pour établir une courbe de durée de vie thermique fondée sur des intervalles de confiance.
– Comparaison des performances des systèmes candidats et de référence en fonction d'exigences spécifiques de classe thermique, dans des limites réalisables.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|---|---|
| 2/1662/FDIS | 2/1671/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.

NOTE Un tableau des correspondances de toutes les publications du CE 2 de la CEI figure sur la page d'accueil du CE 2 de la CEI, 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 stabilité 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.

# INTRODUCTION

La CEI 60034-18 comprend plusieurs parties, traitant de différents types d'évaluation fonctionnelle et de procédures d'essai spécifiques aux systèmes d'isolation de machines électriques tournantes. La CEI 60034-18-1 donne des principes directeurs généraux relatifs à ces types de procédures et principes de qualification. Les autres parties CEI 60034-18-21, CEI 60034-18-31, CEI 60034-18-32, CEI 60034-18-33, CEI 60034-18-34, CEI 60034-18-41 et CEI 60034-18-42 spécifient des procédures particulières applicables aux différents types d'enroulements.

La CEI 60034-18-31 décrit l'évaluation thermique et la classification des systèmes d'isolation des enroulements préformés. Elle spécifie les techniques normalisées de vieillissement thermique et les procédures d'essai de diagnostic.

Les parties applicables au présent document sont:

– CEI 60034-18-1: Principes directeurs généraux
– CEI 60034-18-21: Procédures d'essai pour enroulements à fils
– CEI 60034-18-41: Qualification et essais de type des systèmes d'isolation de Type I utilisés dans des machines alimentées par convertisseurs de tension
– CEI 60034-18-42: Essais de qualification et d'acceptation des systèmes d'isolation électrique résistants aux décharges partielles (Type II) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par convertisseurs de tension

# MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

# Partie 18-31: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes

## 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 décrit les procédures d'essai d'endurance thermique pour la classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines électriques tournantes à courant alternatif ou continu, à refroidissement indirect et à enroulements préformés.

La performance d'essai d'un système d'isolation candidat est comparée à celle d'un système d'isolation de référence dont l'expérience en service a été démontrée.

Les procédures d'essai décrites dans la CEI 60034-18-31 permettent de comparer les performances d'endurance thermique de l'isolation principale entre le (ou les) conducteur(s) et la terre, et si requis par la conception de la bobine ou de la barre, l'isolation entre spires.

L'essai n'a pas pour objet de simuler les contraintes mécaniques exercées en service sur le renforcement de l'extrémité des enroulements ou les matériaux de support. Il ne comprend pas l'évaluation de la détérioration thermomécanique provoquée par la dilatation et la contraction de l'isolation pendant le cycle de température.

La CEI 60034-18-1 décrit des principes généraux d'essais applicables aux essais d'endurance thermique des systèmes d'isolation des machines électriques tournantes. Sauf indication contraire dans la CEI 60034-18-31, les principes de la CEI 60034-18-1 sont suivis.

La classe thermique applicable au système d'isolation correspond à sa température maximale admissible ("point chaud"). Il convient que la température moyenne mesurée en service ne dépasse pas l'échauffement admis conformément à la CEI 60034-1.

NOTE 1 Les grosses machines, en particulier celles qui sont fabriquées à partir de barres, peuvent nécessiter des procédures spéciales d'essai pour l'évaluation thermique, qui ne sont pas incluses dans la présente partie.

NOTE 2 Les paramètres recommandés pour l'essai de diagnostic peuvent être appliqués conformément à la CEI 60034-18-42 aux bobines préformées conçues avec des systèmes d'isolation de Type II pour utilisation avec des convertisseurs.

## 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).

CEI 60034-15:2009, *Machines électriques tournantes – Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator préformées des machines tournantes à courant alternatif*

CEI 60034-18-1:2010, *Machines électriques tournantes – Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux*

CEI 60034-18-42, *Machines électriques tournantes – Partie 18-42: Essais de qualification et d'acceptation des systèmes d'isolation électrique résistants aux décharges partielles (Type II) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par convertisseurs de tension*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales relatives aux essais*

CEI 60085: *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60216-1: *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

CEI 60216-4-1: *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-1: Etuves de vieillissement – Etuves à une seule chambre (disponible en anglais seulement)*

CEI 60216-5: *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

CEI 60505: *Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*