

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Machines électriques tournantes –
Partie 18-1: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Lignes
directrices générales**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-1:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Machines électriques tournantes –
Partie 18-1: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Lignes
directrices générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-6303-7

**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	3
INTRODUCTION	5
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
3.1 General terms	7
3.2 Terms relating to the objects being tested	8
3.3 Terms relating to factors of influence and ageing factors	9
3.4 Terms relating to testing and evaluation	9
4 General aspects of functional evaluation	10
4.1 Introductory remarks	10
4.2 Effects of ageing factors	11
4.3 Reference/candidate insulation system	11
4.4 Evaluation of minor changes by components, manufacturing or design	11
4.5 Functional tests	12
4.6 Acceptance tests	13
5 Thermal functional tests	13
5.1 General aspects of thermal functional tests	13
5.2 Analysis, reporting and classification	14
6 Electrical functional tests	15
6.1 General aspects of electrical functional tests	15
6.2 Analysis and reporting	15
7 Mechanical functional tests	16
8 Environmental functional tests	16
9 Multifactor functional tests	16
Bibliography	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-1:2022

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems –
General guidelines**

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.

IEC 60034-18-1 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) provides general guidelines for functional evaluation of different types of windings as before but incorporates those changes, which have been introduced for the electrical qualification and evaluation of windings which are electrically stressed by converter-supply;
- b) is now focused on general guidelines with all technical details of procedures and qualification principles moved to the subsequent parts;

- c) details additional general aspects of functional evaluation and qualification, particularly the procedure for comparison between reference and candidate insulation systems, the introduction of the concept of qualification for different expected life-times in service and the evaluation of minor component or manufacturing changes.

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

Draft	Report on voting
2/2113/FDIS	2/2118/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under 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.

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 electrical machines. IEC 60034-18-1 provides general guidelines for such procedures and qualification principles, whereas the subsequent parts IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32, IEC TS 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. Beyond that, part IEC 60034-18-41 and IEC 60034-18-42 contain special test procedures for electrical evaluation of windings electrically stressed by converter-supply.

The following standards provide the basis and background for the development of the aforementioned standards.

IEC 60505 establishes the basis for estimating the ageing of electrical insulation systems under conditions of either electrical, thermal, mechanical, environmental stresses or combinations of these (multifactor stresses). It specifies the general principles and procedures that should be followed defining functional test and evaluation procedures.

The IEC 60216 series deals with the determination of thermal endurance properties of single insulating materials. On the assumption, that the Arrhenius formulas describe the rate of thermal ageing of the materials, test procedures and analyzing instructions for getting characteristic parameters like the "Temperature index" (TI), the "Halving interval" (HIC) and the "Relative thermal endurance index" (RTE) are given. For all these parameters selected properties and accepted end-point-criteria are specified. Consequently, a material may be assigned with more than one temperature index, derived from the measurement of different properties and the use of different end-point criteria.

IEC 60034-18-1 defines general requirements on the qualification of insulation systems, where – for thermal ageing – the Arrhenius equations do not necessarily fit, according to many experiences.

IEC 60085 deals with thermal evaluation of electrical insulation materials and in particular insulation systems used in electrical equipment. In particular, thermal classes of insulation systems are defined and designations are given, such as 130 (B), 155 (F) and 180 (H) for use in rotating machines belonging to IEC 60034-1. In the past, materials for insulation systems were often selected solely on the basis of thermal endurance of individual materials performed according to the IEC 60216 series. However, IEC 60085 recognizes that such selection may be used only for screening materials prior to further functional evaluation of a new insulation system which is not service-proven. Evaluation is performed on the basis of a comparison with a service-proven reference insulation system. Service experience is the preferred basis for assessing the thermal endurance of an insulation system.

IEC 62539 defines statistical methods to analyse times to breakdown and breakdown voltage data obtained from electrical testing of solid insulation materials, for the purposes of characterization of the system and comparison with other insulation systems. The methods of analysis are described for the Weibull-distribution, but other distributions are also presented.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines

1 Scope

This part of IEC 60034 deals with the general guidelines for functional evaluation of electrical insulation systems, used or proposed to be used in rotating electrical machines within the scope of IEC 60034-1, in order to qualify them.

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

IEC 60034-18-21, *Rotating electrical machines – Part 18-21: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

IEC 60034-18-31, *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*

IEC 60034-18-32, *Rotating electrical machines – Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems (Type II) – Electrical endurance qualification procedures for form-wound windings*

IEC TS 60034-18-33, *Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor evaluation by endurance under simultaneous thermal and electrical stresses*

IEC 60034-18-34, *Rotating electrical machines – Part 18-34: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Evaluation of thermomechanical endurance of insulation systems*

IEC 60034-18-41:2014, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests*
IEC 60034-18-41:2014/AMD1:2019

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

IEC 60034-27-3, *Rotating electrical machines – Part 27-3: Dielectric dissipation factor measurement on stator winding insulation of rotating electrical machines*

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

IEC 60493-1, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*

IEC 60505:2011, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

IEC 61858-1:2014, *Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established electrical insulation system (EIS) – Part 1: Wire-wound winding EIS*

IEC 61858-2:2014, *Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established electrical insulation system (EIS) – Part 2: Form-wound EIS*

IEC 62539, *Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 General terms

3.1.1

class temperature

temperature for which the insulation system is suitable, as defined by the thermal class in IEC 60085 and as used in IEC 60505

3.1.2

electrical insulation system

EIS

insulating structure containing one or more electrical insulating materials (EIM) together with associated conducting parts employed in an electrotechnical device

[SOURCE: IEC 60505:2011, 3.1.1]

3.1.3

candidate insulation system

insulation system being tested to determine its capability with respect to ageing factors

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-39-26]

3.1.4

reference insulation system

insulation system whose performance has been established by satisfactory service experience

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-39-27]

3.1.5

coil

one or more turns of insulated conductors connected in series and surrounded by common insulation, arranged to link or produce magnetic flux

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-03]

3.1.6

bar

either of two parts which, after placed in their slots and when connected together, will form the complete form-wound coil (see 3.1.8) and which comprise a coil side and an appropriate end winding

Note 1 to entry: Large AC machines commonly use bars, and usually, though not always, they form single-turn coils in a two-layer winding.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-05]

3.1.7

wire-wound winding

winding which is wound with one or several insulated conductors and in which the individual conductors occupy random positions in the coil side

Note 1 to entry: It is usually random-wound with round conductors.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-13]

3.1.8

form-wound winding

winding consisting of coils or bars which are preformed to shape, insulated and substantially completed before they are inserted into their final places

Note 1 to entry: Coils or bars are usually wound with rectangular conductors.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-11]

3.2 Terms relating to the objects being tested

3.2.1

test object

unit being tested

Note 1 to entry: It may be an actual machine or part thereof or a special test model (see 3.2.3 and 3.2.4) which can be subjected to functional tests.

Note 2 to entry: A test object may contain more than one test specimen (see 3.2.2).

3.2.2

test specimen

individual component within a test object which can be used to generate one piece of test data (e.g. time to failure)

Note 1 to entry: A test specimen may contain more than one insulation component (e.g. turn insulation and conductor to earth insulation), any one of which can provide that piece of data.

3.2.3

formette

special test model used for the evaluation of the insulation systems for form-wound windings

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-64]

3.2.4

motorette

special test model used for the evaluation of the insulation systems for wire-wound (random-wound) windings

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-65]

3.3 Terms relating to factors of influence and ageing factors

3.3.1

factor of influence

stress imposed by conditions of operation, environment or test that may affect ageing or life of an insulation system

3.3.2

ageing factor

factor of influence that causes ageing

Note 1 to entry: In the winding of an electrical machine, different factors of influence or ageing factors can be dominant in different parts (e.g. turn insulation and end-winding insulation). Therefore, different criteria may be used to assess those parts of the insulation. It can also be appropriate to apply different procedures of functional evaluation to these parts.

3.4 Terms relating to testing and evaluation

3.4.1

diagnostic factor

variable or fixed stress which is applied to an EIS to establish the degree of ageing

[SOURCE: IEC 60505:2011, 3.3.7]

3.4.2

functional test

comparative test in which the candidate and the reference insulation systems are exposed to ageing and diagnostic factors in order to qualify the candidate system, or, a functional test may also be related to a diagnostic property

3.4.3

endurance test

test in which the insulation system of a test object is exposed to one or more ageing factors related to service conditions and where changes in specific properties are evaluated by diagnostic tests

3.4.4

diagnostic test

test in which the insulation system of a test object is exposed to one or more diagnostic factors in order to discern its condition through measurements or proof tests and to determine when the end-point criterion has been reached

3.4.5

end-point criterion

selected value of a characteristic of a test object indicating the end of its test life or arbitrarily chosen for the purpose of the comparison of insulation systems

3.4.6

end-point

end of a test as defined by the end-point criterion

3.4.7

classification

set of actions leading to the determination of the class of an insulation system, e.g. Thermal Class or Impulse Voltage Insulation Class

3.4.8

type test

test conducted on first prototype of product to confirm the design specifications, it is usually not repeated on other products of same type

3.4.9

quality control test

conducted in order to ensure that the quality of a product is maintained against a set of benchmarks and that any errors encountered are either eliminated or reduced

3.4.10

routine test

test made on each individual device during or after manufacture to check if it complies with the requirements of the standard concerned or the criteria specified

4 General aspects of functional evaluation

4.1 Introductory remarks

Most functional tests given in the IEC 60034-18 series are comparative. The performance of a candidate system is compared with that of a reference system when both are subjected to equivalent test conditions with respect to test objects, methods of ageing and diagnostic tests.

It is not necessarily required that the reference system is physically to be tested in parallel, if the test results of the reference system used have been documented previously and obtained from same test conditions.

The reference system normally is particular and real – but its quantified minimum performance can also be defined by an agreed reference lifeline, provided by an IEC standard as in IEC 60034-18-42.

At the end of every functional test, the functional evaluation shall be made. This means it is necessary to compare the diagnostic data obtained from the candidate and the reference system, usually to compare the mean times to failure, and its spread, using appropriate statistical methods.

If the data from the candidate system is no worse than from the reference system, the candidate system is considered to be qualified. This is true if the 90 % confidence interval of that percentile of the used probability distribution which represents the mean value falls above or within that obtained from the reference system (see IEC 60493-1 and IEC 62539).

The large differences found in rotating electrical machine windings, in terms of size, voltage, operating conditions and expected lifetime-behaviour during service necessitate the use of different procedures for functional evaluation of thermal, electrical and multifactor ageing (IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32, IEC TS 60034-18-33, IEC 60034-18-34, IEC 60034-18-41, IEC 60034-18-42) to qualify various types of windings. These procedures can be of different complexity, the simplest being based on a single ageing factor (e.g. thermal or electrical).

The procedures for functional evaluation will permit comparisons and allow qualification of candidate insulation systems. However, they cannot completely determine the merits of any particular insulation system. Principally, it is not possible to give an operational lifetime forecast of the individual winding insulation based on any kind of functional tests. Such information can be obtained in general only from extended service experience.

The demonstration of IEC 60034-18 series results could contain proprietary information that the manufacturer therefore does not want to share in the documentation. But in order to prove compliance of the candidate system, key points shall be at least shown and explained to the customer without the need to provide documents.

4.2 Effects of ageing factors

All ageing factors, i.e. thermal, electrical, environmental and mechanical, affect the life of all types of machines but the significance of each factor varies with the type of machine and the expected duty. In some cases, one of these ageing factors is considered to be dominant.

In other cases, several ageing factors may be acting significantly. These different conditions have to be considered in choosing the appropriate functional test according to this document.

Insulation of small or medium low-voltage line-fed machines is degraded primarily by temperature and environment, with electrical and mechanical stresses being of less importance.

Medium to large machines, using form-wound windings, are also affected by temperature and environment but, in addition, the electrical and mechanical stresses can be important ageing factors.

Very large machines, which generally utilize form-wound (with bars) windings and which can operate in a special environment such as hydrogen, are normally most affected by mechanical stresses or electrical stresses, or both. Temperature and environment can be less significant ageing factors.

The winding insulation system of small, medium, large and very large converter fed machines may be substantially electrically stressed (see IEC 60034-18-41 and IEC 60034-18-42).

4.3 Reference/candidate insulation system

An insulation system qualifies to be used as a reference insulation system if its performance has been established by satisfactory service experience. This means:

- it has shown successful operation over suitably long periods of time at operating conditions characteristic of the rating (or class) and in typical applications of that insulation system;
- its service experience is based on a sufficient number of machines.

A reference insulation system shall be tested together with the candidate system using the same test procedure and the same test equipment, preferably in the same laboratory. Alternatively, if the test results of the reference system used have been documented previously and obtained from same test conditions, re-testing the reference system is not necessary (see 4.1).

If it is necessary to verify results in another laboratory, it can be found that the test-life values differ if the conditions in the original test are not duplicated precisely. However, a comparison of results between qualified laboratories should show at least nearly the same relative performance between candidate and reference systems.

4.4 Evaluation of minor changes by components, manufacturing or design

Substitution of components, changes in the manufacturing process and design adaptations are usual practice during the lifecycle of qualified insulation systems.

Any substitution of components (insulating materials) or any relevant change in manufacturing process or design may turn a reference system into a candidate system with the need for a new functional evaluation – unless if the new component and the intended changes in manufacturing process or design are expected to have no practical influence on the functional electrical insulation system properties, e.g. by chemical and physical generic identity of the materials used.

It is to be therefore decided on a first step, if the change may alter the strength of the insulation system against dominant ageing factors like electrical, thermal, mechanical or ambient stresses.

In respect of the dominant ageing factor, or combinations of ageing factors, it may be that the change intended is only minor. Such a minor change is the substitution of a component or a change in the manufacturing process which is expected to have no practical, significant effect on the performance of the insulation system and may be the justification to use, instead of a full functional evaluation, merely a reduced functional evaluation by single point test or other special endurance tests.

In other cases, no system testing may be required but only material testing may be adequate, e.g. different suppliers produce according to the same requirement specification of the client on similar chemical basis. For this topic, horizontal standards describe simple material tests, e.g. for round or flat wires, IEC 61858-1 or IEC 61858-2, respectively.

Often, no material nor major process change is intended, however it is desired to change the thickness of the mainwall insulation: If the average and peak electric field stress (kV/mm) of the EIS with the different insulation thickness do not exceed that of the qualified EIS, by more than 5 %, and if the thickness and rated voltage are not exceeding the range of +110 % / -50 % of the qualified insulation system, then a new functional evaluation is not needed. For example, if 6,6 kV system has been functionally evaluated completely and qualified according to this standard, this qualification would also apply for the 13,8 kV and for 3,3 kV system with the same materials and processes but adapted thicknesses. This does not apply to the stress control system which may be qualified independently.

The voltage range is applicable only up to rated voltages of 15 kV – above that, specific knowledge and alignments between manufacturer and user may be required.

It is the machine manufacturer's responsibility to determine the need for verification and to justify the use and the focus of a reduced functional evaluation and how special endurance or screening tests should be undertaken. Full or reduced functional evaluation or special endurance tests may be necessary.

In the documentation on insulation system, the manufacturer should include this verification of a minor change when it is used in the system.

4.5 Functional tests

As defined in 3.4.2, functional tests are used to qualify the insulation systems. They are performed by endurance test cycles, each cycle consisting of an ageing sub-cycle and a diagnostic sub-cycle. In the ageing sub-cycle, test specimens are exposed to the specified ageing factor, intensified appropriately to accelerate ageing. In the diagnostic sub-cycle, test specimens are subjected to appropriate diagnostic tests to determine the end of test life or to measure relevant properties of the insulation system at that time. In some cases, the ageing factor itself can act as the diagnostic factor and produce the end-point.

Not all diagnostic tests need to be applied in all cases. Special considerations may render certain diagnostic tests inapplicable.

The outcome of these tests is comparative and does not allow an estimate to be made, e.g. by extrapolation or calculation, of a definite lifetime in service because additional factors of influence can intervene.

In specific cases, a qualification for longer or shorter expected lifetimes may be required than that of the service proven reference system used – or for stress parameters not identical to those of the reference system. In these cases, for the purpose of comparative evaluation of the candidate system with the reference system, its life lines obtained may be shifted accordingly. This particular comparative evaluation for unequal expected lifetimes or stress parameters is allowed only for certain limited differences and both, the differences as well as the results must transparently be documented (e.g. see IEC 60034-18-31 for thermal qualification). It is possible to exclude a dominant aging factor endurance test by a specific test, e.g. the electrical ageing by an appropriate partial discharge test as defined in IEC 60034-18-41. In this case, this specific test may allow refraining from endurance test cycles for this particular ageing mechanism and replacing it as a functional test.

4.6 Acceptance tests

Acceptance tests of the insulation system may be performed to verify that its insulation materials and quantities used as well as the manufacturing procedure employed are of the expected production quality level. In so far, the acceptance tests in themselves do not qualify an insulation system. They are normally non-destructive tests performed with the machine winding to be sold.

Whether and which acceptance tests beyond those defined in IEC 60034-1 are undertaken or not, is usually defined in the manufacturers process standards. Further requirements are to be agreed between the manufacturer and purchaser.

In cases where there is no chance to make the specific acceptance tests with the winding to be sold or with test objects produced together with those windings to be sold according to the contract, the acceptance test may be covered by a type test. Here, care has to be taken to ensure and prove that the production quality of the winding to be sold is on the same level as the type test winding tested before.

5 Thermal functional tests

5.1 General aspects of thermal functional tests

The purpose of the thermal functional tests in this document is to provide data which may be used to establish the thermal class of a new insulation system before it is service-proven.

These guidelines are used in conjunction with IEC 60034-18-21, IEC 61858-1 and IEC 60034-18-31 and IEC 61858-2 for the specific type of winding being considered and where the thermal ageing factor shall be considered dominant in comparison to the other ageing factors.

The concepts implemented in this document are based on IEC 60085, IEC 60493-1, IEC 60505 and IEC 62539.

The thermal ageing processes in the insulation system of rotating electrical machines can be complex in nature – refer to IEC 60505 for further information. If the intended thermal class of the candidate system differs from the known thermal class of the reference system, different ageing temperatures, sub-cycle lengths and (when technically justified) different diagnostic values shall be used in an appropriate manner.

Diagnostic tests (such as mechanical, moisture and voltage tests) shall be applied after each thermal ageing sub-cycle to check the condition of the insulation system.

It should be recognized that greater mechanical stress and higher concentration of the products of decomposition can occur during ageing tests above the service temperature. Also, it is recognized that failures from abnormally high mechanical or voltage stresses are generally of a different character to those failures which are produced in long service.

5.2 Analysis, reporting and classification

Specific requirements on the analysis, reporting and classification for thermal functional tests of rotating machine winding insulations are defined in IEC 60034-18-21 and IEC 60034-18-31.

The end of insulation test life is assumed to have occurred at the mid-point-time of the ageing sub-cycle between the last two consecutive diagnostic sub-cycles.

The total number of hours of thermal ageing to the end of test shall be recorded for each specimen and for each temperature.

A thermal endurance graph is drawn using the results of ageing, according to the guidelines given in IEC 60493-1, IEC 62539, IEC 60034-18-21 and IEC 60034-18-31 for both the candidate system and reference systems. Having chosen a distribution to represent the test results of ageing, it is necessary to check that the distribution is adequate for this purpose.

If, in special cases of application, the requirements for the expected life time of the candidate insulation system essentially differ from that of the reference insulation system within the same thermal class, then the classification can be made, taking account of this fact (see IEC 60034-18-21 and IEC 60034-18-31). This shall be stated in the report together with an appropriate justification.

If the thermal endurance graphs of the reference and candidate systems have clearly dissimilar slopes, it is evident that their ageing processes are significantly different and it is thus doubtful whether a valid classification can be made from the comparison.

When reporting, it is useful to record all relevant details of the test, including those in the following list:

- references to IEC test standards;
- detailed description of the insulation systems tested (the reference and candidate systems, may partly be internal informations);
- ageing temperatures and ageing sub-cycle lengths for each insulation system;
- diagnostic tests used with applied test or stress levels for each insulation system;
- construction of the test specimens and test objects;
- number of specimens at each temperature for each insulation system;
- method of applying the ageing temperatures and the way in which the temperatures have been measured (including oven type, etc.);
- air change rate of the oven;
- individual times to failure and failure modes;
- mean log times to failure and the log standard deviation, or the lower confidence limits for each ageing temperature and for each insulation system;
- thermal endurance graph with log mean points and regression line;
- temperature index and thermal class of the reference system;
- temperature index and thermal class of the candidate system as determined by the test.

6 Electrical functional tests

6.1 General aspects of electrical functional tests

Insulation systems are subjected to electrical ageing by applying a voltage between parts operating at different electric potentials and where the electrical ageing factor is to be considered dominant in comparison to the other ageing factors. Qualification procedures for these conditions are given in detail in IEC 60034-18-32, IEC 60034-18-41 and IEC 60034-18-42.

The ageing process can be accelerated by raising the electrical stress and/or increasing the frequency of the test voltage. End of life is manifested either as breakdown during exposure to electrical ageing or as failure in a diagnostic test.

If it is necessary to adapt the design of single components of the insulation systems to make the electrical functional test practicable (e.g. the stress control system), then for these components special endurance or acceptance tests are recommended.

By conducting tests at different voltages, a relationship of test life versus electrical stress can be plotted. Note that increased frequency has often been used to accelerate electrical ageing, with the assumption that the test acceleration is proportional to frequency. However, this assumption does not always hold. A discussion on this issue is given in IEC 60034-18-42.

Test life normally exhibits a widespread variation for any particular voltage stress level. Therefore, it is essential that a statistically significant number of specimen and failure times be obtained at each electrical ageing stress.

In certain cases, special endurance or acceptance tests, e.g. non-destructive dissipation factor test at all type of high voltage coils/bars/windings according to IEC 60034-27-3 or PD measurements at converter driven units can be used for electrical qualification, see 4.5 and IEC 60034-18-41.

Specimens should be at room temperature or at the specified test temperature. Care should be taken that dielectric losses at high stress or at increased frequency do not raise insulation temperature enough to affect the results.

6.2 Analysis and reporting

Specific requirements on the analysis and reporting of electrical functional tests of rotating machine winding insulations are defined in IEC 60034-18-32 and IEC 60034-18-42.

An electrical endurance graph is drawn using the results of ageing, according to the guidelines given in IEC 62539 and IEC 60034-18-32 and IEC 60034-18-42 for both the candidate system and reference systems. Having chosen a distribution to represent the test results of ageing, it is necessary to check that the distribution is adequate for this purpose. According to present experience it would normally be the Weibull distribution.

When reporting, it is useful to record all relevant details of the test, including those in the following list:

- maximum intended rated voltage of the system;
- test temperature;
- detailed description of the insulation systems tested (the reference and the candidate systems, may partly be internal informations);
- ageing voltages, frequencies and ageing sub-cycle lengths if appropriate;
- diagnostic tests including the values of the diagnostic factors used;
- construction of the test object;

- number of test specimens at each voltage (fixed voltage test);
- individual times to failure and failure modes;
- method of statistical treatment used for the test data (preferably the Weibull-distribution) to determine the mean time to failure (63 % value in the case of Weibull) and the confidence limits, see IEC 62539;
- electrical endurance graph with mean or median points for each electrical ageing stress and regression line.

7 Mechanical functional tests

It is recognized that mechanical stress in some applications acts as an ageing factor, either alone or in combination with other ageing factors. Mechanical ageing can be a consequence of vibrational stresses, stresses caused by electrodynamic forces or thermomechanical stresses due to very large number of considerable load changes during normal operation, see IEC 60034-18-34. Depending on type of stator winding different mechanical tests like thermo-mechanical cycling test or dynamic-mechanical bending cycle test are used for insulation system qualification.

Sufficient technical information is not available at the present time to permit standard mechanical ageing test procedures with dominant mechanical ageing factors to be presented.

NOTE An approach of an empirical life model and test procedures are discussed in IEC 60505.

8 Environmental functional tests

It is recognized that environmental factors in some applications act as ageing factors.

Environmental ageing factors include chemically/physically active or electrically conductive substances in industrial atmospheres, high moisture content of the ambient air, fungus or microbe-contaminated environments, or mechanically abrasive materials (e.g. sand) in the cooling air.

Such chemical/physical environmental ageing factors can e.g. also be the effect of refrigerants in hermetic motors or the ionizing radiation in nuclear power plants. For insulation materials and systems of these special applications, extensive endurance test procedures beyond the IEC 60034-18 series exist.

Sufficient technical information is not available at the present time to permit standard environmental ageing test procedures with dominant environmental ageing factors to be presented.

9 Multifactor functional tests

It is recognized that more than one factor of influence, e.g. thermal and electrical, can affect the performance of insulation systems, particularly when these factors act simultaneously, see IEC TS 60034-18-33.

Such multifactor ageing can occur in mechanically or thermo-mechanically high-stressed low and high voltage machines.

In general, for multifactor functional tests, the following principles which are derived from IEC 60505 shall be considered:

- a) Simultaneously acting factors of influence in service should preferably be simulated in simultaneous ageing tests, while sequentially acting factors of influence should preferably be simulated with sequential ageing cycles, to ensure that possible direct or indirect interactions between the different ageing factors during the functional test act as in service.
- b) When one of the ageing factors is known to be more important than the others, then the multifactor tests may be performed by accelerating the effects of that factor only and keeping other factors at service levels.
- c) In other cases, all the important ageing factors should be accelerated. It is recommended that the acceleration factor (relative rate of ageing) be similar for each ageing factor and that the levels of the ageing factors be established on the basis of single-factor ageing tests until experience is obtained.
- d) It is recommended that the reference operating conditions be established. This is the set of the service conditions for which the machine and its insulation system have been designed.

The levels of the factors of influence in the set of reference operating conditions serve as the basis for estimating the acceleration factors during the ageing sub-cycle and for setting the levels of the diagnostic tests.

Care has to be taken, that the acceleration factor of chosen aging process does not change the dominant physical/chemical aging mechanisms of the insulation system

- e) For tests with multifactor acceleration, comparison between the candidate and reference system should be performed only within the range of test levels.

Bibliography

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 411: Rotating machinery*

IEC 60050-411:1996/AMD1:2007

IEC 60050-411:1996/AMD2:2021

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-1:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-1:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	25
3.1 Termes généraux.....	25
3.2 Termes relatifs aux objets soumis aux essais	26
3.3 Termes relatifs aux facteurs d'influence et aux facteurs de vieillissement	27
3.4 Termes relatifs aux essais et à l'évaluation	27
4 Aspects généraux de l'évaluation fonctionnelle.....	28
4.1 Remarques introductives	28
4.2 Effets des facteurs de vieillissement	29
4.3 Système d'isolation de référence/candidat	30
4.4 Évaluation de changements mineurs des composants, des processus de fabrication ou de la conception	30
4.5 Essais fonctionnels	31
4.6 Essais d'acceptation	32
5 Essais fonctionnels thermiques	32
5.1 Aspects généraux des essais fonctionnels thermiques	32
5.2 Analyse, compte rendu et classification	32
6 Essais fonctionnels électriques.....	34
6.1 Aspects généraux des essais fonctionnels électriques	34
6.2 Analyse et compte rendu	34
7 Essais fonctionnels mécaniques.....	35
8 Essais fonctionnels d'environnement	35
9 Essais fonctionnels à plusieurs facteurs	36
Bibliographie.....	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 18-1: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation –
Lignes directrices générales**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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.

L'IEC 60034-18-1 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) comme auparavant, fournit des lignes directrices générales pour l'évaluation fonctionnelle de différents types d'enroulements, mais inclut les modifications qui ont été introduites pour la qualification et l'évaluation électriques des enroulements qui subissent une contrainte électrique du fait d'une alimentation par convertisseur;

- b) met désormais l'accent sur les lignes directrices générales, tous les détails techniques des procédures et des principes de qualification étant déplacés vers les parties subséquentes;
- c) décrit des aspects généraux supplémentaires de l'évaluation et de la qualification fonctionnelles, en particulier la procédure de comparaison entre les systèmes d'isolation candidat et de référence, l'introduction du concept de qualification pour différentes durées de vie en service prévues, ainsi que l'évaluation des changements mineurs de composants ou de processus de fabrication.

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

Draft	Report on voting
2/2113/FDIS	2/2118/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60034, publiées sous le titre général *Machines électriques tournantes*, se trouve 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

L'IEC 60034-18 comprend plusieurs parties, qui traitent de différents types d'évaluation fonctionnelle et de types particuliers de procédures d'essai pour les systèmes d'isolation des machines électriques tournantes. L'IEC 60034-18-1 énonce les lignes directrices générales relatives à ces procédures et aux principes de qualification; l'IEC 60034-18-21, l'IEC 60034-18-31, l'IEC 60034-18-32, l'IEC TS 60034-18-33, l'IEC 60034-18-34, l'IEC 60034-18-41 et l'IEC 60034-18-42 décrivent les procédures détaillées pour les différents types d'enroulements. En outre, l'IEC 60034-18-41 et l'IEC 60034-18-42 contiennent des procédures d'essai particulières d'évaluation électrique des enroulements soumis à des contraintes électriques dues à l'alimentation par convertisseur.

Les normes suivantes constituent la base et la connaissance nécessaires pour le développement des normes citées ci-dessus.

L'IEC 60505 établit la base de l'estimation du vieillissement des systèmes d'isolation électrique dans des conditions de contraintes électriques, thermiques, mécaniques, environnementales ou à des combinaisons de celles-ci (contraintes à plusieurs facteurs). Elle spécifie les principes généraux et les procédures qu'il convient de suivre pour définir les procédures d'essais fonctionnels et d'évaluation.

La série IEC 60216 traite de la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux d'isolation particuliers. Partant de l'hypothèse que les formules d'Arrhenius décrivent la vitesse du vieillissement thermique des matériaux, des procédures d'essai et des instructions d'analyse sont données pour obtenir des paramètres caractéristiques tels que l'"indice de température" (IT), l'"intervalle de division par deux" (IDC) et l'"indice d'endurance thermique relatif" (RTE, *Relative Thermal Endurance Index*). Pour tous ces paramètres, des propriétés choisies et des critères de point limite acceptés sont spécifiés. En conséquence, plus d'un indice de température, déduit de la mesure de différentes propriétés et de l'utilisation de différents critères de point limite peut être affecté à un même matériau.

L'IEC 60034-18-1 définit les exigences générales pour la qualification des systèmes d'isolation, dans lesquels, pour le vieillissement thermique, les équations d'Arrhenius ne sont pas nécessairement adaptées, comme cela ressort de nombreux retours d'expérience.

L'IEC 60085 traite de l'évaluation thermique des matériaux d'isolation électrique et en particulier des systèmes d'isolation utilisés dans les équipements électriques. En particulier, des classes thermiques de systèmes d'isolation sont définies et des désignations sont données, telles que 130 (B), 155 (F) et 180 (H) pour l'utilisation pour des machines tournantes relevant de l'IEC 60034-1. Dans le passé, les matériaux pour systèmes d'isolation n'étaient souvent choisis que sur la base de l'endurance thermique des matériaux individuels selon la série IEC 60216. Toutefois, l'IEC 60085 admet que ce choix ne peut être utilisé que pour sélectionner des matériaux avant de procéder à une nouvelle évaluation fonctionnelle d'un nouveau système d'isolation qui n'a pas encore fait ses preuves en service. L'évaluation est effectuée sur la base d'une comparaison avec un système d'isolation de référence qui a fait ses preuves en service. La performance en service est la base privilégiée pour évaluer l'endurance thermique d'un système d'isolation.

L'IEC 62539 définit des méthodes statistiques pour l'analyse des durées jusqu'à la rupture et des données de tension de rupture obtenues à partir d'essais électriques de matériaux d'isolation solides, aux fins de caractérisation du système et de comparaison avec d'autres systèmes d'isolation. Les méthodes d'analyse sont décrites pour la distribution de Weibull, mais d'autres distributions sont également présentées.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 18-1: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Lignes directrices générales

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 traite des lignes directrices générales pour l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique, utilisés ou dont l'utilisation est proposée dans les machines électriques tournantes relevant du domaine d'application de l'IEC 60034-1, en vue de leur qualification.

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

IEC 60034-18-21, *Machines électriques tournantes – Partie 18-21: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Évaluation thermique et classification*

IEC 60034-18-31, *Machines électriques tournantes – Partie 18-31: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Évaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes*

IEC 60034-18-32, *Machines électriques tournantes – Partie 18-32: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation (Type II) – Procédures de qualification de l'endurance électrique pour enroulements préformés*

IEC TS 60034-18-33, *Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor evaluation by endurance under simultaneous thermal and electrical stresses* (Disponible seulement en anglais)

IEC 60034-18-34, *Machines électriques tournantes – Partie 18-34: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Évaluation de l'endurance thermomécanique des systèmes d'isolation*

IEC 60034-18-41 :2014, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité*
IEC 60034-18-41:2014/AMD1:2019

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

IEC 60034-27-3, *Machines électriques tournantes – Partie 27-3: Mesure du facteur de dissipation diélectrique sur le système d'isolation des enroulements statoriques des machines électriques tournantes*

IEC 60085, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60493-1, *Guide pour l'analyse statistique de données d'essai de vieillissement – Partie 1: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués*

IEC 60505:2011, *Évaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

IEC 61858-1:2014, *Systèmes d'isolation électrique – Évaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé – Partie 1: Système d'isolation électrique à enroulements à fils*

IEC 61858-2 :2014, *Systèmes d'isolation électrique – Évaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé – Partie 2: Système d'isolation électrique à enroulements préformés*

IEC 62539, *Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Termes généraux

3.1.1

température de classe

température pour laquelle le système d'isolation est approprié, selon la définition de la classe thermique donnée dans l'IEC 60085 et selon l'utilisation donnée dans l'IEC 60505

3.1.2

système d'isolation électrique SIE

structure isolante, comprenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques (MIE) avec les parties conductrices associées, utilisée dans un dispositif électrotechnique

[SOURCE: IEC 60505:2011, 3.1.1]

3.1.3

système d'isolation candidat

système d'isolation en essai pour déterminer son aptitude à satisfaire aux critères de vieillissement

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-39-26]

3.1.4

système d'isolation de référence

système d'isolation dont les caractéristiques ont été validées par un retour d'expérience satisfaisant

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-39-27]

3.1.5

bobine

une ou plusieurs spires de conducteurs isolés, connectées en série et entourées par une isolation commune, disposées de façon à conduire ou à produire un flux magnétique

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-03]

3.1.6

barre

l'une ou l'autre des deux parties qui, une fois placées dans leurs encoches et réunies, forment une bobine préformée complète (voir 3.1.8), et qui comprennent chacune un côté de bobine et une développante appropriée

Note 1 à l'article: Les grandes machines à courant alternatif sont communément équipées de barres, et généralement, mais pas toujours, elles forment des bobines à une seule spire dans un enroulement à deux couches.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-05]

3.1.7

enroulement à fils

enroulement constitué d'un ou plusieurs conducteurs isolés et dans lequel les conducteurs élémentaires occupent des positions quelconques dans le côté des bobines

Note 1 à l'article: Il s'agit généralement d'enroulements constitués de fils de conducteurs ronds en vrac.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-13]

3.1.8

enroulement préformé

enroulement constitué de bobines ou de barres qui sont préformées, isolées et pratiquement achevées avant d'être montées dans leurs logements définitifs

Note 1 à l'article: Il s'agit généralement de bobines ou de barres avec des enroulements constitués de conducteurs rectangulaires.

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-38-11]

3.2 Termes relatifs aux objets soumis aux essais

3.2.1

objet en essai

unité soumise aux essais

Note 2 à l'article: Il peut s'agir d'une machine réelle, ou d'une partie de celle-ci, ou d'un modèle d'essai particulier (voir 3.2.3 et 3.2.4), qui peut être soumis à des essais fonctionnels.

Note 3 à l'article: Un objet en essai peut contenir plus d'un échantillon (voir 3.2.2).

3.2.2

échantillon

composant constitutif individuel d'un objet en essai, qui peut être utilisé pour obtenir un élément de données d'essai (par exemple la durée jusqu'à défaillance)

Note 1 à l'article: Un échantillon peut contenir plus d'un composant d'isolation (par exemple isolation entre spires et isolation entre conducteurs et terre), et n'importe lequel de ces composants peut fournir cet élément de données.

3.2.3

formette

modèle d'essai particulier utilisé pour l'évaluation des systèmes d'isolation des enroulements préformés

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-64]

3.2.4

motorette

modèle d'essai particulier utilisé pour l'évaluation des systèmes d'isolation des enroulements à fils (jetés)

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-65]

3.3 Termes relatifs aux facteurs d'influence et aux facteurs de vieillissement

3.3.1

facteur d'influence

contrainte imposée par les conditions de fonctionnement, l'environnement ou l'essai, qui peut agir sur le vieillissement ou la durée de vie d'un système d'isolation

3.3.2

facteur de vieillissement

facteur d'influence, qui provoque le vieillissement

Note 1 à l'article: Dans les enroulements d'une machine électrique, différents facteurs d'influence ou facteurs de vieillissement peuvent être prédominants selon les différentes parties (par exemple, isolation des spires et isolation des développantes). Différents critères peuvent donc être utilisés pour vérifier ces parties de l'isolation. Il peut aussi être approprié d'appliquer différentes procédures d'évaluation fonctionnelle à ces parties.

3.4 Termes relatifs aux essais et à l'évaluation

3.4.1

facteur de diagnostic

contrainte variable ou fixe appliquée à un SIE pour établir le degré de vieillissement

[SOURCE: IEC 60505:2011, 3.3.7]

3.4.2

essai fonctionnel

essai comparatif dans lequel les systèmes d'isolation candidats et de référence sont exposés aux facteurs de vieillissement et de diagnostic, afin de qualifier le système candidat; un essai fonctionnel peut également concerner une propriété de diagnostic

3.4.3

essai d'endurance

essai dans lequel le système d'isolation d'un objet en essai est exposé à un ou plusieurs facteurs de vieillissement liés aux conditions du service, et dans lequel des changements de propriétés spécifiques sont évalués par des essais de diagnostic

3.4.4

essai de diagnostic

essai dans lequel le système d'isolation d'un objet en essai est exposé à un ou plusieurs facteurs de diagnostic afin de discerner son état par des mesures ou par des épreuves et de déterminer quand le critère de point limite a été atteint

3.4.5

critère de point limite

valeur choisie d'une caractéristique d'un objet en essai qui indique la fin de sa durée de vie en essai ou choisie arbitrairement, afin de comparer des systèmes d'isolation

3.4.6

point limite

fin d'un essai tel qu'il est défini par le critère de point limite

3.4.7

classification

ensemble d'actions conduisant à établir la classe d'un système d'isolation, par exemple sa classe thermique ou sa classe d'isolation de la tension de choc

3.4.8

essai de type

essai effectué sur le premier prototype du produit pour confirmer les spécifications de conception; il n'est généralement pas répété sur d'autres produits du même type

3.4.9

essai de contrôle qualité

essai réalisé afin de s'assurer que la qualité d'un produit est maintenue par rapport à une série de critères et que les erreurs éventuellement rencontrées sont éliminées ou réduites

3.4.10

essai individuel de série

essai effectué sur chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait aux exigences de la norme concernée ou à des critères spécifiés

4 Aspects généraux de l'évaluation fonctionnelle

4.1 Remarques introductives

La plupart des essais fonctionnels décrits dans la série IEC 60034-18 sont comparatifs. La performance d'un système candidat est comparée à celle d'un système de référence lorsque les deux systèmes sont soumis à des conditions d'essai équivalentes en ce qui concerne les objets en essai, les méthodes de vieillissement et les essais de diagnostic.

Il n'est pas nécessairement exigé que le système de référence soit physiquement soumis à l'essai en parallèle, si les résultats de l'essai du système de référence utilisé ont été documentés précédemment et obtenus dans les mêmes conditions d'essai.

Normalement, le système de référence est un système particulier réel, mais sa performance minimale quantifiée peut également être définie par une courbe de durée de vie de référence convenue, fournie par une norme IEC, telle que celle de l'IEC 60034-18-42.

A la fin de chaque essai fonctionnel, l'évaluation fonctionnelle doit être réalisée. Cela signifie qu'il est nécessaire de comparer les données de diagnostic obtenues à partir des systèmes candidat et de référence, généralement pour comparer les durées moyennes jusqu'à défaillance et leur répartition en utilisant des méthodes statistiques appropriées.

Si les données provenant du système candidat ne sont pas plus défavorables que celles provenant du système de référence, le système candidat est considéré comme qualifié. Cela est vrai si l'intervalle de confiance à 90 % du percentile de la distribution de probabilité utilisée qui représente la valeur moyenne se situe au-dessus de ou dans celui obtenu à partir du système de référence (voir l'IEC 60493-1 et l'IEC 62539).

Les différences importantes observées dans les enroulements des machines électriques tournantes, en ce qui concerne la taille, la tension, les conditions de fonctionnement et le comportement sur la durée de vie prévue en service, rendent nécessaire l'utilisation de différentes procédures d'évaluation fonctionnelle du vieillissement thermique, électrique et à plusieurs facteurs (IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32, IEC TS 60034-18-33, IEC 60034-18-34, IEC 60034-18-41, IEC 60034-18-42) pour qualifier différents types d'enroulements. Ces procédures peuvent être de complexité différentes, la plus simple n'étant fondée que sur un seul facteur de vieillissement (par exemple, thermique ou électrique).

Les procédures d'évaluation fonctionnelle permettent d'effectuer des comparaisons et d'obtenir la qualification des systèmes d'isolation candidats. Toutefois, elles ne peuvent pas déterminer totalement les avantages d'un système d'isolation particulier. Il n'est notamment pas possible de fournir une prévision de la durée de vie opérationnelle de l'isolation individuelle des enroulements à partir de n'importe quel type d'essai fonctionnel. En général, ces informations ne peuvent être obtenues que d'après une expérience prolongée en service.

La démonstration des résultats de la série IEC 60034-18 pourrait contenir des informations confidentielles que le fabricant ne veut par conséquent pas partager dans la documentation. Mais, pour prouver la conformité du système candidat, les éléments clés doivent être au moins montrés et expliqués au client sans qu'il soit nécessaire de fournir des documents.

4.2 Effets des facteurs de vieillissement

Tous les facteurs de vieillissement, c'est-à-dire thermiques, électriques, environnementaux et mécaniques, ont une incidence sur la durée de vie de tous les types de machines, mais l'importance de chaque facteur varie avec le type de machine et avec l'utilisation prévue. Dans certains cas, l'un de ces facteurs de vieillissement est considéré comme prédominant.

Dans d'autres cas, plusieurs facteurs de vieillissement peuvent agir de manière significative. Ces conditions différentes doivent être prises en considération pour le choix de l'essai fonctionnel approprié, conformément au présent document.

L'isolation des machines à basse tension de petites ou moyennes dimensions qui sont alimentées en ligne se dégrade essentiellement sous l'effet de la température et de l'environnement, les contraintes électriques et mécaniques étant de moindre importance.

Les machines de moyennes à grandes dimensions, qui utilisent des enroulements préformés, sont également affectées par la température et l'environnement, mais les contraintes électriques et mécaniques peuvent également constituer d'importants facteurs de vieillissement.

Les très grandes machines, qui utilisent généralement des enroulements préformés du type à barres et qui peuvent fonctionner dans un environnement particulier tel que l'hydrogène, sont normalement très affectées par les contraintes mécaniques ou électriques ou par les deux. La température et l'environnement peuvent être des facteurs de vieillissement moins importants.

Le système d'isolation des enroulements des petites, moyennes, grandes et très grandes machines alimentées par convertisseur peut être soumis à des contraintes électriques significatives (voir l'IEC 60034-18-41 et l'IEC 60034-18-42).

4.3 Système d'isolation de référence/candidat

Un système d'isolation est qualifié pour être utilisé comme système d'isolation de référence si sa performance a été établie par une performance en service satisfaisante, c'est-à-dire:

- s'il a fonctionné de manière satisfaisante pendant des périodes suffisamment longues, dans des conditions d'exploitation caractéristiques de sa puissance (ou de sa classe) et dans des applications types du système d'isolation concerné;
- si sa performance en service est fondée sur un nombre de machines suffisant.

Un système d'isolation de référence doit être soumis à l'essai en même temps que le système candidat en utilisant la même procédure d'essai et le même équipement d'essai, de préférence dans le même laboratoire. En variante, si les résultats de l'essai du système de référence utilisé ont été documentés précédemment et obtenus dans les mêmes conditions d'essai, il n'est pas nécessaire de procéder à un nouvel essai du système de référence (voir 4.1).

S'il s'avère nécessaire de vérifier les résultats dans un autre laboratoire, des valeurs de durées de vie d'essai différentes peuvent être obtenues, sauf si les conditions de l'essai d'origine ont été reproduites avec précision. Il convient cependant qu'une comparaison des résultats de laboratoires qualifiés mette en évidence au moins une performance relative quasiment identique pour les systèmes candidat et de référence.

4.4 Évaluation de changements mineurs des composants, des processus de fabrication ou de la conception

La substitution de composants, les modifications du processus de fabrication et les adaptations de la conception sont des pratiques courantes au cours du cycle de vie des systèmes d'isolation qualifiés.

Toute substitution de composants (matériaux isolants) ou toute modification pertinente du processus de fabrication ou de la conception peut transformer un système de référence en système candidat, rendant nécessaire une nouvelle évaluation fonctionnelle, sauf si le nouveau composant et les modifications envisagées dans le processus de fabrication ou la conception n'ont pas d'influence prévisible en pratique sur les propriétés fonctionnelles du système d'isolation électrique, par exemple du fait de l'identité chimique et physique générique des matériaux utilisés.

Il doit donc être déterminé, dans un premier temps, si la modification peut altérer la résistance du système d'isolation aux facteurs de vieillissement prédominants tels que les contraintes électriques, thermiques, mécaniques ou ambiantes.

En ce qui concerne le facteur de vieillissement prédominant, ou des combinaisons de facteurs de vieillissement, il peut être admis que le changement prévu ne soit que mineur. Un exemple d'un tel changement mineur est la substitution d'un composant ou un changement dans le processus de fabrication qui n'a pas d'effet significatif prévisible en pratique sur la performance du système d'isolation électrique et qui peut justifier de n'utiliser, à la place d'une évaluation fonctionnelle complète, qu'une évaluation fonctionnelle réduite par un essai d'un seul point ou d'autres essais d'endurance spéciaux.

Dans d'autres cas, aucun essai du système ne peut être exigé, seuls des essais des matériaux pouvant être appropriés, par exemple, différents fournisseurs produisent selon les mêmes spécifications d'exigences du client, sur une base chimique similaire. À ce sujet, les normes horizontales décrivent des essais de matériaux simples (par exemple, pour les fils ronds ou plats, l'IEC 61858-1 ou l'IEC 61858-2, respectivement).

Souvent, aucun changement de matériau ni de processus majeur n'est prévu, mais il est envisagé de modifier l'épaisseur de l'isolation principale: si la contrainte de champ électrique moyenne et de crête (kV/mm) du système d'isolation électrique avec l'épaisseur d'isolation différente ne dépasse pas celle du système d'isolation électrique qualifié de plus de 5 %, et si l'épaisseur et la tension assignée ne dépassent pas la plage de +100 % / -50 % du système d'isolation qualifié, alors une nouvelle évaluation fonctionnelle n'est pas nécessaire. Par exemple, si un système de 6,6 kV a été soumis à une évaluation fonctionnelle complète et qualifié conformément à la présente norme, cette qualification s'applique également pour le système de 13,8 kV et pour le système de 3,3 kV avec les mêmes matériaux et processus, mais avec les épaisseurs adaptées. Cela ne s'applique pas au système de contrôle de contrainte qui peut devoir être qualifié de façon indépendante.

La plage de tensions n'est applicable que jusqu'à des tensions assignées de 15 kV: au-delà, des connaissances spécifiques et des alignements entre le fabricant et l'utilisateur peuvent être exigés.

Il est du ressort du fabricant de machines de déterminer si cette vérification est nécessaire et de justifier l'utilisation d'une évaluation fonctionnelle réduite ainsi que la concentration sur celle-ci et de préciser comment il convient d'entreprendre des essais d'endurance ou de déverminage spéciaux. Une évaluation fonctionnelle complète ou réduite ou des essais d'endurance spéciaux peuvent être nécessaires.

Il convient que le fabricant fasse figurer dans les documents relatifs au système d'isolation cette vérification relative à un changement mineur lorsque celui-ci est utilisé dans le système.

4.5 Essais fonctionnels

Comme indiqué en 3.4.2, les essais fonctionnels sont utilisés pour qualifier les systèmes d'isolation. Ils sont effectués par cycles d'essais d'endurance, chaque cycle comprenant un sous-cycle de vieillissement et un sous-cycle de diagnostic. Dans le sous-cycle de vieillissement, les échantillons sont exposés au facteur de vieillissement spécifié, intensifié de façon appropriée pour accélérer le vieillissement. Dans le sous-cycle de diagnostic, les échantillons sont soumis à des essais de diagnostic appropriés pour déterminer la fin de la durée de vie en essai ou pour mesurer les propriétés caractéristiques du système d'isolation à ce moment-là. Dans certains cas, le facteur de vieillissement peut lui-même jouer le rôle de facteur de diagnostic et déterminer le point limite.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer tous les essais de diagnostic dans tous les cas. Des considérations particulières peuvent rendre inapplicables certains essais de diagnostic.

Les résultats de ces essais sont d'ordre comparatif et ne permettent pas d'effectuer, par exemple par une extrapolation ou des calculs, une estimation d'une durée de vie en service définie, car des facteurs d'influence supplémentaires peuvent intervenir.

Dans des cas spécifiques, une qualification peut être exigée pour des durées de vie prévues plus longues ou plus courtes que celle du système de référence utilisé, qui a fait ses preuves en service, ou pour des paramètres de contrainte qui ne sont pas identiques à ceux du système de référence. Dans de tels cas, aux fins de l'évaluation comparative du système candidat avec le système de référence, les courbes de durée de vie obtenues peuvent être modifiées en conséquence. Cette évaluation comparative particulière pour des durées de vie prévues ou des paramètres de contrainte inégaux n'est admise que pour certaines différences limitées et les différences comme les résultats doivent être documentés de façon transparente (par exemple, voir l'IEC 60034-18-31 pour la qualification thermique). Il est possible d'exclure l'essai d'endurance d'un facteur de vieillissement prédominant par un essai spécifique, par exemple le vieillissement électrique par un essai de décharge partielle approprié, comme défini dans l'IEC 60034-18-41. Dans ce cas, cet essai spécifique peut permettre de s'abstenir de réaliser les cycles d'essais d'endurance pour ce mécanisme de vieillissement particulier et de le remplacer par un essai fonctionnel.