

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



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

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



## 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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto:sales@iec.ch).

IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://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](http://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 18-32: Functional evaluation of insulation systems (Type II) –  
Electrical endurance qualification procedures for form-wound windings**

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-1047-8

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

## CONTENTS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                             | 4  |
| INTRODUCTION .....                                                                         | 6  |
| 1 Scope .....                                                                              | 7  |
| 2 Normative references .....                                                               | 7  |
| 3 Terms and definitions .....                                                              | 8  |
| 4 General considerations .....                                                             | 9  |
| 4.1 Relationship to IEC 60034-18-1 .....                                                   | 9  |
| 4.2 Selection and designation of test procedures .....                                     | 9  |
| 4.3 Reference insulation system .....                                                      | 9  |
| 4.4 Test procedures .....                                                                  | 9  |
| 4.4.1 General .....                                                                        | 9  |
| 4.4.2 Electrical ageing of the mainwall insulation .....                                   | 9  |
| 4.4.3 Electrical ageing of the stress control system .....                                 | 10 |
| 4.4.4 Electrical ageing of the turn insulation .....                                       | 10 |
| 4.5 Extent of tests .....                                                                  | 10 |
| 4.5.1 Full evaluation of the mainwall insulation .....                                     | 10 |
| 4.5.2 Reduced evaluation of the mainwall insulation .....                                  | 10 |
| 4.5.3 Evaluation of the stress control system .....                                        | 10 |
| 5 Test objects .....                                                                       | 10 |
| 5.1 Construction of test objects .....                                                     | 10 |
| 5.2 Number of test specimens .....                                                         | 11 |
| 5.3 Initial quality control tests .....                                                    | 11 |
| 6 Electrical ageing .....                                                                  | 11 |
| 6.1 General .....                                                                          | 11 |
| 6.2 Voltage levels and intended test lives of the mainwall insulation .....                | 11 |
| 6.3 Test temperatures during electrical endurance testing of the mainwall insulation ..... | 11 |
| 6.3.1 Electrical ageing at room temperature .....                                          | 11 |
| 6.3.2 Electrical ageing at elevated temperature .....                                      | 12 |
| 6.3.3 Ageing procedure for the mainwall insulation .....                                   | 12 |
| 6.4 Maintenance of stress control coatings .....                                           | 12 |
| 7 Diagnostic sub-cycle .....                                                               | 12 |
| 7.1 General .....                                                                          | 12 |
| 7.2 Voltage test of the mainwall insulation .....                                          | 12 |
| 7.3 Other diagnostic tests .....                                                           | 13 |
| 8 Failures of the mainwall insulation .....                                                | 13 |
| 8.1 Failure location and verification .....                                                | 13 |
| 8.2 Failed specimen observations .....                                                     | 13 |
| 9 Functional evaluation of the mainwall data .....                                         | 13 |
| 9.1 General .....                                                                          | 13 |
| 9.2 Full evaluation (same voltage level and same expected service life) .....              | 13 |
| 9.3 Reduced evaluation (same voltage level and same expected service life) .....           | 15 |
| 9.4 Recommended data to be recorded .....                                                  | 16 |
| 9.5 Determining qualification for performances different to the reference system .....     | 17 |
| 9.5.1 Overview .....                                                                       | 17 |

|                                                                                                                                      |                                                                                                       |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.5.2                                                                                                                                | Case B: Qualification for the same phase to phase voltage and a different expected service life ..... | 17 |
| 9.5.3                                                                                                                                | Case C: Qualification for different voltage level and same expected service life .....                | 18 |
| 9.5.4                                                                                                                                | Case D: Qualification for different voltage level and different expected service life .....           | 19 |
| 9.5.5                                                                                                                                | Non-linearity of regression lines .....                                                               | 20 |
| Annex A (normative) Reference life line for mainwall insulation in the absence of a manufacturer's reference life line .....         |                                                                                                       | 21 |
| Annex B (informative) .....                                                                                                          |                                                                                                       | 22 |
| B.1                                                                                                                                  | Electrical ageing of the conductive slot coating .....                                                | 22 |
| B.2                                                                                                                                  | Electrical ageing of the stress control coating .....                                                 | 22 |
| B.3                                                                                                                                  | Test objects .....                                                                                    | 22 |
| B.4                                                                                                                                  | Evaluation of the stress control system .....                                                         | 22 |
| B.5                                                                                                                                  | Ageing procedure for the conductive slot and stress control coating .....                             | 23 |
| B.5.1                                                                                                                                | General .....                                                                                         | 23 |
| B.5.2                                                                                                                                | Arrangement of temperature control by heater plates .....                                             | 23 |
| B.5.3                                                                                                                                | Heating by means of an oven .....                                                                     | 23 |
| B.5.4                                                                                                                                | Test parameter .....                                                                                  | 23 |
| B.6                                                                                                                                  | Qualification of the stress control system .....                                                      | 24 |
| B.6.1                                                                                                                                | General .....                                                                                         | 24 |
| B.6.2                                                                                                                                | Test procedure .....                                                                                  | 24 |
| B.6.3                                                                                                                                | Test pass criteria .....                                                                              | 24 |
| B.7                                                                                                                                  | Examples of deterioration marks at the stress control system .....                                    | 25 |
| Figure 1 – Comparison of ageing data from candidate (C) and reference (R) insulation systems showing qualification .....             |                                                                                                       | 14 |
| Figure 2 – Comparison of ageing data from candidate and reference insulation systems showing failure to qualify .....                |                                                                                                       | 15 |
| Figure 3 – Comparison of reduced evaluation test data from four separate candidate systems with that from the reference system ..... |                                                                                                       | 16 |
| Figure 4 – Candidate system qualified for the same voltage level and different expected service life .....                           |                                                                                                       | 18 |
| Figure 5 – Candidate system qualified for a higher voltage level and the same expected service life .....                            |                                                                                                       | 19 |
| Figure 6 – Candidate system qualified for a different service life and different voltage level from the reference .....              |                                                                                                       | 20 |
| Figure A.1 – Reference lifeline for mainwall insulation .....                                                                        |                                                                                                       | 21 |
| Figure B.1 – Application of heater elements to a stator bar .....                                                                    |                                                                                                       | 23 |
| Figure B.2 – Typical deterioration mark at the conductive slot coating .....                                                         |                                                                                                       | 25 |
| Table 1 – Conditions for qualification of candidate system .....                                                                     |                                                                                                       | 17 |
| Table B.1 – Phase to ground test voltages and test temperatures .....                                                                |                                                                                                       | 24 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

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

## 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 60034-18-32 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first 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) Title modified.
- b) Simplification of clauses.
- c) Reduction in the number of test procedures.
- d) Inclusion of full bars and coils as test objects.
- e) A new clause dealing with failures and failure criteria.

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| Draft       | Report on voting |
| 2/2068/FDIS | 2/2075/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.

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.

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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

IEC 60034-18-1 presents general principles for the evaluation of insulation systems used in rotating electrical machines.

This document deals exclusively with insulation systems for form-wound windings (Type II) and concentrates on electrical functional evaluation.

In IEC 60034-18-42, tests are described for qualification of Type II insulation systems in voltage-source converter operation. These insulation systems are generally used in rotating machines which have form-wound windings, mostly rated above 700 V r.m.s. The two standards IEC 60034-18-41 and IEC 60034-18-42 separate the systems into those which are not expected to experience partial discharge activity within specified conditions in their service lives (Type I), and those which are expected to experience and withstand partial discharge activity in any part of the insulation system throughout their service lives (Type II).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-32:2022

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

### Part 18-32: Functional evaluation of insulation systems (Type II) – Electrical endurance qualification procedures for form-wound windings

#### 1 Scope

This part of IEC 60034-18 describes qualification procedures for the evaluation of electrical endurance of insulation systems for use in rotating electrical machines using form-wound windings energized with sinusoidal power frequency voltage. The test procedures for the main wall insulation are comparative in nature, such that the performance of a candidate insulation system is compared to that of a reference insulation system with proven service experience. If no reference system is available, the diagram in Annex A is available for use. The qualification procedures of inverter duty insulation system for form-wound windings can be found in IEC 60034-18-42 or IEC 60034-18-41. A new and informative test procedure for the stress control system is introduced and defined in Annex B.

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

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

IEC TS 60034-18-33:2010, *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 60034-18-41, *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 60034-18-42:2017, *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 60034-18-42:2017/AMD1:2020

IEC 60034-27-1, *Rotating electrical machines – Part 27-1: Off-line partial discharge measurements on the winding insulation*

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

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

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

##### **mainwall insulation**

main electrical insulation that separates the conductors from the earthed stator/rotor core in motor and generator windings

#### 3.2

##### **strand insulation**

electrical insulation that covers each conductor in coils/bars

#### 3.3

##### **turn insulation**

electrical insulation that separates the conductor turns from each other in coils/bars

#### 3.4

##### **conductive slot coating**

conductive paint or tape layer in intimate contact with the mainwall insulation in the slot portion of the coil side, often called semi-conductive coating

Note 1 to entry: The purpose is to prevent partial discharge from occurring between the coil/bar and the stator core.

#### 3.5

##### **stress control coating**

paint or tape on the surface of the mainwall insulation that extends beyond the conductive slot coating in high-voltage stator bars and coils

Note 1 to entry: The purpose of the coating is to prevent surface discharges near the slot exit or in the end winding area.

#### 3.6

##### **stress control system**

generic name for the combination of the conductive slot coating and stress control coating in high-voltage stator bars and coils

#### 3.7

##### **confidence interval**

range of values so defined that there is a specified probability that the value of a parameter (voltage, stress or time) lies within it

#### 3.8

##### **test temperature**

temperature of the outer surface of the bar/coil at the straight part of the bar/coil measured with an appropriate selected and placed sensor

## 4 General considerations

### 4.1 Relationship to IEC 60034-18-1

The principles of IEC 60034-18-1 should be followed, unless the recommendations of this document indicate otherwise.

### 4.2 Selection and designation of test procedures

One or more of the procedures in this document should be suitable for the majority of evaluations. Evaluation is usually performed by the manufacturer of the machine/coils or by a third-party laboratory. It is the manufacturer's responsibility to justify the most suitable procedure on the basis of past experience and knowledge of the insulation systems to be compared.

Following test procedures are described:

- Mainwall insulation
- Turn insulation only with the main insulation test
- Conductive slot coating (Annex B)
- Stress control coating (Annex B)
- Mainwall insulation, where voltage level and/or life time differs from the reference system

### 4.3 Reference insulation system

A reference insulation system should be tested using a test procedure equivalent to that used for the candidate system (see IEC 60034-18-1). The reference insulation system should have service experience at not less than 75 % of the intended maximum rated voltage of the candidate system. When extrapolation of the insulation thickness is used, information such as "different insulation thickness at same electrical field stress levels by obtaining equal or similar breakdown time" should be provided showing the correlation between electrical lifetime and electrical stress for the different insulation thicknesses. If no reference insulation system is available the diagram in Annex A shall be used as criterion.

### 4.4 Test procedures

#### 4.4.1 General

Electrical ageing tests are usually performed at fixed voltage levels until failure (mainwall insulation) or in combination with elevated temperature until signs of deterioration occur (conductive slot coating system). Statistical evaluation of the results of testing should be performed according to IEC 62539.

#### 4.4.2 Electrical ageing of the mainwall insulation

From such tests, characteristic times to failure at each voltage level are obtained. The results for both the candidate system and the reference system should be reported on a graph, as shown by the example in Figure 1, and compared. There is no proven physical basis for extrapolation of this characteristic to the service voltage level  $U_N/\sqrt{3}$ , where  $U_N$  is the r.m.s. rated phase to phase voltage.

In service, electrical ageing of the mainwall insulation is primarily caused by continuous electrical stress at power frequency. In addition, the insulation is required to withstand transient overvoltage arising from switching surges or inverter supply. The ability of the mainwall insulation to withstand transient overvoltage from converter supplies may be demonstrated by the system's performance using IEC 60034-18-42.

This document describes electrical ageing of the mainwall insulation, carried out at power frequency or higher. In order to keep acceleration of ageing in a linear progression, a maximum of 10 times of the power frequencies is appropriate. Latest experiences with the application of IEC 60034-18-42 show that a frequency of up to 1 000 Hz can be used as well. Care shall be taken that the dielectric losses do not increase the temperature of the insulation beyond the service temperature to avoid additional thermal ageing effects. (IEC TS 60034-18-33:2010, Table 1)

#### **4.4.3 Electrical ageing of the stress control system**

In order to allow a full qualification of the entire insulation system Annex B describes methods to qualify the conductive slot coating and stress control coating.

#### **4.4.4 Electrical ageing of the turn insulation**

In normal direct-on-line operation of rotating machines the turn insulation is subjected to a stress significantly below the partial discharge inception voltage. Continuous electrical ageing is then not taking place and turn insulation qualification is therefore excluded from this document. Withstand against transient overvoltage should be tested according to IEC 60034-15.

In converter fed or other types of special operation the turn insulation may continuously be subjected to a stress above the partial discharge inception voltage. Electrical ageing should then be performed according to IEC 60034-18-42.

### **4.5 Extent of tests**

#### **4.5.1 Full evaluation of the mainwall insulation**

The extent of the electrical functional tests will depend upon the purpose of the evaluation. A full evaluation will be needed where there are substantial differences from the reference system according to IEC 60034-18-1.

#### **4.5.2 Reduced evaluation of the mainwall insulation**

There are situations when it will be sufficient to carry out reduced evaluation using the minimum number of test specimens and the middle voltage level used in the reference tests.

Comparison of a candidate insulation system to a reference system, where there are no intended or only minor differences in composition or manufacturing procedures (so-called minor changes, see IEC 60034-18-1), may be carried out using only one voltage level but with the recommended minimum number of test specimens (see 5.2). Reduced evaluation is allowed only if the rated voltages are the same for both systems.

#### **4.5.3 Evaluation of the stress control system**

Annex B defines tests and criteria to evaluate conductive slot coating and stress control coating.

## **5 Test objects**

### **5.1 Construction of test objects**

Test objects should preferably be complete bars or coils made to normal design, material and manufacturing procedures. Alternatively, they may be constructed to represent the configuration of the finished winding component to be evaluated and be subjected to the full normal or intended manufacturing processes. When using separate coils or bars as models, creepage distances and any necessary voltage grading are to be appropriate to the stresses applied during testing. A ground electrode should extend the full slot length of the model and cover at least the two wide sides of the coil cross-section.

Slot models for GVPI systems shall be made from rigid steel plates, not having any other component inserted than in the actual system present and having a length equal to that of the longest actual stator.

Test bars should be designed not to generate flashover between the end of stress control coating and the end of the conductor of the test bar. For reducing excessive electrical stress on the surface of test bars/coils by applying high voltage and/or high frequency, special treatment, for example extending stress control coating length, can be applied for evaluating the mainwall insulation. See also B.5.

## 5.2 Number of test specimens

An adequate number of test specimens shall be aged at each test voltage level in order to obtain statistical confidence. This number should not be less than six bars or three coils for the qualification of the mainwall insulation per each test voltage level.

## 5.3 Initial quality control tests

The following quality control tests shall be performed:

- visual inspection of the test specimens;
- voltage withstand test according to IEC 60034-1;
- dissipation factor and partial discharge test according to IEC 60034-27-3 and IEC 60034-27-1 respectively.

# 6 Electrical ageing

## 6.1 General

It is not practicable to design a single test method that simulates all the interactions between the various insulation components. For example, to obtain a life curve for the mainwall insulation system by applying overvoltage would subject the conductive slot coating to excessive stress. Qualification has therefore been divided into separate test procedures. The primary aim is to establish the lifetime curve of the mainwall insulation from which the expected lives may be estimated. The second aim is to establish that the conductive slot coating and the stress control coating is suitable for service.

## 6.2 Voltage levels and intended test lives of the mainwall insulation

For full evaluation as described in 4.5.1, at least three power frequency voltages should be selected so that the intended mean time to failure at the highest voltage is about 100 h, and at the lowest voltage around 5 000 h. For reduced evaluation, where only one voltage level is required (see 4.5.2), the voltage level should be chosen so that the intended mean time to failure is about 1 000 h. The alternating voltage applied to the test objects should be maintained within  $\pm 3\%$ .

## 6.3 Test temperatures during electrical endurance testing of the mainwall insulation

### 6.3.1 Electrical ageing at room temperature

Electrical ageing is preferably carried out in air at room temperature at voltages and/or frequencies higher than those in the steady-state operating conditions, in order to accelerate the effects of electrical stress.

### 6.3.2 Electrical ageing at elevated temperature

If the endurance testing is to be performed at elevated temperatures, then either external heating plates or oven heating are permitted (see also Clause B.5). Note that these two methods may not produce the same results. The temperature rise due to the applied electrical stress can affect the results, especially when using increased frequency, and shall be recorded. If thermal ageing does occur, the testing should follow the procedures in IEC 60034-18-33 for multifactor testing.

NOTE Electrical ageing of the mainwall insulation under power frequency and elevated temperature up to service temperature may lead generally to longer time to failure values compared to tests at room temperature at same electrical stress levels.

### 6.3.3 Ageing procedure for the mainwall insulation

The electrical stress is applied between the stator core or the mock up / slot electrode on the surface of the test specimen and the conductors. If the test object is a multiturn coil, both the mainwall insulation and partly the turn insulation are aged by the electrical stress during this period. However this procedure does not qualify the turn- to turn insulation. For test procedures with sub-cycles (Clause 7), the duration of these sub-cycles should be such that approximately ten sub-cycles are performed on a test specimen having a median life. Higher than power frequency is allowed to shorten the test times. Latest experiences with the application of IEC 60034-18-42 show that a frequency of up to 1 000 Hz can be used as shown in 4.4.2. Care should be taken that the dielectric losses do not increase the temperature of the insulation beyond the service temperature to avoid additional thermal ageing effects. (IEC TS 60034-18-33:2010, Table 1). This is especially important at elevated temperatures. The same frequency should be used for the candidate and reference insulation system. Increased frequency test results may only be used for direct comparison if the lives of the systems are affected similarly by the increase of frequency.

## 6.4 Maintenance of stress control coatings

A stress control coating is usually applied to the outer surface of the coil or bar beyond the earthed conductive slot coating. During the electrical endurance test of the main insulation, deterioration may occur which does not result in insulation failure. Remedial action to the stress grading material and forced air cooling are permitted during the progress of the voltage endurance test on the basis that it is the mainwall insulation that is being tested rather than the stress grading system.

## 7 Diagnostic sub-cycle

### 7.1 General

No diagnostic tests are required for the qualification of the mainwall insulation but may be performed optionally.

Following each ageing sub-cycle, a diagnostic sub-cycle can be performed. Failure of any part of the test specimen during a diagnostic test constitutes failure of the whole system and shall be reported as such. The appropriate voltage tests are selected according to the chosen test procedure as per 4.2.

### 7.2 Voltage test of the mainwall insulation

If a diagnostic test on the mainwall insulation is performed it shall be done with a power frequency AC withstand test according to IEC 60034-15. Alternatively, a lightning impulse voltage withstand test according to IEC 60034-15 may be used.

### 7.3 Other diagnostic tests

Optional diagnostic measurements may be performed for information or to determine end of test life. These may replace the voltage tests. Factors such as insulation resistance, dielectric dissipation factor, partial discharges and impulse test on the turn-to-turn insulation are examples. An end-point criterion may be established for each diagnostic test, with suitable justification reported.

## 8 Failures of the mainwall insulation

### 8.1 Failure location and verification

Failure of a specimen occurs when any electrical breakdown of the mainwall insulation occurs. This will result in the over-current detection system interrupting current to the high voltage transformer. Failure of the insulation should be verified by re-applying voltage gradually from zero. A specimen insulation failure will prevent the reapplication of the full test voltage. Locating the failure site is desirable and may be undertaken by seeing arcing or heating at the failure site as the voltage is raised. Care shall be taken as locating the failure in applying voltage the local failure area may be additionally damaged and the analysis of the breakdown channel might be more difficult or even impossible. When specimen failure has been verified, the failed sample should be isolated to allow testing to continue on the remaining samples.

Breakdown under stress control coating is acceptable, if only one breakdown of all tested bars/coils at this location occurs. If there is more than one bar or coil affected with a breakdown under the stress control coating, the number of bars or coils needs to be increased to get statistically enough values for the lifetime of the mainwall insulation away from the stress control coating. It is recommended in such a case to review design and manufacturing process for this particular area.

### 8.2 Failed specimen observations

Each failed specimen should be examined to ensure that the failure is valid for statistical interpretation. This may require some specimen dissection in the area around the insulation puncture to identify the failure location and its probable cause.

## 9 Functional evaluation of the mainwall data

### 9.1 General

The evaluation of the test data should follow the guidelines set out below. Under the assumption of a Weibull distribution, the appropriate statistical analysis should be applied to calculate the significance of the candidate sample life with regard to that of the reference sample (see IEC 62539). In order to avoid introducing new ageing phenomena the maximum test voltage shall not exceed 4 times  $U_N$ .

The general rule is that the candidate insulation system is considered to be qualified if the 90 % confidence interval of the used probability distribution of the breakdown time falls above or within that obtained from the reference system (see IEC 60034-18-1).

If the reference line, given in Annex A, is used, an interpretation of results is mandatory. An example of evaluation and interpretation is given in IEC 60034-18-42.

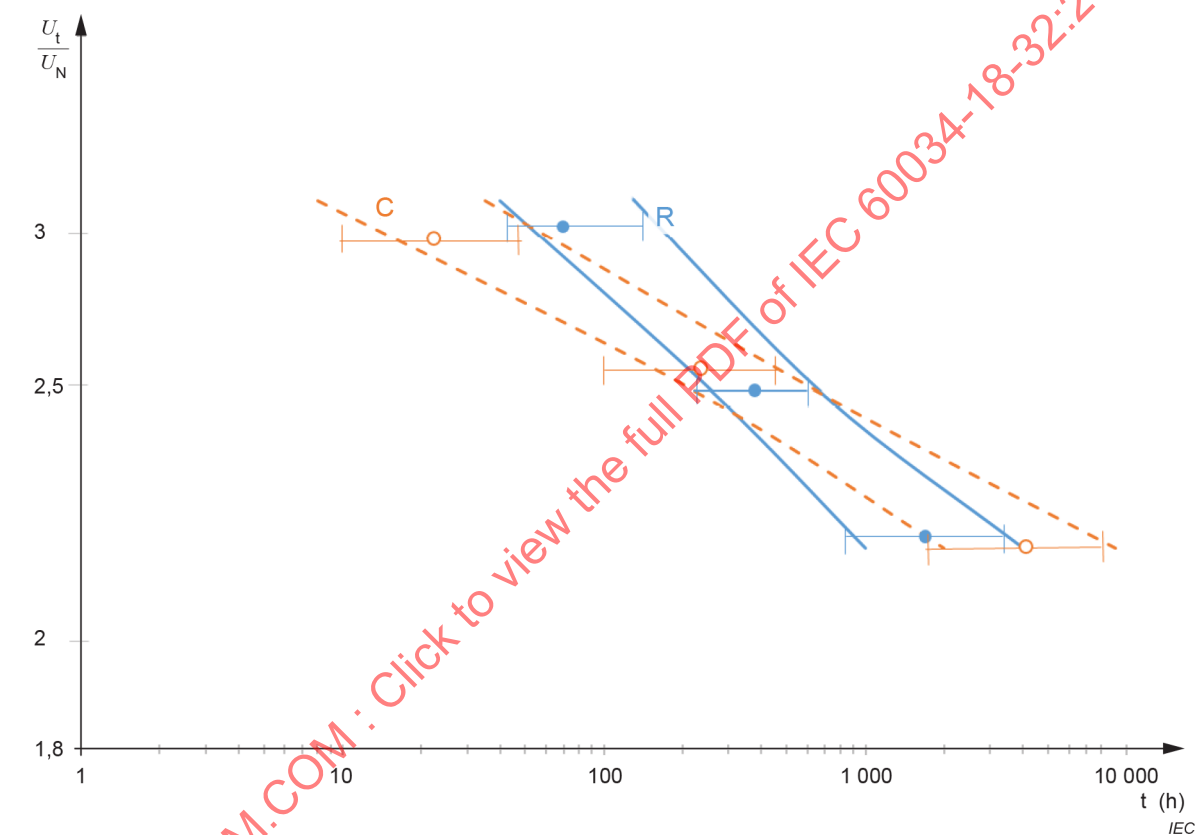
### 9.2 Full evaluation (same voltage level and same expected service life)

Electrical endurance graphs of the candidate and the reference system are plotted as a log-log representation of the time to failure ( $t$ ), as a function of the ratio of test voltage ( $U_t$ ) and rated voltage ( $U_N$ ), where  $U_N$  is the rated voltage of the reference system and the candidate system. The candidate system is qualified if:

- the upper 90 % confidence limit of the candidate system exceeds the upper 90 % confidence limit of the reference system over the range of reference system test voltages, or
- the lower 90 % confidence limit of the candidate system exceeds or is equal to the lower 90 % confidence limit of the reference system at the lowest test voltage and the regression line of the mean values of the candidate system has a more gentle slope than that of the reference system.

Ageing results for a candidate system which satisfies condition b) are shown in Figure 1. An example of a candidate system which fails to qualify in respect of either condition a) or b) is shown in Figure 2.

The slope of a modern insulation system for instance containing nano particles may change and case B (Table 1) shall be used for qualification.



#### Key

R ageing data from the reference insulation system (R) showing the 90 % confidence limits

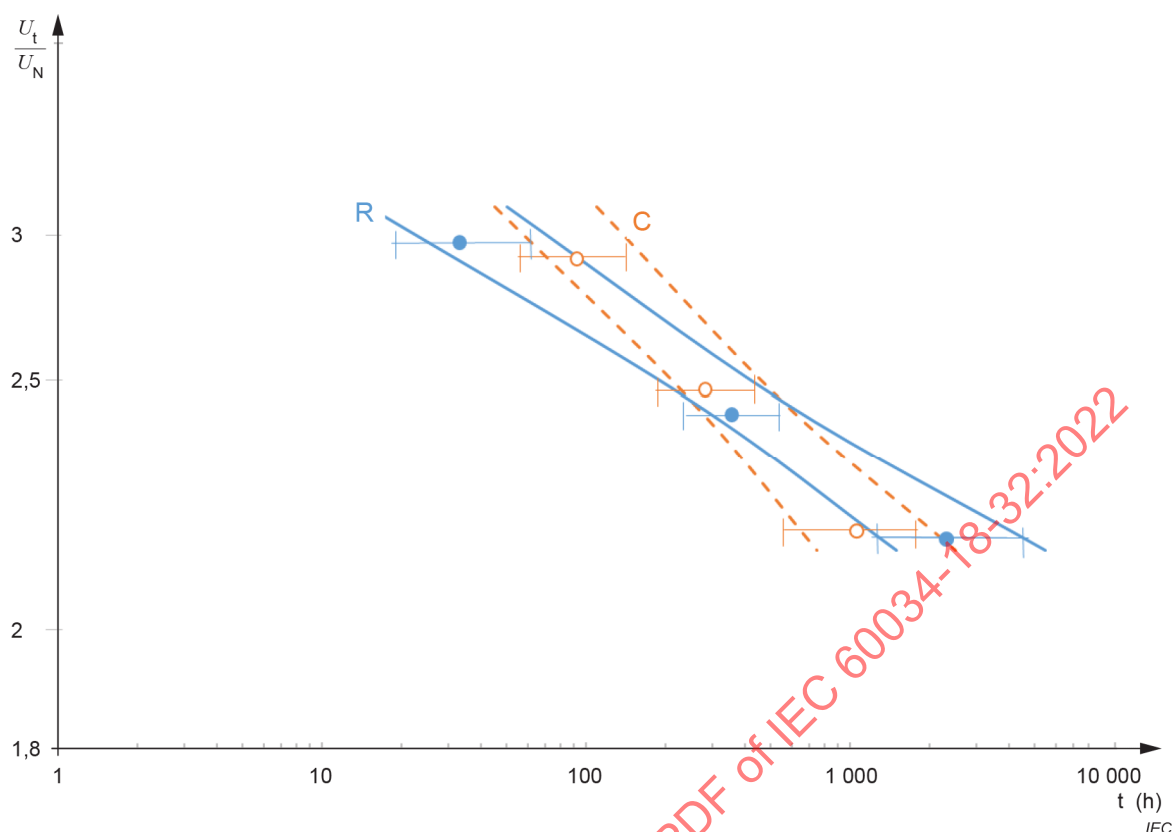
C ageing data from the candidate insulation system (C) showing the 90 % confidence limits

t time in hours

$U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

NOTE Abscissa and ordinate are logarithmic based scales.

**Figure 1 – Comparison of ageing data from candidate (C) and reference (R) insulation systems showing qualification**

**Key**

R ageing data from the reference insulation system (R) showing the 90 % confidence limits

C ageing data from the candidate insulation system (C) showing the 90 % confidence limits

t time in hours

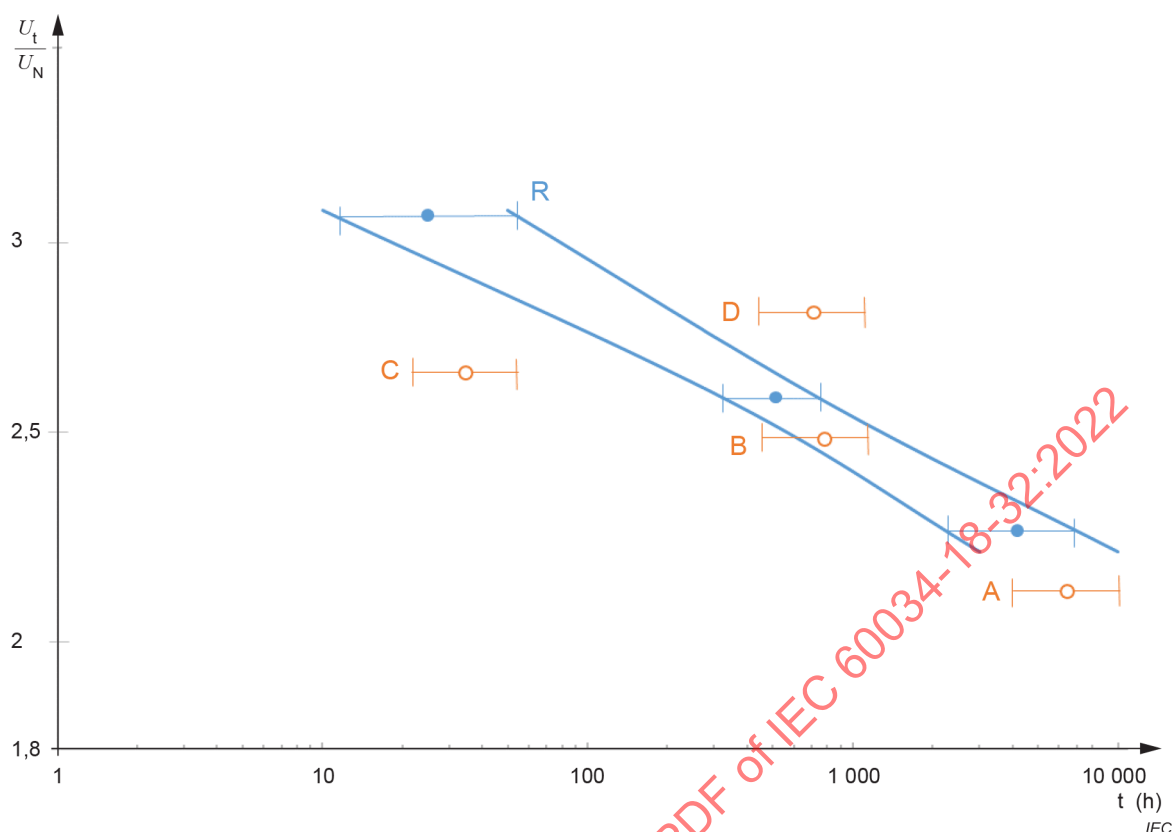
$U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

NOTE Abscissa and ordinate are logarithmic based scales.

**Figure 2 – Comparison of ageing data from candidate and reference insulation systems showing failure to qualify**

### 9.3 Reduced evaluation (same voltage level and same expected service life)

For reduced evaluation using a single voltage (see 4.5.2), the basis of analysis shall be as shown in Figure 3, where the 90 % tolerance of the 63 % quantile of the ageing results for the candidate system is compared with the 90 % confidence limits of the reference ageing line at the same quantile. If a partial overlap occurs within the voltage range of the ageing tests on the reference system, as shown by candidate system B, it is qualified. Qualification is not achieved in the case of candidate system A because the measurement is outside the voltage range used to produce the reference system ageing line. Nor is qualification achieved in the case of candidate system C since no overlap occurs. Candidate system D is qualified because the results exceed those of the reference system.



#### Key

- R ageing data from the reference insulation system showing the 90 % confidence limits
- A ageing results for candidate system A (not qualified)
- B ageing results for candidate system B (qualified)
- C ageing results for candidate system C (not qualified)
- D ageing results for candidate system D (qualified)
- t time in hours
- $U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

NOTE Abscissa and ordinate are logarithmic based scales.

**Figure 3 – Comparison of reduced evaluation test data from four separate candidate systems with that from the reference system**

#### 9.4 Recommended data to be recorded

The following items are suggested for inclusion in test records.

- Ambient temperature and humidity in the test area, if the specimens are tested at room temperature
- Applied voltage, expressed in equivalent r.m.s.
- Frequency of applied voltage in Hertz
- Total endurance time of each sample
- Results of any preliminary or intermediate diagnostic tests or measurements
- Observations of failure locations
- Observations on the nature of failure or of stress-grading damage
- Voltage endurance test temperature, i.e., the temperature of the thermocouples embedded in the heater plates

- Minimum and maximum test voltage and test temperature during the test

It will also be desirable to include other information, such as the nature of the samples, the nature of the electrodes and the nature of the stress-grading material.

## 9.5 Determining qualification for performances different to the reference system

### 9.5.1 Overview

The first step is to define the expected service life and rated voltage of the candidate system, then to compare the performance of reference and candidate systems with respect to the qualification criteria given in Table 1. Caution is recommended when qualifying a candidate system for a different voltage and/or service life, because of the assumptions implicit in the approach.

Before proceeding with the evaluation by comparison, it shall be established that the regression lines of the candidate and reference systems fit the data well (it is recommended that the correlation coefficient  $\geq 0,98$  according IEC 62539) and there is no indication of any change of ageing mechanism within the range of test voltage. If either of the regression lines is non-linear, refer to 9.5.5, where a simple test of linearity is described.

**Table 1 – Conditions for qualification of candidate system**

| Case | Performance relative to reference system |                       | Test voltage | Qualification criteria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|------------------------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | Voltage level                            | Expected service life |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| A    | Same                                     | Same                  | Same         | See 9.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| B    | Same                                     | Different             | Same         | Following the appropriate adjustments to the candidate system confidence limits (see description in the text for each case):<br><br>1. Confidence interval of candidate system shall overlap or exceed the confidence interval of the reference system.<br><br>2. The candidate system shows continually improving performance, i.e., the slope of its regression line is smaller than or equal to the slope of reference system regression line. |
| C    | Different                                | Same                  | Different    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D    | Different                                | Different             | Different    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

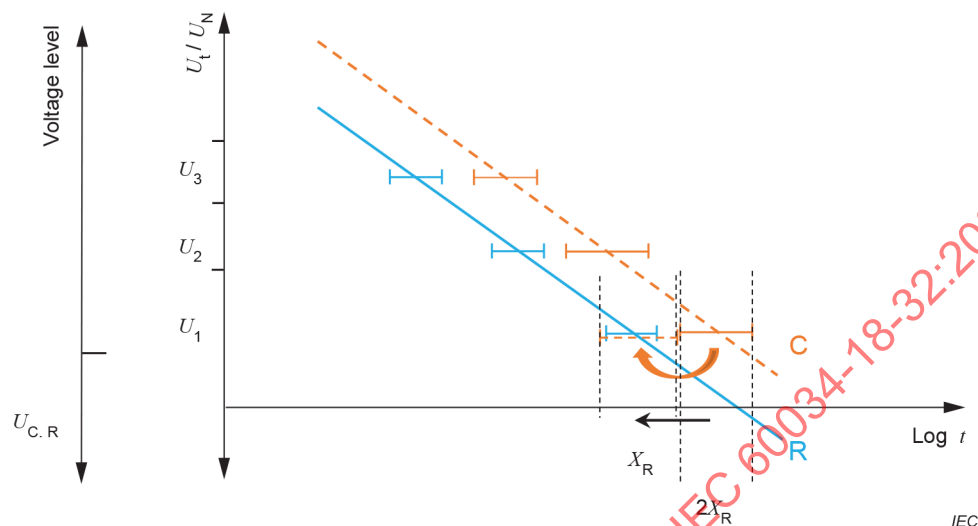
In comparing voltage level in relation to life time it is also possible to increase the field strength by either using thinner main insulation at same voltage or increase the voltage level by maintaining the same thickness. Care shall be taken with increased electrical field strength as also the corona system is subject to higher stresses.

### 9.5.2 Case B: Qualification for the same phase to phase voltage and a different expected service life

To qualify the candidate system for the same phase to phase voltage and a different expected service life (Table 1, Case B), the candidate system and reference system are tested using the same test voltage levels.

The candidate confidence limits at each voltage level are shifted on the horizontal axis by an amount equal to the agreed-upon change in service life, within the range  $X_R/20$  to  $20X_R$ , where  $X_R$  is the life of the reference system at each voltage level. The candidate system is qualified if its shifted confidence intervals is above the reference interval or if the confidence interval is overlapping than the slope of the candidate system shall be lower or equal to the reference system.

Figure 4 shows an example of a candidate system assessed for qualification for the same voltage level, and an expected service life double that of the reference system. When the full candidate system line is decreased by a factor of 2, the 90 % confidence limits overlap those of the reference. For simplicity, the shift on the horizontal axis is shown for only the confidence limits at a single voltage level,  $U_1$ .



#### Key

- R ageing data from the reference insulation system showing the 90 % confidence limits
- C ageing results for candidate system (qualified)
- $t$  time in hours
- $U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

**Figure 4 – Candidate system qualified for the same voltage level and different expected service life**

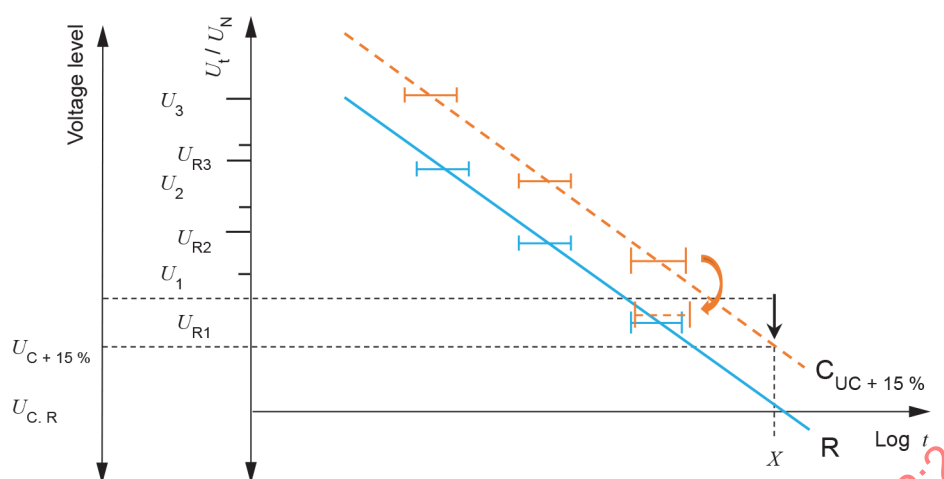
If the candidate system regression line crosses that of the reference system within the range of measurement, it is qualified for a higher service life at  $U_{C,R}$  only if it demonstrates improved performance compared to the reference system at  $U_{C,R}$  by the required life interval.

#### 9.5.3 Case C: Qualification for different voltage level and same expected service life

To qualify a candidate system for a different voltage level and the same expected service life (Table 1, Case C), the candidate system is tested using the voltage levels, which are appropriate to its intended voltage in operation.

The candidate confidence limits at each voltage level are shifted on the vertical axis by an amount equal to the agreed upon change in voltage level. The candidate system is qualified if its shifted confidence interval overlaps or exceeds that of the reference system or the candidate system shows continually improving performance, i.e., the slope of its regression line is lower or equal to the slope of reference system regression line.

Figure 5 shows an example of a candidate system assessed for qualification for the same expected service life at a 15 % higher voltage level, where the confidence interval for the candidate tested is shifted back to the voltage level of the reference. When the vertical axis shift is completed, the confidence intervals overlap or exceed those of the reference system, whereas  $U_{C,R}$  is the voltage level of the reference system and  $U_{C+15\%}$  is the intended voltage level of the candidate.



### Key

R ageing data from the reference insulation system showing the 90 % confidence limits

C ageing results for candidate system (qualified)

$t$  time in hours

$U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

**Figure 5 – Candidate system qualified for a higher voltage level and the same expected service life**

### 9.5.4 Case D: Qualification for different voltage level and different expected service life

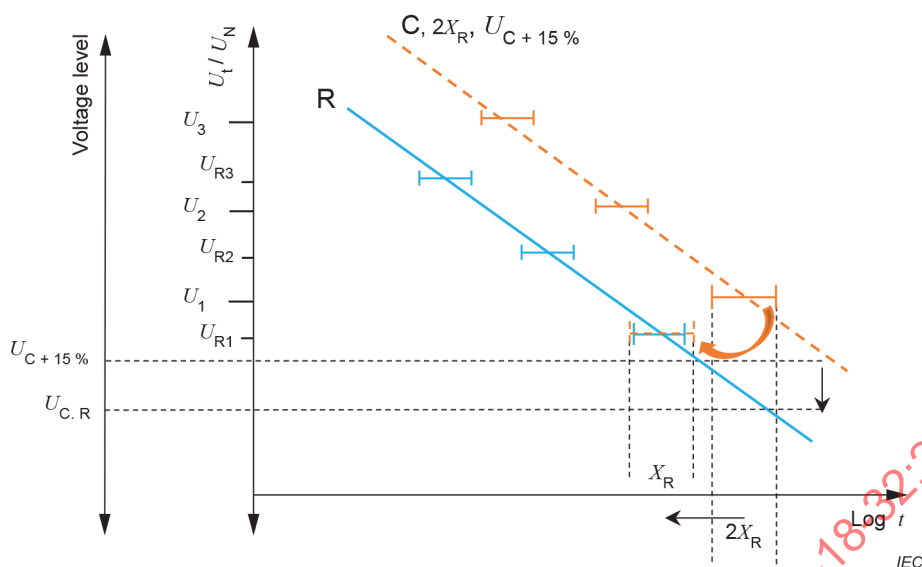
To qualify a candidate system for a different voltage level and a different expected service life (Table 1, Case D), the candidate system is tested using the voltage levels that are appropriate to its intended voltage in operation.

Qualification of the candidate system is determined by a shift of both the vertical and horizontal axes.

The candidate confidence limits at each voltage level are shifted on the horizontal axis by an amount equal to the agreed-upon change in service life, within the range  $X_R/20$  to  $20X_R$ , where  $X_R$  is the life of the reference system at each voltage level.

The candidate confidence limits at each voltage level are then shifted on the vertical axis by an amount equal to the agreed upon change in voltage operation level. The candidate system is qualified if its shifted confidence interval overlaps or exceeds that of the reference system or the candidate system shows continually improving performance, i.e., the slope of its regression line is lower than or equal to the slope of reference system regression line.

Figure 6 shows an example of a candidate system assessed for qualification for double the expected service life of the reference, at a voltage level 15 % higher the reference. For simplicity, the shift on the horizontal axis is shown for only the confidence limits at a single voltage level  $U_1$ . The same candidate system is also assessed for qualification at a 15 % higher voltage level, where the confidence interval for the candidate tested using the voltage levels is shifted back to the voltage level of the reference, where  $U_{C, R}$  is the voltage level of the reference system and  $U_{C+15\%}$  is the intended voltage level of the candidate.



#### Key

- R ageing data from the reference insulation system showing the 90 % confidence limits
- C ageing results for candidate system (qualified)
- $t$  time in hours
- $U_t/U_N$  ratio of test voltage to rated voltage

**Figure 6 – Candidate system qualified for a different service life and different voltage level from the reference**

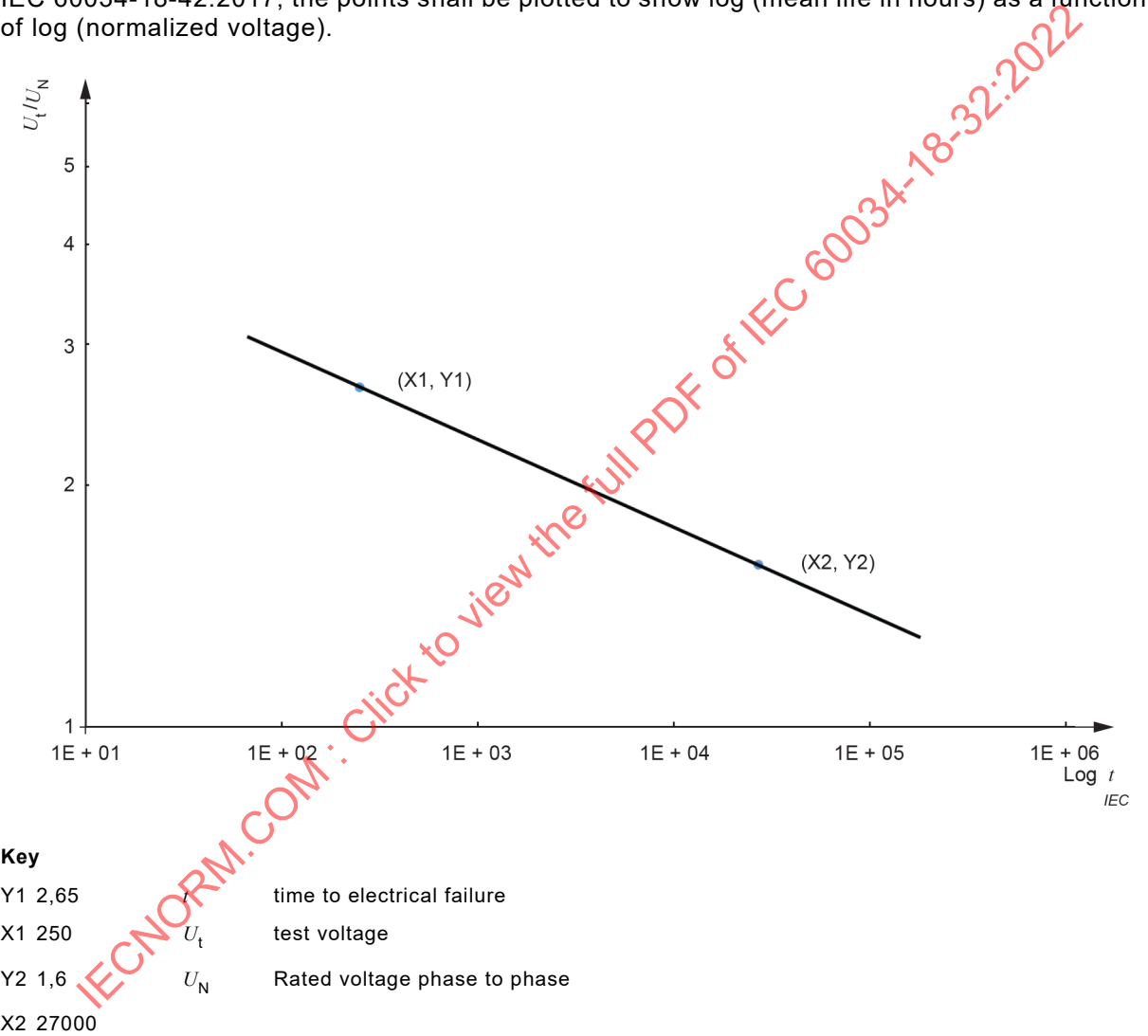
#### 9.5.5 Non-linearity of regression lines

The candidate and reference systems may respond differently to the combination of ageing factors, resulting in curved regression lines. A slight bend in the graph indicates that more than one process or failure mechanism influences electrical ageing. If a straight line cannot be drawn within the tolerance bars of all the points, the data suggest that there is a significant change in the principal ageing mechanism within the range of test voltage levels. Confirmation of the curve by obtaining an additional test point at a lower or intermediate test voltage is recommended.

**Annex A**  
(normative)

**Reference life line for mainwall insulation in the  
absence of a manufacturer’s reference life line**

Where a reference life line for mainwall insulation is not available for comparison purposes, the qualification procedure shall be for the manufacturer to generate a candidate endurance life line for the intended mainwall insulation system using sinewave voltages. At least six specimens shall be tested at each of 3 voltages. After correction to 50 Hz or 60 Hz using formula (3) of IEC 60034-18-42:2017, the points shall be plotted to show log (mean life in hours) as a function of log (normalized voltage).



**Figure A.1 – Reference lifeline for mainwall insulation**

Comparison of the measured lifetimes shall be against the reference lifeline shown in Figure A.1. This lifeline, which is based on electrical ageing being the main ageing factor, is consistent with those measured at 50 Hz or 60 Hz from mica/epoxy resin systems that have been shown to give reliable lives in service. Due to older data from various manufactures, only two life time values for Figure A.1 are available.

NOTE Applying case B or D in using the reference line in Annex A may not be valid, because the line is based on long life times (normally 30 to 40 years) and electrical ageing is the main ageing factor.

## **Annex B** (informative)

### **B.1 Electrical ageing of the conductive slot coating**

Ageing of conductive slot coating can be described as a successive degradation of the conductive material caused by partial discharges. The conductive slot coating system shows a notable dependency not only of the electrical field strength, but also of the applied temperature in operation and absolute voltage level. It is therefore associated as multifactor ageing. Additionally, larger voltage variations at the terminals as well as ambient stresses like ozone may additionally affect the conductive slot coating, but these additional ageing factors are not part of the qualification.

This document describes electrical ageing under elevated temperature of the conductive slot coating carried out at power frequency.

### **B.2 Electrical ageing of the stress control coating**

Ageing of the stress control coating can be described as deterioration by either too excessive surface electrical stress, too high temperatures or a combination of both. Furthermore, ageing of the stress control coating is also deteriorated by inadequate contact between stress control coating and conductive slot coating.

### **B.3 Test objects**

For qualification of the stress control system also a minimum of six bars or three coils should be used.

Test objects should preferably be complete bars or coils made to normal design, material and manufacturing procedures. Alternatively, they may be constructed to represent the configuration of the finished winding component to be evaluated and be subjected to the full normal or intended manufacturing processes. When using separate coils or bars as models, creepage distances and any necessary voltage grading are to be appropriate to the stresses applied during testing.

A ground electrode should cover at least the two wide sides of the coil cross-section. The electrode should be sectioned or shorter than full slot length for conductive slot coating samples to monitor possible deterioration.

### **B.4 Evaluation of the stress control system**

The evaluation of the conductive slot coating and stress control coating is not a comparison between candidate and reference system. The intention of this evaluation is to stress the conductive slot coating and the stress control coating at a certain electrical field and voltage in combination with design operating temperature until a defined time has elapsed along with certain pass criteria.

## B.5 Ageing procedure for the conductive slot and stress control coating

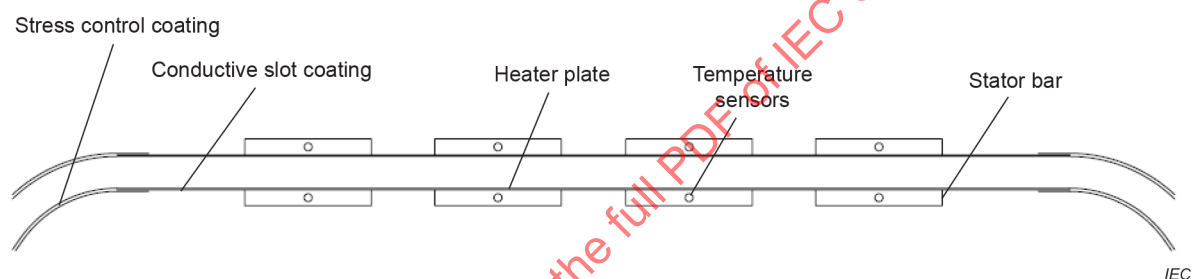
### B.5.1 General

This ageing of the conductive slot coating and the stress control coating includes the simultaneous application of electrical and thermal stresses.

The electrical stress is applied between the stator core or the mock up / slot electrode on the surface of the test specimen and the conductors. The thermal stress is applied either by using an oven or by heater plates. The test temperature in both cases are controlled to within  $\pm 2$  °C. No repair methods for the stress control material is allowed if the stress control system is being tested.

### B.5.2 Arrangement of temperature control by heater plates

The heater plates are clamped to the slot-section sides of the specimens. It is recommended that the plates be at least 10 mm thick and preferable made of aluminium to achieve good thermal contact along the length of the plates and to enable temperature measurements. These plates also provide the ground connection to the specimen. Heating is provided by attaching heating coils controlled by a thermostat to the outside surface of each pair of plates.



**Figure B.1 – Application of heater elements to a stator bar**

The metal heater plates should be uniformly distributed over the surface of the slot part of the bar or coil with no more than 10 cm between adjacent plates until the end of the straight part of the bar or coil.

The heater plate sections may be attached to the test specimen by suitable threaded rods across each pair of heater plates, on which the nuts are tightened. Care should be taken to ensure good contact between the heater plates and the bar or coil. Temperature sensors for controlling and monitoring the specimen temperature shall be placed in holes centrally located at the edges of the heater plates as shown in Figure B.1. Temperature sensors may be for instance thermocouples or RTDs.

### B.5.3 Heating by means of an oven

Thermal ageing may also be carried out by placing the test objects in an accurately controlled and monitored oven with forced circulation as described in IEC 60216-4-1. Care has to be taken for the simultaneously application of high voltage for the combined test procedure that enough distance between the electrodes and conductor parts at high voltage and the inner oven surface ensures a safe qualification.

### B.5.4 Test parameter

In order to prevent too excessive ageing by applying too high simultaneous stresses to the test objects Table B.1 provides recommended voltage and temperature parameters.

**Table B.1 – Phase to ground test voltages and test temperatures**

| Thermal class °C | Test temperature | Enhancement ratio for the phase to ground test voltage<br>$U_N/\sqrt{3}$ |
|------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 130              | 115              | 2,5                                                                      |
| 155              | 140              | 2,2                                                                      |
| 180              | 165              | 1,9                                                                      |

NOTE If the limit of temperature stated on the rating plate is lower than the thermal class then this limited temperature is the base for defining the test temperature.

Test temperature represents the average temperature at the surface of the stress control system in service. For electrical machines operating in thermal class 130 °C to 180 °C the surface temperature in service is usually at least between 10 K to 20 K less. This is dependent on the type of cooling, end winding and stator core design as well as insulation design.

The acceleration of the stress control system ageing at higher temperatures depends on the absolute test temperature – higher temperatures lead to faster electrical ageing by overvoltage. Therefore, for the same acceleration of the slot and stress control coating, for higher temperatures lower overvoltage / enhancement factors can be used.

If the thermal class or limit of temperature stated at the rating plate is lower than 130 °C, the enhancement ratio as well as the test temperature shall be taken from the numbers given for 130 °C. From experience, it is known that operation and test temperatures below 130 °C have a low contribution in ageing compared to the ageing factor voltage at service condition.

## **B.6 Qualification of the stress control system**

### **B.6.1 General**

The aim of qualification testing of the stress control system is to provide assurance that it will operate satisfactorily for the required service life. A satisfactory performance in service is one in which partial discharges between stator core and coil/bar and at the surface of the stress control coating is avoided.

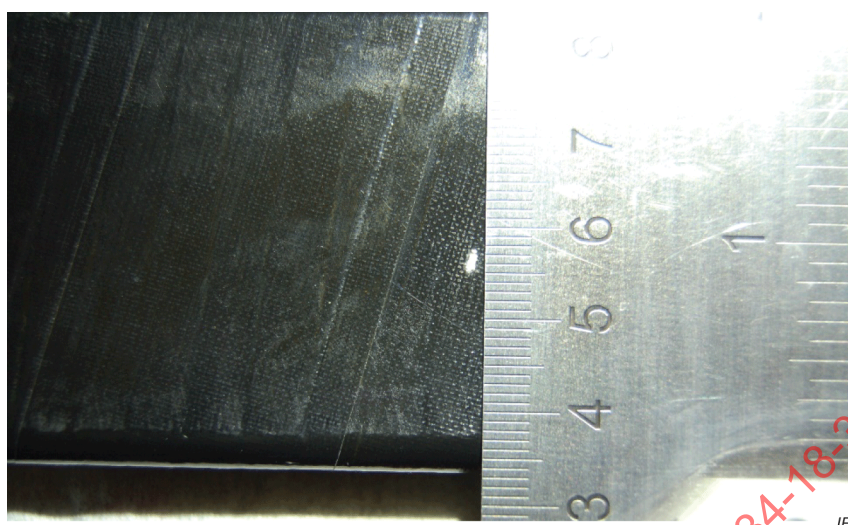
### **B.6.2 Test procedure**

The specimen is subject to a simultaneous test procedure using electrical stress at elevated temperature according to B.5.4 for 1 000 h with sinusoidal voltage, power frequency in operation at the related test temperature (Table B.1).

### **B.6.3 Test pass criteria**

No more than two deterioration marks considered as defect per bar or coil leg are allowed on the outer surface after testing. Deterioration marks are seen as defect, if the diameter is larger than 1 mm but smaller than 5 mm (Figure B.2). Marks below 1 mm are not interpreted as a defect, marks above 5 mm diameter do show a major design defect and are hence not allowed.

However, if one deterioration mark with a diameter of less than 5 mm is present on every bar or coil leg at the same position, the reason for this phenomenon shall be determined and qualification shall be repeated.

**B.7 Examples of deterioration marks at the stress control system**

**Figure B.2 – Typical deterioration mark at the conductive slot coating**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-32:2022

## SOMMAIRE

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                             | 28 |
| INTRODUCTION .....                                                                             | 30 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                  | 31 |
| 2 Références normatives .....                                                                  | 31 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                  | 32 |
| 4 Considérations générales .....                                                               | 33 |
| 4.1 Relation avec l'IEC 60034-18-1 .....                                                       | 33 |
| 4.2 Sélection et désignation des procédures d'essai .....                                      | 33 |
| 4.3 Système d'isolation de référence .....                                                     | 33 |
| 4.4 Procédures d'essai .....                                                                   | 33 |
| 4.4.1 Généralités .....                                                                        | 33 |
| 4.4.2 Vieillissement électrique de l'isolation principale .....                                | 34 |
| 4.4.3 Vieillissement électrique du système de contrôle de contrainte .....                     | 34 |
| 4.4.4 Vieillissement électrique de l'isolation des spires .....                                | 34 |
| 4.5 Etendue des essais .....                                                                   | 34 |
| 4.5.1 Evaluation complète de l'isolation principale .....                                      | 34 |
| 4.5.2 Evaluation réduite de l'isolation principale .....                                       | 34 |
| 4.5.3 Evaluation du système de contrôle de contrainte .....                                    | 35 |
| 5 Epreuves .....                                                                               | 35 |
| 5.1 Construction des éprouvettes .....                                                         | 35 |
| 5.2 Nombre d'échantillons .....                                                                | 35 |
| 5.3 Essais préliminaires de contrôle qualité .....                                             | 35 |
| 6 Vieillissement électrique .....                                                              | 36 |
| 6.1 Généralités .....                                                                          | 36 |
| 6.2 Niveaux de tension et durées prévues pour les essais de l'isolation principale .....       | 36 |
| 6.3 Températures d'essai durant l'essai d'endurance électrique de l'isolation principale ..... | 36 |
| 6.3.1 Vieillissement électrique à température ambiante .....                                   | 36 |
| 6.3.2 Vieillissement électrique à température élevée .....                                     | 36 |
| 6.3.3 Procédure de vieillissement pour l'isolation principale .....                            | 36 |
| 6.4 Maintenance des revêtements de contrôle de contrainte .....                                | 37 |
| 7 Sous-cycle de diagnostic .....                                                               | 37 |
| 7.1 Généralités .....                                                                          | 37 |
| 7.2 Essai de tension de l'isolation principale .....                                           | 37 |
| 7.3 Autres essais de diagnostic .....                                                          | 37 |
| 8 Défaillances de l'isolation principale .....                                                 | 37 |
| 8.1 Emplacement et vérification des défaillances .....                                         | 37 |
| 8.2 Observation des échantillons présentant une défaillance .....                              | 38 |
| 9 Evaluation fonctionnelle de l'isolation principale .....                                     | 38 |
| 9.1 Généralités .....                                                                          | 38 |
| 9.2 Evaluation complète (niveau de tension identique et durée de vie prévue identique) .....   | 38 |
| 9.3 Evaluation réduite (niveau de tension identique et durée de vie prévue identique) .....    | 40 |
| 9.4 Données qu'il est recommandé d'enregistrer .....                                           | 41 |

|                                                                                                                                                               |                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.5                                                                                                                                                           | Détermination de la qualification pour des performances différentes par rapport au système de référence.....            | 42 |
| 9.5.1                                                                                                                                                         | Vue d'ensemble .....                                                                                                    | 42 |
| 9.5.2                                                                                                                                                         | Cas B: Qualification pour une tension entre phases identique et une durée de vie prévue différente .....                | 42 |
| 9.5.3                                                                                                                                                         | Cas C: Qualification pour un niveau de tension différent et une durée de vie prévue identique .....                     | 43 |
| 9.5.4                                                                                                                                                         | Cas D: Qualification pour un niveau de tension différent et une durée de vie prévue différente .....                    | 44 |
| 9.5.5                                                                                                                                                         | Non-linéarité des droites de régression.....                                                                            | 45 |
| Annexe A (normative) Courbe de durée de vie de référence pour l'isolation principale en l'absence d'une courbe de durée de vie de référence du fabricant..... |                                                                                                                         | 46 |
| Annexe B (informative) .....                                                                                                                                  |                                                                                                                         | 47 |
| B.1                                                                                                                                                           | Vieillessement électrique du revêtement conducteur de l'encoche.....                                                    | 47 |
| B.2                                                                                                                                                           | Vieillessement électrique du revêtement de contrôle de contrainte.....                                                  | 47 |
| B.3                                                                                                                                                           | Epreuves .....                                                                                                          | 47 |
| B.4                                                                                                                                                           | Evaluation du système de contrôle de contrainte .....                                                                   | 47 |
| B.5                                                                                                                                                           | Procédure de vieillissement pour le revêtement conducteur de l'encoche et le revêtement de contrôle de contrainte ..... | 48 |
| B.5.1                                                                                                                                                         | Généralités .....                                                                                                       | 48 |
| B.5.2                                                                                                                                                         | Dispositif de régulation de la température par plaques chauffantes.....                                                 | 48 |
| B.5.3                                                                                                                                                         | Echauffement au moyen d'une étuve .....                                                                                 | 48 |
| B.5.4                                                                                                                                                         | Paramètre d'essai.....                                                                                                  | 49 |
| B.6                                                                                                                                                           | Qualification du système de contrôle de contrainte .....                                                                | 49 |
| B.6.1                                                                                                                                                         | Généralités .....                                                                                                       | 49 |
| B.6.2                                                                                                                                                         | Procédure d'essai .....                                                                                                 | 49 |
| B.6.3                                                                                                                                                         | Critères de réussite de l'essai.....                                                                                    | 50 |
| B.7                                                                                                                                                           | Exemples de marques de détérioration sur le système de contrôle de contrainte.....                                      | 50 |
| Figure 1 – Comparaison des données de vieillissement des systèmes d'isolation candidat (C) et de référence (R) qui montre la qualification.....               |                                                                                                                         | 39 |
| Figure 2 – Comparaison des données de vieillissement des systèmes d'isolation candidat et de référence qui montre l'échec de la qualification.....            |                                                                                                                         | 40 |
| Figure 3 – Comparaison des données d'essai d'évaluation réduite de quatre systèmes candidats distincts avec celles du système de référence.....               |                                                                                                                         | 41 |
| Figure 4 – Système candidat qualifié pour un niveau de tension identique et une durée de vie prévue différente .....                                          |                                                                                                                         | 43 |
| Figure 5 – Système candidat qualifié pour un niveau de tension supérieur et une durée de vie prévue identique .....                                           |                                                                                                                         | 44 |
| Figure 6 – Système candidat qualifié pour une durée de vie différente et un niveau de tension différent par rapport au système de référence.....              |                                                                                                                         | 45 |
| Figure A.1 – Courbe de durée de vie de référence pour l'isolation principale .....                                                                            |                                                                                                                         | 46 |
| Figure B.1 – Application d'éléments chauffants à une barre de stator .....                                                                                    |                                                                                                                         | 48 |
| Figure B.2 – Marque de détérioration type sur le revêtement conducteur de l'encoche.....                                                                      |                                                                                                                         | 50 |
| Tableau 1 – Conditions de qualification du système candidat.....                                                                                              |                                                                                                                         | 42 |
| Tableau B.1 – Tensions d'essai entre phase et terre et températures d'essai.....                                                                              |                                                                                                                         | 49 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 18-32: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation (Type II) –  
Procédures de qualification de l'endurance électrique  
pour enroulements préformés**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60034-18-32 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première 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) modification du titre;
- b) simplification des articles;

- c) diminution du nombre de procédures d'essai;
- d) inclusion de barres et bobines complètes comme éprouvettes;
- e) ajout d'un article qui traite des défaillances et des critères de défaillance.

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

| Projet      | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 2/2068/FDIS | 2/2075/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.

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 présent 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](http://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](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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

## INTRODUCTION

L'IEC 60034-18-1 présente les principes directeurs généraux pour l'évaluation des systèmes d'isolation utilisés dans les machines électriques tournantes.

Le présent document traite uniquement des systèmes d'isolation pour les enroulements préformés (Type II) et porte sur l'évaluation fonctionnelle électrique.

L'IEC 60034-18-42 décrit des essais pour la qualification des systèmes d'isolation de Type II en fonctionnement sur convertisseur de source de tension. Ces systèmes d'isolation sont généralement utilisés dans les machines tournantes avec des enroulements préformés, la plupart avec une tension efficace assignée supérieure à 700 V. Les deux normes IEC 60034-18-41 et IEC 60034-18-42 distinguent les systèmes pour lesquels une activité de décharge partielle n'est pas attendue dans des conditions spécifiées au cours de leur durée de vie en service (Type I) de ceux prévus pour être soumis et résister à une activité de décharge partielle dans toute partie du système d'isolation tout au long de leur durée de vie en service (Type II).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-32:2022

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 18-32: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation (Type II) – Procédures de qualification de l'endurance électrique pour enroulements préformés

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034-18 décrit les procédures de qualification pour l'évaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation utilisés dans les machines électriques tournantes à enroulements préformés sous tension sinusoïdale à la fréquence d'alimentation. Les procédures d'essai pour l'isolation principale sont comparatives, puisque les performances d'un système d'isolation candidat sont comparées à celles d'un système d'isolation de référence dont l'expérience en service a été démontrée. Si aucun système de référence n'est disponible, l'Annexe A décrit un diagramme utilisable. Les procédures de qualification d'un système d'isolation d'onduleur pour enroulements préformés peuvent être consultées dans l'IEC 60034-18-42 ou l'IEC 60034-18-41. Une nouvelle procédure d'essai informative pour systèmes de contrôle de contrainte est introduite et définie à l'Annexe B.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 60034-15:2009, *Machines électriques tournantes – Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator préformées des machines tournantes à courant alternatif*

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

IEC TS 60034-18-33:2010, *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 en anglais seulement)

IEC 60034-18-41, *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 60034-18-42:2017, *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 60034-18-42:2017/AMD1:2020

IEC 60034-27-1, *Machines électriques tournantes – Partie 27-1: Mesurages à l'arrêt des décharges partielles effectués sur le système d'isolation des enroulements*

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 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais seulement)

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

##### **isolation principale**

isolation électrique principale qui sépare les conducteurs du noyau de rotor/stator relié à la terre dans des enroulements de moteurs et de générateurs

#### 3.2

##### **isolation des brins**

isolation électrique qui recouvre chaque conducteur des bobines/barres

#### 3.3

##### **isolation des spires**

isolation électrique qui sépare les unes des autres les spires de conducteur des bobines/barres

#### 3.4

##### **revêtement conducteur de l'encoche**

couche conductrice de peinture ou de ruban en contact étroit avec l'isolation principale dans la partie d'encoche du côté des bobines, souvent appelée revêtement semiconducteur

Note 1 à l'article: L'objectif est d'empêcher les décharges partielles entre la bobine/barre et le cœur du stator.

#### 3.5

##### **revêtement de contrôle de contrainte**

peinture ou ruban sur la surface de l'isolation principale qui s'étend au-delà du revêtement conducteur de l'encoche dans les barres et bobines de stator à haute tension

Note 1 à l'article: Le revêtement a pour objet d'empêcher les décharges de surface à proximité de la sortie d'encoche dans la zone des développantes.

#### 3.6

##### **système de contrôle de contrainte**

nom générique de la combinaison du revêtement conducteur de l'encoche et du revêtement de contrôle de contrainte dans les barres et bobines de stator à haute tension

#### 3.7

##### **intervalle de confiance**

plage de valeurs définie de telle sorte qu'il existe une probabilité spécifiée que la valeur d'un paramètre (tension, contrainte ou durée) se situe dans celle-ci

### 3.8

#### **température d'essai**

température de la surface extérieure de la barre/bobine sur la partie droite de la barre/bobine mesurée à l'aide d'un capteur dûment choisi et placé

## **4 Considérations générales**

### **4.1 Relation avec l'IEC 60034-18-1**

Il convient de suivre les principes de l'IEC 60034-18-1, sauf indication contraire dans les recommandations du présent document.

### **4.2 Sélection et désignation des procédures d'essai**

Il convient qu'une ou plusieurs des procédures du présent document soient adaptées à la majorité des évaluations. L'évaluation est habituellement effectuée par le fabricant de la machine/des bobines ou par un laboratoire tiers. La justification de la procédure la plus adaptée est de la responsabilité du fabricant, en s'appuyant sur l'expérience antérieure et sur sa connaissance des systèmes d'isolation à comparer.

Les procédures d'essai suivantes sont décrites:

- isolation principale;
- isolation des spires avec essai de l'isolation principale uniquement;
- revêtement conducteur de l'encoche (Annexe B);
- revêtement de contrôle de contrainte (Annexe B);
- isolation principale, lorsque le niveau de tension et/ou la durée de vie diffèrent par rapport au système de référence.

### **4.3 Système d'isolation de référence**

Il convient de soumettre à l'essai un système d'isolation de référence en utilisant une procédure d'essai équivalente à celle utilisée pour le système candidat (voir l'IEC 60034-18-1). Il convient que le système d'isolation de référence ait une performance en service supérieure ou égale à 75 % de la tension assignée maximale prévue du système candidat. Lorsqu'une extrapolation de l'épaisseur d'isolation est utilisée, il convient de fournir des informations comme "épaisseur d'isolation différente à des niveaux de contrainte de champ électrique identiques en obtenant une durée jusqu'à la rupture égale ou similaire", qui indiquent la corrélation entre la durée de vie électrique et la contrainte électrique pour les différentes épaisseurs d'isolation. Si aucun système d'isolation de référence n'est disponible, le diagramme de l'Annexe A doit être utilisé comme critère.

### **4.4 Procédures d'essai**

#### **4.4.1 Généralités**

Les essais de vieillissement électrique sont habituellement réalisés à des niveaux de tension fixes jusqu'à ce qu'une défaillance se produise (isolation principale) ou en combinaison avec une température élevée jusqu'à ce que des signes de détérioration apparaissent (système de revêtement conducteur de l'encoche). Il convient d'effectuer une évaluation statistique des résultats de l'essai conformément à l'IEC 62539.

#### 4.4.2 Vieillissement électrique de l'isolation principale

A partir de ces essais, des durées caractéristiques jusqu'à défaillance à chaque niveau de tension sont obtenues. Il convient de reporter sur une courbe les résultats à la fois du système candidat et du système de référence, comme cela est indiqué par l'exemple de la Figure 1, puis de les comparer. Il n'existe pas de preuve physique de l'extrapolation de cette caractéristique jusqu'au niveau de tension de service  $U_N/\sqrt{3}$ , où  $U_N$  est la tension efficace assignée entre phases.

Durant le service, le vieillissement électrique de l'isolation principale est principalement dû à une contrainte électrique continue à la fréquence d'alimentation. De plus, il est exigé que l'isolation supporte la surtension transitoire qui provient des surtensions de commutation ou de l'alimentation par onduleur. L'aptitude de l'isolation principale à supporter une surtension transitoire qui provient des alimentations par convertisseur peut être démontrée par les performances du système en utilisant l'IEC 60034-18-42.

Le présent document décrit le vieillissement électrique de l'isolation principale, effectué à la fréquence d'alimentation ou à une fréquence plus élevée. Afin de maintenir l'accélération du vieillissement en progression linéaire, un maximum de 10 fois la fréquence d'alimentation est approprié. Les dernières expériences avec l'application de l'IEC 60034-18-42 démontrent qu'une fréquence inférieure ou égale à 1 000 Hz peut également être utilisée. Des précautions doivent être prises pour que les pertes diélectriques n'augmentent pas la température de l'isolation au-delà de la température en service afin d'éviter des effets de vieillissement thermique supplémentaires (IEC TS 60034-18-33:2010, Tableau 1)

#### 4.4.3 Vieillissement électrique du système de contrôle de contrainte

Afin de permettre la qualification complète de l'intégralité du système d'isolation, l'Annexe B décrit les méthodes de qualification du revêtement conducteur de l'encoche et du revêtement de contrôle de contrainte.

#### 4.4.4 Vieillissement électrique de l'isolation des spires

En fonctionnement normal avec un démarrage direct sur réseau des machines tournantes, l'isolation des spires est soumise à une contrainte significativement inférieure au seuil d'apparition des décharges partielles. Le vieillissement électrique continu n'a donc pas lieu et la qualification de l'isolation des spires est donc exclue du présent document. Il convient de soumettre à l'essai la résistance aux surtensions transitoires conformément à l'IEC 60034-15.

Dans le cas d'une alimentation par convertisseur ou d'autres types de fonctionnements spéciaux, l'isolation des spires peut être continuellement soumise à une contrainte supérieure au seuil d'apparition des décharges partielles. Il convient alors de procéder au vieillissement électrique conformément à l'IEC 60034-18-42.

### 4.5 Étendue des essais

#### 4.5.1 Évaluation complète de l'isolation principale

L'étendue des essais fonctionnels électriques dépend de l'objectif de l'évaluation. Une évaluation complète est nécessaire lorsqu'il existe des différences substantielles par rapport au système de référence selon l'IEC 60034-18-1.

#### 4.5.2 Évaluation réduite de l'isolation principale

Dans certains cas, il suffit d'effectuer une évaluation réduite en utilisant le nombre minimal d'échantillons et le niveau de tension médian utilisé dans les essais de référence.

La comparaison d'un système d'isolation candidat à un système de référence où il n'y a pas de différence prévue ou seulement des différences mineures de composition ou de procédures de fabrication (appelées modifications mineures, voir l'IEC 60034-18-1) peut être effectuée en utilisant un seul niveau de tension, mais avec le nombre minimal recommandé d'échantillons (voir 5.2). Une évaluation réduite n'est admise que si les tensions assignées sont les mêmes pour les deux systèmes.

#### **4.5.3 Evaluation du système de contrôle de contrainte**

L'Annexe B définit les essais et les critères pour évaluer le revêtement conducteur de l'encoche et le revêtement de contrôle de contrainte.

## **5 Epreuves**

### **5.1 Construction des épreuves**

Il convient que les épreuves soient de préférence des barres ou des bobines complètes réalisées avec les procédures de fabrication, la conception et les matériaux normaux. Sinon, elles peuvent être réalisées de manière à représenter la configuration du composant d'enroulement fini à évaluer et à soumettre aux processus de fabrication complets normaux ou prévus. Lorsque des bobines ou des barres séparées sont utilisées comme modèles, les lignes de fuite et tous les niveaux de tension nécessaires doivent être appropriés aux contraintes appliquées durant l'essai. Il convient qu'une électrode de terre s'étende sur toute la longueur de l'encoche du modèle et couvre au moins les deux côtés larges de la section transversale d'une bobine.

Les modèles d'encoche pour systèmes GVPI doivent être composés de plaques d'acier rigides, sans autre composant inséré que ceux du système réel présent et d'une longueur égale à celle du plus long stator réel.

Il convient que les barres d'essai soient conçues de manière à ne pas générer de contournement entre l'extrémité du revêtement de contrôle de contrainte et l'extrémité du conducteur de la barre d'essai. Afin de réduire une contrainte électrique excessive sur la surface des barres/bobines d'essai en appliquant une tension élevée et/ou fréquence élevée, un traitement spécial, par exemple l'extension de la longueur du revêtement de contrôle de contrainte, peut être appliqué pour évaluer l'isolation principale. Voir également l'Article B.5.

### **5.2 Nombre d'échantillons**

Un nombre adéquat d'échantillons doit faire l'objet d'un vieillissement à chaque niveau de tension d'essai pour obtenir une confiance statistique convenable. Il convient que ce nombre ne soit pas inférieur à six barres ou trois bobines pour la qualification de l'isolation principale, pour chaque niveau de tension d'essai.

### **5.3 Essais préliminaires de contrôle qualité**

Les essais de contrôle qualité suivants doivent être effectués:

- examen visuel des échantillons;
- essais à haute tension selon l'IEC 60034-1;
- essai de facteur de dissipation et essai de décharges partielles selon l'IEC 60034-27-3 et l'IEC 60034-27-1, respectivement.

## 6 Vieillissement électrique

### 6.1 Généralités

La conception d'une méthode d'essai unique simulant toutes les interactions entre les différents composants d'isolation n'est pas réalisable. Par exemple, pour obtenir une courbe de durée de vie du système d'isolation principale en appliquant une surtension, le revêtement conducteur de l'encoche est soumis à une contrainte excessive. La qualification a donc été divisée en procédures d'essai distinctes. L'objectif principal est d'établir la courbe de durée de vie de l'isolation principale à partir de laquelle les durées de vie prévues peuvent être estimées. L'objectif secondaire est d'établir que le revêtement conducteur de l'encoche et le revêtement de contrôle de contrainte sont adaptés au service.

### 6.2 Niveaux de tension et durées prévues pour les essais de l'isolation principale

Pour l'évaluation complète décrite en 4.5.1, il convient de choisir au moins trois tensions à la fréquence d'alimentation, de façon que la durée moyenne de fonctionnement prévue avant défaillance soit d'environ 100 h à la tension la plus élevée et d'environ 5 000 h à la tension la plus basse. Pour une évaluation réduite lorsqu'un seul niveau de tension est exigé (voir 4.5.2), il convient de choisir celui-ci de façon que la durée moyenne de fonctionnement prévue avant défaillance soit d'environ 1 000 h. Il convient de maintenir à  $\pm 3\%$  la tension alternative appliquée aux éprouvettes.

### 6.3 Températures d'essai durant l'essai d'endurance électrique de l'isolation principale

#### 6.3.1 Vieillissement électrique à température ambiante

Le vieillissement électrique est effectué de préférence dans l'air à la température ambiante à des tensions et/ou fréquences supérieures à celles des conditions de fonctionnement stable, afin d'accélérer les effets de la contrainte électrique.

#### 6.3.2 Vieillissement électrique à température élevée

Si l'essai d'endurance doit être effectué à des températures élevées, l'échauffement par plaques chauffantes externes ou en étuve est alors admis (voir également l'Article B.5). Noter que ces deux méthodes peuvent ne pas produire les mêmes résultats. L'augmentation de température due à la contrainte électrique appliquée peut influencer sur les résultats, en particulier lorsqu'une fréquence plus élevée est utilisée, et doit être enregistrée. Si un vieillissement thermique se produit, il convient que l'essai suive les procédures de l'IEC 60034-18-33 pour l'essai à plusieurs facteurs.

NOTE Le vieillissement électrique de l'isolation principale à la fréquence d'alimentation et à température élevée jusqu'à la température en service peut généralement conduire à des valeurs de durée de fonctionnement avant défaillance plus importantes par rapport aux essais à température ambiante à des niveaux de contrainte électrique identiques.

#### 6.3.3 Procédure de vieillissement pour l'isolation principale

La contrainte électrique est appliquée entre le cœur du stator ou la moquette/l'électrode de l'encoche sur la surface de l'échantillon et les conducteurs. Si l'éprouvette est une bobine à plusieurs spires, l'isolation principale et partiellement l'isolation des spires sont toutes deux vieilles par la contrainte électrique durant cette période. Toutefois, cette procédure ne permet pas de qualifier l'isolation des spires. Pour les procédures d'essai avec des sous-cycles (Article 7), il convient que la durée de ces sous-cycles soit telle qu'approximativement dix sous-cycles soient effectués sur un échantillon avec une durée de vie médiane. Une fréquence supérieure à la fréquence d'alimentation est admise pour diminuer les durées d'essai. Les dernières expériences avec l'application de l'IEC 60034-18-42 démontrent qu'une fréquence inférieure ou égale à 1 000 Hz peut être utilisée, comme cela est indiqué en 4.4.2. Il convient de veiller à ce que les pertes diélectriques n'augmentent pas la température de l'isolation au-delà de la température en service afin d'éviter des effets de vieillissement thermique supplémentaires (IEC 60034-18-33:2010, Tableau 1). Ceci est particulièrement important aux

températures élevées. Il convient d'utiliser la même fréquence pour les systèmes d'isolation candidat et de référence. Les résultats d'essai à fréquence plus élevée ne peuvent être utilisés pour une comparaison directe que si les durées de vie des systèmes sont affectées de façon similaire par l'augmentation de fréquence.

#### **6.4 Maintenance des revêtements de contrôle de contrainte**

Un revêtement de contrôle de contrainte est habituellement appliqué sur la surface extérieure de la bobine ou de la barre au-delà du revêtement conducteur de l'encoche relié à la terre. Durant les essais d'endurance électrique de l'isolation principale, une détérioration peut se produire, qui n'entraîne pas de défaillance de l'isolation. Une mesure corrective sur le matériau de répartition de contrainte et sur le refroidissement forcé par air est admise au cours de l'essai d'endurance sous tension en s'appuyant sur le fait que l'isolation principale est soumise à l'essai plutôt que le système de répartition de contrainte.

### **7 Sous-cycle de diagnostic**

#### **7.1 Généralités**

Aucun essai de diagnostic n'est exigé pour la qualification de l'isolation principale, mais ces essais peuvent être réalisés en option.

A la suite de chaque sous-cycle de vieillissement, un sous-cycle de diagnostic peut être exécuté. Une défaillance d'une quelconque partie de l'échantillon durant un essai de diagnostic constitue une défaillance de l'ensemble du système et doit être rapportée en tant que telle. Les essais de tension appropriés sont sélectionnés en fonction de la procédure d'essai choisie en 4.2.

#### **7.2 Essai de tension de l'isolation principale**

Si un essai de diagnostic est effectué sur l'isolation principale, il doit s'agir d'un essai de tenue en courant alternatif à la fréquence d'alimentation selon l'IEC 60034-15. En variante, un essai de tenue à la tension de choc de foudre selon l'IEC 60034-15 peut être utilisé.

#### **7.3 Autres essais de diagnostic**

Des mesures de diagnostic facultatives peuvent être réalisées pour information ou pour déterminer la fin de la durée de vie en essai. Celles-ci peuvent remplacer les essais de tension. Des facteurs tels que la résistance d'isolement, le facteur de dissipation diélectrique, les décharges partielles et l'essai de choc sur l'isolation des spires constituent des exemples. Un critère de fin de vie peut être déterminé pour chaque essai de diagnostic, une justification convenable étant rapportée.

### **8 Défaillances de l'isolation principale**

#### **8.1 Emplacement et vérification des défaillances**

Une défaillance d'un échantillon survient lorsque se produit un quelconque claquage électrique de l'isolation principale. Ceci a pour conséquence que le système de détection de surintensité interrompt le courant vers le transformateur à haute tension. Il convient de vérifier toute défaillance de l'isolation en appliquant à nouveau une tension progressivement à partir de zéro. Une défaillance d'isolation de l'échantillon empêche une nouvelle application de la tension d'essai complète. La localisation de l'emplacement de la défaillance est souhaitable et elle peut être réalisée en observant la formation d'un arc ou un échauffement à l'emplacement de la défaillance, à mesure que la tension augmente. Des précautions doivent être prises dans la mesure où, lors de la localisation de la défaillance en appliquant la tension, la zone de défaillance locale peut également être endommagée et l'analyse du canal de claquage peut s'avérer plus difficile, voire impossible. Lorsque la défaillance d'un échantillon a été vérifiée, il

convient d'isoler l'échantillon défaillant pour permettre la poursuite de l'essai sur les échantillons restants.

Un claquage sous le revêtement de contrôle de contrainte est acceptable s'il ne se produit qu'un seul claquage de toutes les barres/bobines soumises à l'essai à cet emplacement. Si plusieurs barres ou bobines subissent un claquage sous le revêtement de contrôle de contrainte, il est nécessaire d'augmenter le nombre de barres ou de bobines afin d'obtenir des valeurs statistiquement suffisantes pour la durée de vie de l'isolation principale, en dehors du revêtement de contrôle de contrainte. Dans ce cas, il est recommandé de revoir la conception et le processus de fabrication pour cette zone particulière.

## 8.2 Observation des échantillons présentant une défaillance

Il convient d'examiner chaque échantillon qui présente une défaillance pour s'assurer que la défaillance est valide pour une interprétation statistique. Ceci peut nécessiter une analyse physique de l'échantillon dans la zone située autour de la perforation de l'isolation pour identifier l'emplacement de la défaillance et sa cause probable.

## 9 Evaluation fonctionnelle de l'isolation principale

### 9.1 Généralités

Il convient que l'évaluation des données d'essai suive les lignes directrices présentées ci-dessous. En prenant pour hypothèse une distribution de Weibull, il convient d'appliquer l'analyse statistique appropriée pour calculer l'importance de la durée de vie de l'échantillon candidat par rapport à celle de l'échantillon de référence (voir l'IEC 62539). Afin d'éviter l'introduction de nouveaux phénomènes de vieillissement, la tension d'essai maximale ne doit pas dépasser 4 fois  $U_N$ .

La règle générale est que le système d'isolation candidat est considéré comme qualifié si l'intervalle de confiance de 90 % de la distribution de probabilité utilisée pour la durée jusqu'à la rupture se trouve au-dessus ou à l'intérieur de celui qui est obtenu à partir du système de référence (voir l'IEC 60034-18-1).

Si la courbe de référence indiquée à l'Annexe A est utilisée, une interprétation des résultats est obligatoire. Un exemple d'évaluation et d'interprétation est donné dans l'IEC 60034-18-42.

### 9.2 Evaluation complète (niveau de tension identique et durée de vie prévue identique)

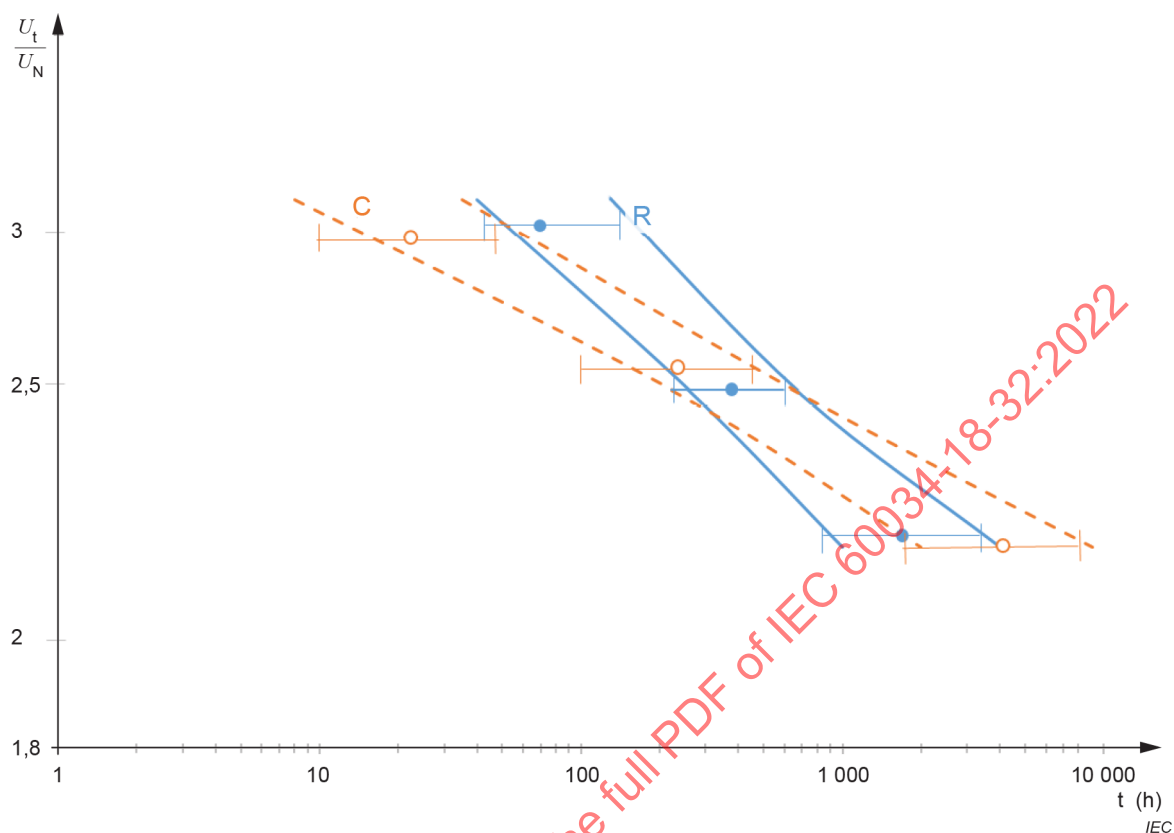
Des courbes d'endurance électrique du système candidat et du système de référence sont tracées en représentation logarithmique de la durée de fonctionnement avant défaillance ( $t$ ), en fonction du rapport entre la tension d'essai ( $U_t$ ) et la tension assignée ( $U_N$ ), où  $U_N$  est la tension assignée du système de référence et du système candidat. Le système candidat est qualifié si:

- a) la limite de confiance supérieure de 90 % du système candidat dépasse la limite de confiance supérieure de 90 % du système de référence sur la plage des tensions d'essai du système de référence, ou

la limite de confiance inférieure de 90 % du système candidat dépasse ou est égale à la limite de confiance inférieure de 90 % du système de référence à la tension d'essai la plus basse, et la droite de régression des valeurs moyennes du système candidat présente une pente plus faible que celle du système de référence.

Les résultats de vieillissement d'un système candidat qui satisfait à la condition b) sont représentés à la Figure 1. Un exemple de système candidat qui ne parvient pas à être qualifié vis-à-vis de l'une ou l'autre des conditions a) ou b) est représenté à la Figure 2.

La pente d'un système d'isolation moderne, qui contient par exemple des nanoparticules, peut varier et le cas B (Tableau 1) doit être utilisé pour la qualification.



#### Légende

R données de vieillissement en provenance du système d'isolation de référence (R), qui montrent les limites de confiance de 90 %

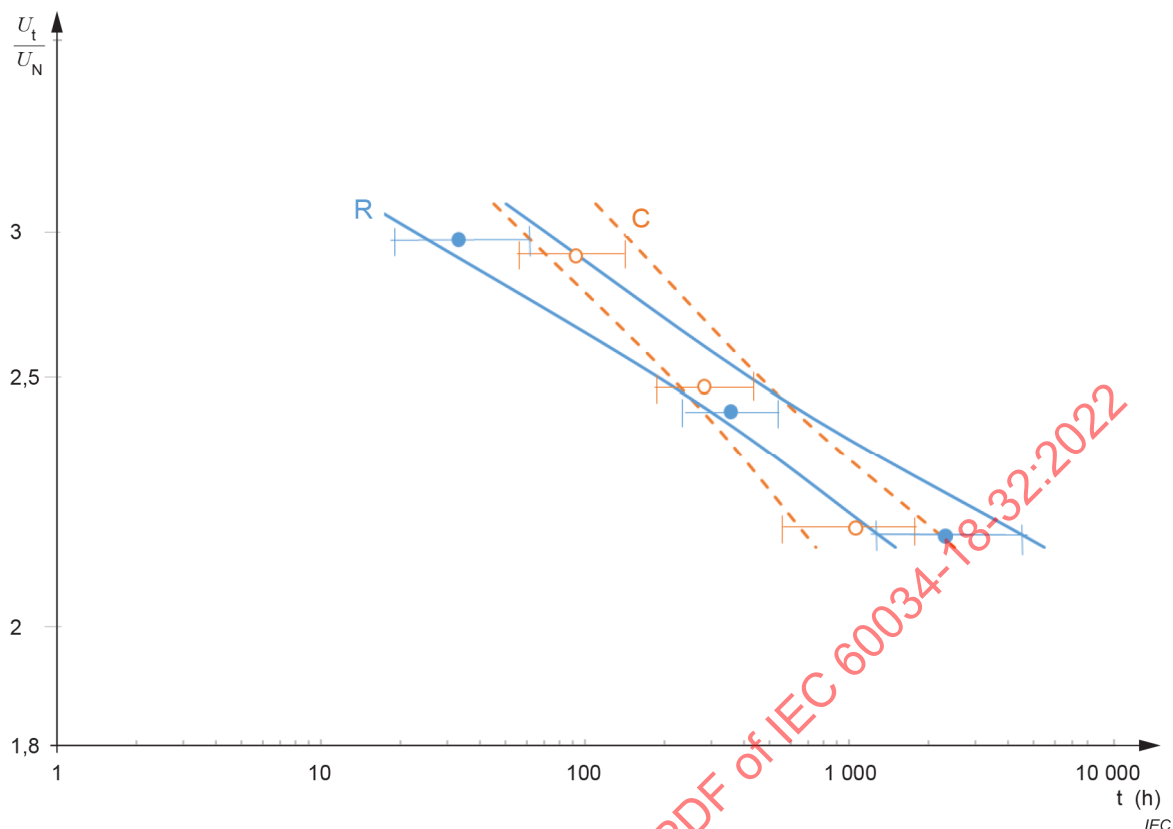
C données de vieillissement en provenance du système d'isolation candidat (C), qui montrent les limites de confiance de 90 %

t temps en heures

$U_t/U_N$  rapport entre la tension d'essai et la tension assignée

NOTE L'abscisse et l'ordonnée sont des échelles logarithmiques.

**Figure 1 – Comparaison des données de vieillissement des systèmes d'isolation candidat (C) et de référence (R) qui montre la qualification**



#### Légende

R données de vieillissement en provenance du système d'isolation de référence (R), qui montrent les limites de confiance de 90 %

C données de vieillissement en provenance du système d'isolation candidat (C), qui montrent les limites de confiance de 90 %

t temps en heures

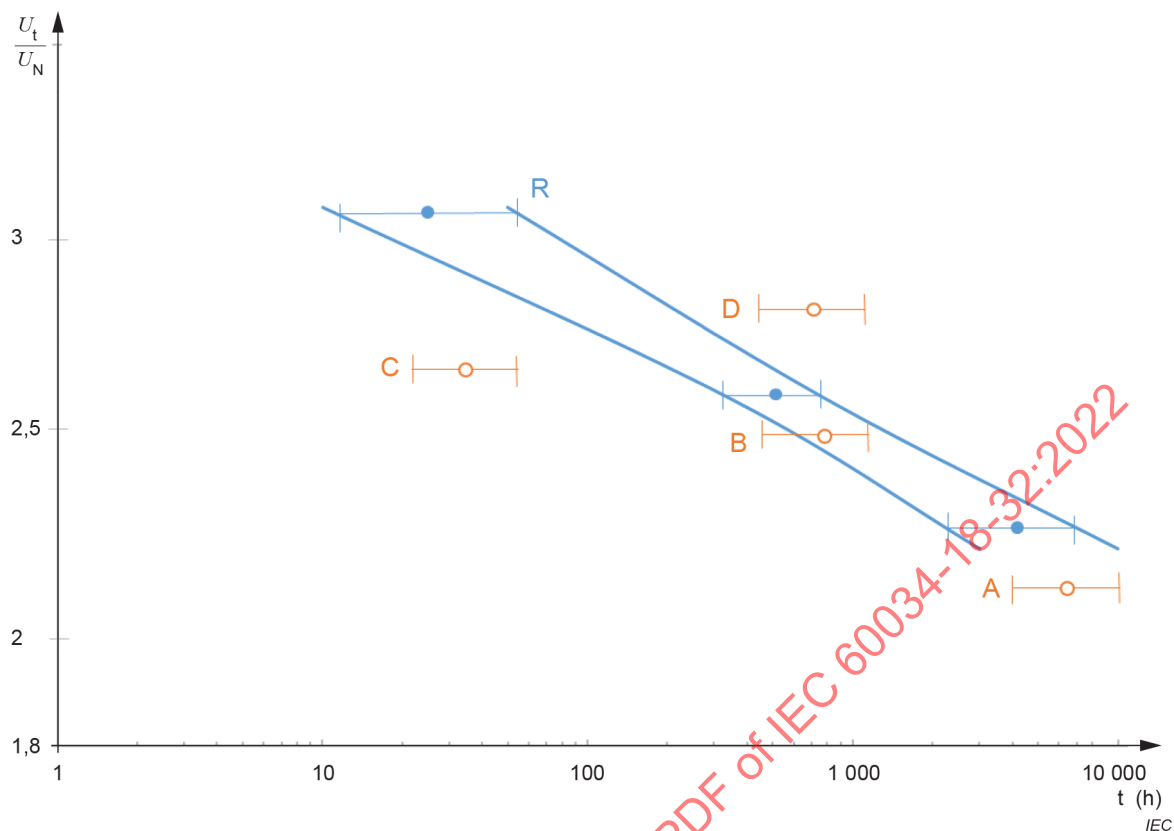
$U_t/U_N$  rapport entre la tension d'essai et la tension assignée

NOTE L'abscisse et l'ordonnée sont des échelles logarithmiques.

**Figure 2 – Comparaison des données de vieillissement des systèmes d'isolation candidat et de référence qui montre l'échec de la qualification**

### 9.3 Évaluation réduite (niveau de tension identique et durée de vie prévue identique)

Pour une évaluation réduite qui utilise une tension unique (voir 4.5.2), la base de l'analyse doit être celle représentée à la Figure 3, la tolérance de 90 % du quantile de 63 % des résultats de vieillissement pour le système candidat étant comparée aux limites de confiance de 90 % de la droite de vieillissement de référence pour le même quantile. Si un recouvrement partiel se produit dans la plage de tensions des essais de vieillissement sur le système de référence, comme cela est représenté par le système candidat B, celui-ci est qualifié. La qualification n'est pas obtenue dans le cas du système candidat A, car la mesure est à l'extérieur de la plage de tensions utilisée pour produire la droite de vieillissement du système de référence. La qualification n'est pas non plus obtenue dans le cas du système candidat C, car aucun recouvrement ne se produit. Le système candidat D est qualifié, car les résultats dépassent ceux du système de référence.



#### Légende

- R données de vieillissement en provenance du système d'isolation de référence, qui montrent les limites de confiance de 90 %
- A résultats de vieillissement pour le système candidat A (non qualifié)
- B résultats de vieillissement pour le système candidat B (qualifié)
- C résultats de vieillissement pour le système candidat C (non qualifié)
- D résultats de vieillissement pour le système candidat D (qualifié)
- t temps en heures
- $U_t/U_N$  rapport entre la tension d'essai et la tension assignée

NOTE L'abscisse et l'ordonnée sont des échelles logarithmiques.

**Figure 3 – Comparaison des données d'essai d'évaluation réduite de quatre systèmes candidats distincts avec celles du système de référence**

#### 9.4 Données qu'il est recommandé d'enregistrer

Il est suggéré d'inclure les éléments suivants dans les enregistrements d'essais.

- Température ambiante et humidité dans la zone d'essai, si les échantillons sont soumis aux essais à la température ambiante.
- Tension appliquée, exprimée en valeur efficace équivalente.
- Fréquence de la tension appliquée, en Hertz.
- Temps d'endurance total de chaque échantillon.
- Résultats de tous les essais ou mesures de diagnostic préliminaires ou intermédiaires.
- Observations des emplacements des défaillances.
- Observations de la nature de la défaillance ou des dommages de répartition de contrainte.
- Température d'essai d'endurance sous tension, c'est-à-dire température des thermocouples incorporés dans les plaques chauffantes.
- Tension d'essai minimale et maximale et température d'essai durant l'essai.