

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 – Principes
directeurs généraux**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.160

ISBN 2-8318-1081-0

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	8
3.4 Terms relating to testing and evaluation	9
4 General aspects of functional evaluation	9
4.1 Introductory remarks	9
4.2 Effects of ageing factors	10
4.3 Reference/candidate insulation system.....	10
4.4 Evaluation of minor component or manufacturing changes	11
4.5 Functional tests.....	11
4.6 Acceptance tests.....	11
5 Thermal functional tests	12
5.1 General aspects of thermal functional tests	12
5.2 Analysis, reporting and classification.....	12
6 Electrical functional tests.....	13
6.1 General aspects of electrical functional tests.....	13
6.2 Analysis and reporting.....	13
7 Mechanical functional tests.....	14
8 Environmental functional tests.....	14
9 Multifactor functional tests.....	14
Bibliography.....	16

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.

International Standard IEC 60034-18-1 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 published in 1996, and constitutes a technical revision.

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

- provides general guidelines for functional evaluation of different types of windings as before but beyond that for electrical evaluation of windings which are electrically stressed by converter-supply;
- is now focused on general guidelines with all technical details of procedures and qualification principles moved to the subsequent parts;

- details additional general aspects of functional evaluation, particularly the statistical procedure for comparison between reference and candidate insulation systems and the evaluation of minor component or manufacturing changes;
- contains a new acceptance test for verifying the expected production quality level of the insulation systems;
- restricts the classification of insulation systems as a result of the functional evaluation to thermal classification. Other kinds of classifications (classes) of insulation systems no longer exist.

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

FDIS	Report on voting
2/1583/FDIS	2/1592/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 list of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found in the IEC TC 2 dashboard on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this amendment and the base 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 electrical machines. IEC 60034-18-1 provides general guidelines for such procedures and qualification principles, whereas the subsequent parts IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-22, 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. 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 previous 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 equations describe the rate of thermal ageing, 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 60085 deals with thermal evaluation of 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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1, *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 60034-18-22, *Rotating electrical machines – Part 18-22: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Classification of changes and insulation component substitutions*

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 machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60034-18-32, *Rotating electrical machines – Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Evaluation of electrical endurance of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60034-18-33, *Rotating electrical machines – Part 18-33: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor functional evaluation – Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

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, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Qualification and type tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

IEC/TS 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 60085, *Thermal evaluation and designation of electrical insulation*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*

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 60505:2004, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

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.

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

insulation system

insulating structure containing one or more electrical insulating materials applied over conducting parts employed in rotating electrical machines

[IEC 60505:2004, 3.1.1, modified]

NOTE 1 There may be several insulation components within the windings, each being designed for different stresses in service, i.e. turn insulation, slot insulation and end-winding insulation. Different criteria may be applied to the various components within the overall system.

NOTE 2 There may be more than one insulation system in a particular type of machine. These insulation systems may have different thermal classes (e.g. stator and rotor windings).

3.1.3

candidate insulation system

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

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-39-26, modified]

3.1.4

reference insulation system

insulation system whose performance has been established by satisfactory service experience

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 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

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

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

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

NOTE Large a.c. machines commonly use bars, and usually, though not always, they form single-turn coils in a two-layer winding.

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 It is usually random-wound with round conductors.

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

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 Coils or bars are usually wound with rectangular conductors.

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

3.2 Terms relating to the objects being tested

3.2.1

test object

unit being tested

NOTE 1 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 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 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

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 411-53-64]

3.2.4

motorette

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

[IEC 60050-411, Amendment 1:2007, 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 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 applied to an insulation component of a test specimen in order to establish its condition after ageing without significantly adding to the ageing

[IEC 60505:2004, 3.3.7, modified]

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

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 determination of the thermal class of an insulation system

4 General aspects of functional evaluation

4.1 Introductory remarks

All 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.

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.

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 and operating conditions, necessitate the use of different procedures for functional evaluation to evaluate various types of windings. These procedures can also 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. Such information can be obtained in general only from extended service experience.

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 standard.

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 of small, medium, large and very large converter fed machines may be substantially electrically stressed (see IEC 60034-18-41 and IEC 60034-8-42).

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.

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 the same relative performance between candidate and reference systems.

4.4 Evaluation of minor component or manufacturing changes

Any substitution of components (insulating materials) or any relevant change in manufacturing process changes a reference system into a candidate system with the need for a new functional evaluation, unless the new component can be considered to be chemically and physically identical (generically identical) and the intended changes in the manufacturing process are not expected to have any influence on the electrical insulation system properties.

In respect of the dominant ageing factor, or combinations of ageing factors, it may be that the change proposed 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 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 or special endurance tests (see IEC 60034-18-22 together with IEC 60034-18-21, IEC 60034-18-31, IEC 60034-18-32 and IEC 60034-18-33).

It is the machine manufacturer's responsibility to determine the need for verification and to justify the use of a reduced functional evaluation or how special endurance 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 be applied in all cases. Special considerations may render inapplicable certain diagnostic tests.

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.

4.6 Acceptance tests

Acceptance tests may be performed to verify that the insulation materials used and 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.

The decision as to whether acceptance tests are undertaken or not, shall be agreed between the manufacturer and purchaser.

In cases where there is no chance to make the acceptance tests with test objects produced together with those winding elements to be sold according to the contract, the acceptance test may be a type test.

5 Thermal functional tests

5.1 General aspects of thermal functional tests

The purpose of the thermal functional tests in this standard 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 60034-18-22 and IEC 60034-18-31 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 standard 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. Since the insulation systems of rotating machines are complicated in varying degrees, simple systems referred to in IEC 60085 do not exist in rotating machines.

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

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 and IEC 62539 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;
- description of the insulation systems tested (the reference and candidate systems);

- 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.);
- rate of oven air replacement;
- 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;
- thermal class of the reference system;
- 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 grading 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 failure times be obtained at each electrical ageing stress.

In certain cases, special endurance or acceptance tests, e.g. non-destructive PD measurements, can be used for electrical qualification, see IEC 60034-18-41.

Specimens should be at room temperature or at the thermal class 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

An electrical endurance graph is drawn using the results of ageing, according to the guidelines given in IEC 62539 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;
- description of the insulation systems tested (the reference and the candidate systems);
- 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.

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, exceptionally 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 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 60034-18-33.

Such multifactor ageing can occur in mechanically or thermomechanically 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.

- 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 – Part 411: Rotating machinery*
Amendment 1 (2007)

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	19
INTRODUCTION.....	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives.....	22
3 Termes et définitions	23
3.1 Termes généraux	23
3.2 Termes relatifs aux objets soumis aux essais.....	24
3.3 Termes relatifs aux facteurs d'influence et aux facteurs de vieillissement.....	25
3.4 Termes relatifs aux essais et à l'évaluation	25
4 Aspects généraux de l'évaluation fonctionnelle.....	26
4.1 Remarques introductives	26
4.2 Effets des facteurs de vieillissement.....	26
4.3 Système d'isolation de référence/candidat.....	27
4.4 Evaluation de changements mineurs des composants ou des processus de fabrication	27
4.5 Essais fonctionnels	27
4.6 Essais d'acceptation.....	28
5 Essais fonctionnels thermiques	28
5.1 Aspects généraux des essais fonctionnels thermiques	28
5.2 Analyse, compte rendu et classification	29
6 Essais fonctionnels électriques.....	30
6.1 Aspects généraux des essais fonctionnels électriques.....	30
6.2 Analyse et compte rendu	30
7 Essais fonctionnels mécaniques	31
8 Essais fonctionnels d'environnement.....	31
9 Essais fonctionnels à plusieurs facteurs	31
Bibliographie.....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation –
Principes directeurs généraux**

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60034-18-1 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1992, et son amendement 1 paru en 1996, et constitue une révision technique.

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

- comme auparavant, fournit des recommandations générales pour l'évaluation fonctionnelle de différents types d'enroulements mais aussi au-delà, pour l'évaluation fonctionnelle des enroulements qui subissent une contrainte électrique du fait d'une alimentation par convertisseur;

- met l'accent sur des recommandations générales, tous les détails techniques des procédures et des principes de qualification étant déplacés vers les parties concernées;
- détaille des aspects généraux supplémentaires de l'évaluation fonctionnelle, particulièrement la procédure statistique pour dresser la comparaison entre les systèmes d'isolation candidat et de référence, ainsi que l'évaluation des changements mineurs de composants et de procédé de fabrication;
- contient un nouvel essai d'acceptation pour la vérification du niveau de qualité de production visé pour le système d'isolation;
- comme résultat de l'évaluation fonctionnelle, restreint la classification du système d'isolation à la classification thermique. Les autres sortes de classifications (classes) des systèmes d'isolation n'existent plus.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1583/FDIS	2/1592/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 Une liste des correspondances entre 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 types particuliers de procédures d'essai pour les systèmes d'isolation des machines électriques tournantes. La CEI 60034-18-1 énonce les principes directeurs généraux relatifs à ces procédures et aux principes de qualification; la CEI 60034-18-21, la CEI 60034-18-22, la CEI 60034-18-31, la CEI 60034-18-32, la CEI 60034-18-33, la CEI 60034-18-34, la CEI 60034-18-41 et la CEI 60034-18-42 décrivent les procédures détaillées pour les divers types d'enroulements. En outre, les CEI 60034-18-41 et CEI 60034-18-42 contiennent des procédures d'essai spéciales d'évaluation électrique d'enroulements soumis à des contraintes électriques dues à l'alimentation du convertisseur.

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

La CEI 60505 établit la base de l'estimation du vieillissement de systèmes d'isolation électrique soumis à des contraintes électriques, thermiques, mécaniques ou 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 CEI 60216 traite de la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux d'isolation seuls. En supposant que les équations d'Arrhénius décrivent la vitesse du vieillissement thermique, des procédures d'essai et des instructions d'analyse pour obtenir des paramètres caractéristiques tels que l'"Indice de Température" (TI, en anglais *Temperature index*), l'"Intervalle de Division par Deux" (IDC) et l'"Indice d'Endurance Thermique Relative" (RTE, en anglais *Relative thermal endurance index*) sont indiquées. Pour tous ces paramètres, des propriétés choisies et des critères de fin de vie acceptés sont spécifiés. En conséquence, à un même matériau peut être affecté plus d'un indice de température, déduit de la mesure de différentes propriétés et de l'utilisation de différents critères de fin de vie.

La CEI 60085 traite de l'évaluation thermique des systèmes d'isolation utilisés dans l'équipement électrique. 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 dans des machines tournantes relevant de la CEI 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 CEI 60216. Toutefois, la CEI 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 recommandée pour évaluer l'endurance thermique d'un système d'isolation.

La CEI 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: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 traite des principes directeurs généraux d'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique, utilisés ou que l'on se propose d'utiliser dans les machines électriques tournantes entrant dans le domaine d'application de la CEI 60034-1, en vue de leur qualification.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

CEI 60034-18-22, *Machines électriques tournantes – Partie 18-22: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Classification des modifications et des substitutions de composants d'isolation*

CEI 60034-18-31, *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 jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV*

CEI 60034-18-32, *Machines électriques tournantes – Partie 18-32: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation électrique des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV*

CEI 60034-18-33, *Machines électriques tournantes – Partie 18-33: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation fonctionnelle à plusieurs facteurs – Endurance sous contrainte thermique et électrique combinée des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV*

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

CEI 60034-18-41, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Qualification et essais de type des systèmes d'isolation de type I utilisés dans des machines alimentées par convertisseurs de tension*

CEI/TS 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 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

CEI 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*

CEI 60505:2004, *Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

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

3 Termes et définitions

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

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 la CEI 60085, et selon l'utilisation donnée dans la CEI 60505

3.1.2

système d'isolation

structure isolante contenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques appliqués sur les parties conductrices utilisées dans des machines électriques tournantes

[CEI 60505:2004, 3.1.1, modifiée]

NOTE 1 Il peut y avoir plusieurs composants d'isolation dans les enroulements, chacun d'eux étant conçu pour différentes contraintes en service, c'est-à-dire isolation des spires, isolation des encoches et isolation des développantes. Différents critères peuvent être appliqués aux divers composants dans le système complet.

NOTE 2 Il peut y avoir plus d'un système d'isolation dans un type particulier de machine. Ces systèmes d'isolation peuvent avoir différentes classes thermiques (par exemple enroulements des stators et des rotors).

3.1.3

système d'isolation candidat

système d'isolation soumis aux essais pour déterminer sa tenue aux facteurs de vieillissement

[CEI 60050-411, Amendement 1:2007, 411-39-26, modifiée]

3.1.4

système d'isolation de référence

système d'isolation dont les caractéristiques de fonctionnement ont été établies par une expérience en service satisfaisante

[CEI 60050-411, Amendement 1:2007, 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

[CEI 60050-411:1996, 411-38-03, modifiée]

3.1.6

barre

l'une ou l'autre des deux parties qui, après avoir été placées dans leurs encoches, et lorsqu'elles sont connectées ensemble, forment la bobine préformée complète (voir 3.1.8), et qui comprennent chacune un côté de bobine et une développante appropriée

[CEI 60050-411:1996, 411-38-05, modifiée]

NOTE Les grandes machines à courant alternatif sont communément équipées de barres, et généralement, mais pas toujours, elles forment des bobines à une spire dans un enroulement à deux couches.

3.1.7

enroulement à fils

enroulement qui est constitué d'un ou plusieurs conducteurs isolés et dans lequel les conducteurs individuels occupent des positions aléatoires dans le côté des bobines

NOTE Il s'agit généralement d'enroulements aléatoires à fils de conducteurs ronds.

[CEI 60050-411:1996, 411-38-13, modifiée]

3.1.8

enroulement préformé

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

NOTE Il s'agit généralement d'enroulements réalisés à l'aide de conducteurs rectangulaires.

[CEI 60050-411:1996, 411-38-11, modifiée]

3.2 Termes relatifs aux objets soumis aux essais

3.2.1

épreuve

unité soumise aux essais

NOTE 1 Il peut s'agir d'une machine réelle, ou d'une partie de celle-ci, ou d'un modèle d'essai spécial (voir 3.2.3 et 3.2.4), qui peut être soumis à des essais fonctionnels.

NOTE 2 Une épreuve peut contenir plus d'un échantillon (voir 3.2.2).

3.2.2

échantillon

composant constitutif individuel d'une épreuve, que l'on peut utiliser pour obtenir un élément de données d'essai (par exemple la durée jusqu'à défaillance)

NOTE Un échantillon peut contenir plus d'un composant d'isolation (par exemple isolation entre spires et isolation entre conducteur et terre), et n'importe lequel de ces composants peut fournir cet élément de données.

3.2.3

formette

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

[CEI 60050-411, Amendement 1:2007, 411-53-64]

3.2.4

motorette

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

[CEI 60050-411, Amendement 1:2007, 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 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 composant d'isolation d'un échantillon, afin de constater son état après vieillissement, sans pour autant accroître de façon significative son degré de vieillissement

[CEI 60505:2004, 3.3.7, modifiée]

3.4.2

essai fonctionnel

essai comparatif dans lequel les systèmes d'isolation candidat et de référence sont exposés aux facteurs de vieillissement et de diagnostic, afin de qualifier le système candidat

3.4.3

essai d'endurance

essai dans lequel le système d'isolation d'une éprouvette 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'une éprouvette 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 fin de vie a été atteint

3.4.5

critère de fin de vie

valeur choisie d'une caractéristique d'une éprouvette, indiquant la fin de sa durée de vie en essai ou choisie arbitrairement, afin de comparer des systèmes d'isolation

3.4.6

fin de vie

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

3.4.7

classification

ensemble d'actions conduisant à établir la classe thermique d'un système d'isolation

4 Aspects généraux de l'évaluation fonctionnelle

4.1 Remarques introductives

Tous les essais fonctionnels décrits dans la série CEI 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 éprouvettes, les méthodes de vieillissement et les essais de diagnostic.

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.

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 CEI 60493-1 et CEI 62539).

Les différences importantes dans les enroulements des machines électriques tournantes, en termes de taille, tension et conditions de fonctionnement, rendent nécessaire l'utilisation de différentes procédures d'évaluation fonctionnelle pour évaluer divers types d'enroulements. Ces procédures peuvent également être de complexité différente, la plus simple n'étant basée que sur un seul facteur de vieillissement (par exemple thermique ou électrique).

Les procédures d'évaluation fonctionnelle permettront 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. En général, on ne peut obtenir ces informations que d'après une expérience prolongée en service.

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 à la présente norme.

L'isolation des petites ou moyennes machines à faible tension 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, utilisant 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 grosses machines, qui utilisent généralement des enroulements du type à barres et qui peuvent fonctionner dans un environnement spécial 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.

L'isolation des enroulements des petites, moyennes, grosses et très grosses machines alimentées par convertisseur peut être soumise à des contraintes électriques significatives (voir la CEI 60034-18-41 et la CEI 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 si:

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

Un système d'isolation de référence doit être soumis à 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.

S'il s'avère nécessaire de vérifier les résultats dans un autre laboratoire, il est possible de trouver des valeurs de durées de vie d'essai différentes, 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 la même performance relative pour les systèmes candidat et de référence.

4.4 Evaluation de changements mineurs des composants ou des processus de fabrication

Toute substitution de composants (matériaux d'isolation) ou toute modification pertinente d'un processus de fabrication modifie un système de référence en un système candidat et rend nécessaire une nouvelle évaluation fonctionnelle, sauf si le nouveau composant peut être considéré comme étant chimiquement et physiquement identique (génériquement identique) et si les modifications envisagées dans le processus de fabrication n'ont pas d'influence prévisible sur les propriétés du système d'isolation électrique.

En ce qui concerne le facteur de vieillissement prédominant, ou des combinaisons de facteurs de vieillissement, il peut être admis que le changement proposé ne soit que mineur. Un exemple d'un tel changement mineur est la substitution d'un composant ou un changement dans un processus de fabrication qui n'a pas d'effet significatif prévisible sur la performance du système d'isolation et qui peut justifier de n'utiliser, à la place d'une évaluation fonctionnelle complète, qu'une évaluation fonctionnelle réduite ou des essais d'endurance spéciaux (voir la CEI 60034-18-22, ainsi que la CEI 60034-18-21, la CEI 60034-18-31, la CEI 60034-18-32 et la CEI 60034-18-33).

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 ou de préciser comment il convient d'entreprendre des essais d'endurance spéciaux. Il est admis qu'une évaluation fonctionnelle complète ou réduite ou des essais d'endurance spéciaux soient nécessaires.

Il convient que le fabricant fasse figurer dans les documents relatifs au système d'isolation, cette vérification relative à un changement mineur lorsqu'il 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

vieillessement, les échantillons sont exposés au facteur de vieillissement spécifié, intensifié comme il convient 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 de fin de vie.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer tous les essais de diagnostic dans tous les cas. Certaines considérations spéciales risquent de 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.

4.6 Essais d'acceptation

Des essais d'acceptation peuvent être effectués pour vérifier que les matériaux d'isolation utilisés et la procédure de fabrication employée ont le niveau de qualité de production attendu. Les essais d'acceptation en eux-mêmes ne qualifient pas un système d'isolation.

La décision d'entreprendre ou non des essais d'acceptation doit être prise d'un commun accord entre le fabricant et l'acheteur.

Dans les cas où il n'est pas possible d'effectuer les essais d'acceptation avec des éprouvettes produites en même temps que les éléments d'enroulements qui doivent être vendus conformément au contrat, il est admis que l'essai d'acceptation soit un essai de type.

5 Essais fonctionnels thermiques

5.1 Aspects généraux des essais fonctionnels thermiques

L'objet des essais fonctionnels thermiques décrits dans cette norme est de fournir des données qui peuvent être utilisées pour établir la classe thermique d'un nouveau système d'isolation avant qu'il ne fasse ses preuves en service.

Ces principes directeurs sont utilisés conjointement avec la CEI 60034-18-21, la CEI 60034-18-22 et la CEI 60034-18-31 pour le type spécifique d'enroulement considéré et lorsque le facteur de vieillissement thermique doit être considéré comme prédominant par comparaison avec les autres facteurs de vieillissement.

Les concepts mis en œuvre dans la présente norme sont basés sur les CEI 60085, CEI 60493-1, CEI 60505 et CEI 62539.

Les processus de vieillissement thermique du système d'isolation des machines électriques tournantes peuvent être complexes par nature. Du fait que les systèmes d'isolation des machines tournantes sont compliqués à des degrés divers, les systèmes simples mentionnés dans la CEI 60085 n'existent pas dans les machines tournantes.

Si la classe thermique souhaitée du système candidat diffère de la classe thermique connue du système de référence, différentes températures de vieillissement, différentes durées de sous-cycles et, (lorsqu'elles sont techniquement justifiées), différentes valeurs de diagnostic doivent être utilisées d'une manière appropriée.

Des essais de diagnostic (tels que des essais mécaniques, d'humidité et de tension) doivent être effectués après chaque sous-cycle de vieillissement thermique pour contrôler l'état du système d'isolation.

Il convient de reconnaître qu'une contrainte mécanique plus forte et une concentration plus élevée des produits de décomposition peuvent survenir pendant des essais de vieillissement au-dessus de la température en service. Il est également admis que des défaillances dues à des contraintes mécaniques ou de tension anormalement élevées sont généralement d'une nature différente de celle des défaillances qui se produisent en service de longue durée.

5.2 Analyse, compte rendu et classification

La fin de la durée de vie en essai de l'isolation est supposée s'être produite à la température de vieillissement au temps médian entre les deux dernières applications consécutives des facteurs de diagnostic.

Le nombre total d'heures de vieillissement thermique jusqu'à la fin de la durée de l'essai doit être enregistré pour chaque échantillon et pour chaque température.

Un graphique d'endurance thermique est établi à partir des résultats du vieillissement, conformément aux directives indiquées dans la CEI 60493-1 et la CEI 62539 à la fois pour le système candidat et les systèmes de référence. Lorsqu'une distribution a été choisie pour représenter les résultats des essais de vieillissement, il est nécessaire de vérifier que la distribution est adaptée à cet objectif.

Si, dans des cas particuliers d'application, les exigences pour la durée de vie prévue du système d'isolation candidat diffèrent essentiellement de celles du système d'isolation de référence dans la même classe thermique, la classification peut alors être réalisée en tenant compte de ceci (voir la CEI 60034-18-21 et la CEI 60034-18-31). Ceci doit être indiqué dans le rapport avec une justification appropriée.

Si les graphiques d'endurance thermique des systèmes de référence et candidat présentent des pentes nettement différentes, il est évident que leurs processus de vieillissement respectifs sont très différents, et il est donc peu probable que l'on puisse établir une classification valide à partir de leur comparaison.

Il est utile de mentionner dans le compte rendu tous les détails significatifs concernant les essais, y compris ceux qui figurent dans la liste suivante:

- références aux normes d'essai de la CEI;
- description des systèmes d'isolation soumis aux essais (systèmes de référence et candidat);
- températures de vieillissement et durées des sous-cycles de vieillissement pour chaque système d'isolation;
- essais de diagnostic utilisés avec les essais effectués ou les niveaux de contraintes pour chaque système d'isolation;
- fabrication des échantillons et des éprouvettes;
- nombre d'échantillons pour chaque température et pour chaque système d'isolation;
- méthode d'application des températures de vieillissement et façon dont les températures ont été mesurées (y compris le type d'étuve, etc);
- vitesse de remplacement de l'air de l'étuve;
- durées individuelles jusqu'à défaillance et modes de défaillance;
- durées moyennes logarithmiques jusqu'à défaillance et écart quadratique moyen logarithmique, ou limites inférieures de confiance pour chaque température de vieillissement et pour chaque système d'isolation;
- graphique d'endurance thermique avec points moyens logarithmiques et droite de régression;
- classe thermique du système de référence;
- classe thermique du système candidat, comme déterminée par l'essai.

6 Essais fonctionnels électriques

6.1 Aspects généraux des essais fonctionnels électriques

Les systèmes d'isolation sont soumis à des essais de vieillissement électrique par application d'une tension entre des parties fonctionnant avec des potentiels électriques différents et lorsque le facteur de vieillissement électrique doit être considéré comme prédominant par comparaison avec les autres facteurs de vieillissement. Les procédures de qualification dans ces conditions sont décrites en détail dans la CEI 60034-18-32, la CEI 60034-18-41 et la CEI 60034-18-42.

On peut accélérer le processus de vieillissement en intensifiant les contraintes électriques et/ou en augmentant la fréquence de la tension d'essai. La fin de la durée de vie est marquée soit par un claquage au cours du vieillissement électrique, soit par une défaillance pendant un essai de diagnostic.

S'il est nécessaire d'adapter la conception des composants individuels des systèmes d'isolation pour rendre l'essai fonctionnel électrique réalisable (par exemple le système de gradation des contraintes), des essais spécifiques d'endurance ou d'acceptation sont alors recommandés pour ces composants.

En effectuant les essais à différentes tensions, on peut représenter sous forme graphique la relation qui existe entre la durée de vie en essai et la contrainte électrique. On notera que l'augmentation de la fréquence a souvent été utilisée pour accélérer le vieillissement électrique, en supposant que l'accélération de l'essai est proportionnelle à la fréquence. Cette hypothèse ne se révèle cependant pas toujours exacte. Une discussion sur ce sujet est présentée dans la CEI 60034-18-42.

La durée de vie en essai présente normalement une grande dispersion, quel que soit le niveau de la contrainte de tension. Il est donc essentiel d'obtenir, pour chaque contrainte de vieillissement électrique, un nombre statistiquement suffisant de durées jusqu'à défaillance.

Dans certains cas, des essais spéciaux d'endurance ou d'acceptation, par exemple des mesures non destructives de décharge partielle, peuvent être utilisés pour la qualification électrique, voir la CEI 60034-18-41.

Il est recommandé que les échantillons soient à la température ambiante ou à la température de la classe thermique concernée. Il convient de veiller à ce que les pertes diélectriques aux contraintes élevées ou pour une fréquence accrue n'élèvent pas la température de l'isolation dans des proportions suffisantes pour affecter les résultats.

6.2 Analyse et compte rendu

Un graphique d'endurance électrique est établi en utilisant les résultats du vieillissement, conformément aux directives indiquées dans la CEI 62539, à la fois pour le système candidat et les systèmes de référence. Lorsqu'une distribution a été choisie pour représenter les résultats des essais de vieillissement, il est nécessaire de vérifier que la distribution est adaptée à cet objectif. D'après l'expérience actuelle, il s'agira normalement de la distribution de Weibull.

Il est utile de mentionner dans le compte rendu tous les détails significatifs concernant les essais, y compris ceux qui figurent dans la liste suivante:

- tension assignée maximale prévue du système;
- température de l'essai;
- description des systèmes d'isolation soumis aux essais (système de référence et système candidat);

- tensions de vieillissement, fréquences et durées des sous-cycles de vieillissement, le cas échéant;
- essais de diagnostic, y compris les valeurs des facteurs de diagnostic utilisés;
- fabrication des éprouvettes;
- nombre d'échantillons pour chaque tension (essai à tension constante);
- durées individuelles jusqu'à défaillance et modes de défaillance;
- méthode de traitement statistique utilisée pour les données d'essai (de préférence la distribution de Weibull), pour déterminer la durée moyenne jusqu'à défaillance (valeur de 63 % dans le cas de la distribution de Weibull), ainsi que les limites de confiance, voir la CEI 62539;
- graphique d'endurance électrique avec les points moyens ou médians pour chaque contrainte de vieillissement électrique et la droite de régression.

7 Essais fonctionnels mécaniques

Il est admis, dans certaines applications, que la contrainte mécanique joue le rôle de facteur de vieillissement, soit seule, soit en combinaison avec d'autres facteurs de vieillissement. Le vieillissement mécanique peut être une conséquence de contraintes vibratoires, de contraintes provoquées par des forces électrodynamiques ou de contraintes thermomécaniques dues au très grand nombre de changements de charges considérables pendant le fonctionnement normal, voir la CEI 60034-18-34.

On ne dispose pas actuellement de suffisamment d'informations techniques pour présenter des procédures d'essai de vieillissement mécanique normalisées avec des facteurs de vieillissement mécanique prédominants.

NOTE Une approche d'un modèle empirique de durée de vie et des procédures d'essai sont traitées dans la CEI 60505.

8 Essais fonctionnels d'environnement

Il est admis, dans certaines applications, que les facteurs relatifs à l'environnement jouent le rôle de facteurs de vieillissement.

Les facteurs de vieillissement dû à l'environnement comprennent les substances chimiquement/physiquement actives ou électriquement conductrices dans les atmosphères industrielles, exceptionnellement une forte teneur en humidité de l'air ambiant, des environnements contaminés par des moisissures ou des microbes, ou les matériaux mécaniquement abrasifs (par exemple le sable) dans l'air de refroidissement.

De tels facteurs de vieillissement chimiques/physiques liés à l'environnement peuvent être également, par exemple, la conséquence de réfrigérants dans des moteurs hermétiques ou du rayonnement ionisant dans des centrales nucléaires. Pour les systèmes d'isolation de ces applications spéciales, il existe des procédures d'essai d'endurance approfondies allant au-delà de la série CEI 60034-18.

Les informations techniques disponibles actuellement ne sont pas suffisantes pour présenter des procédures d'essai de vieillissement relatif à l'environnement normalisées avec des facteurs de vieillissement relatif à l'environnement prédominants.

9 Essais fonctionnels à plusieurs facteurs

Il est connu que plus d'un facteur d'influence, par exemple thermique et électrique, peuvent affecter les caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'isolation, particulièrement lorsque ces facteurs agissent simultanément, voir la CEI 60034-18-33.

Un tel vieillissement à plusieurs facteurs peut se produire dans des machines à tension basse et élevée, soumises à de fortes contraintes mécaniques ou thermomécaniques.

D'une manière générale, pour des essais fonctionnels à plusieurs facteurs, les principes suivants qui proviennent de la CEI 60505 doivent être pris en considération:

- a) Il est recommandé que des facteurs d'influence agissant simultanément en service soient de préférence simulés par des essais de vieillissement simultanés, alors qu'il est recommandé que des facteurs d'influence agissant successivement soient de préférence simulés par des cycles séquentiels de vieillissement, afin de garantir que des interactions directes ou indirectes éventuelles entre les différents facteurs de vieillissement pendant l'essai fonctionnel agissent comme en service.
- b) Lorsqu'il est connu que l'un des facteurs de vieillissement est prépondérant, il est alors possible d'effectuer les essais à plusieurs facteurs en accélérant seulement les effets de ce facteur et en maintenant les autres facteurs aux niveaux de service.
- c) Dans d'autres cas, il convient d'accélérer tous les facteurs de vieillissement importants. Il est recommandé que le facteur d'accélération (vitesse relative de vieillissement) soit similaire pour chaque facteur de vieillissement et que les niveaux des facteurs de vieillissement soient établis sur la base des essais de vieillissement avec un seul facteur, jusqu'à ce l'expérience nécessaire soit acquise.
- d) Il est recommandé d'établir les conditions de fonctionnement de référence. Il s'agit de l'ensemble des conditions de service pour lesquelles la machine et son système d'isolation ont été conçus.

Les niveaux des facteurs d'influence de cet ensemble de conditions de fonctionnement de référence servent de base pour l'estimation des facteurs d'accélération pendant le sous-cycle de vieillissement et pour établir les niveaux des essais de diagnostic.

- e) Dans les essais à plusieurs facteurs accélérés, il est recommandé que la comparaison entre le système candidat et le système de référence soit effectuée seulement dans la limite des niveaux d'essai.

Bibliographie

CEI 60050-411, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 411: Machines tournantes*
Amendement 1 (2007)

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch