

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-18-22:2000



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2000 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

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

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60034-18-22

Edition 2.0 2000-06

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

N

ICS 29.080.01; 29.160.01

ISBN 2-8318-5745-7

## SOMMAIRE

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                             | 4  |
| INTRODUCTION .....                                                             | 8  |
| 1 Domaine d'application .....                                                  | 10 |
| 2 Références normatives .....                                                  | 10 |
| 3 Principes directeurs généraux .....                                          | 10 |
| 3.1 Composants d'isolation de catégorie I .....                                | 10 |
| 3.2 Composants d'isolation de catégorie II .....                               | 12 |
| 3.3 Définition de l'identité générique .....                                   | 12 |
| 4 Documentation .....                                                          | 14 |
| 5 Procédures générales de substitution .....                                   | 14 |
| 6 Catégorie de substitution de composant .....                                 | 14 |
| 6.1 Substitution de composant de catégorie I .....                             | 14 |
| 6.2 Substitution de composant de catégorie II .....                            | 18 |
| 7 Procédure d'essai avec tube scellé .....                                     | 18 |
| 7.1 Généralités .....                                                          | 18 |
| 7.2 Matériel d'essai .....                                                     | 20 |
| 7.3 Préparation de l'échantillon .....                                         | 20 |
| 7.4 Contenu des tubes .....                                                    | 20 |
| 7.5 Préparation des tubes .....                                                | 22 |
| 7.6 Conditionnement thermique .....                                            | 22 |
| 7.7 Procédure d'ouverture .....                                                | 24 |
| 7.8 Evaluation des échantillons .....                                          | 24 |
| 7.9 Condition requise .....                                                    | 24 |
| Figure 1 – Appareil d'essai .....                                              | 26 |
| Tableau 1 – Méthodes d'essai de vieillissement thermique pour les vernis ..... | 16 |

## CONTENTS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                          | 5  |
| INTRODUCTION.....                                      | 9  |
| 1 Scope.....                                           | 11 |
| 2 Normative references .....                           | 11 |
| 3 General guidelines .....                             | 11 |
| 3.1 Category I insulation components.....              | 11 |
| 3.2 Category II insulation components.....             | 13 |
| 3.3 Definition of generic identity .....               | 13 |
| 4 Documentation .....                                  | 15 |
| 5 General substitution procedures .....                | 15 |
| 6 Component substitution category.....                 | 15 |
| 6.1 Category I component substitution.....             | 15 |
| 6.2 Category II component substitution .....           | 19 |
| 7 Sealed tube test procedure.....                      | 19 |
| 7.1 General .....                                      | 19 |
| 7.2 Test apparatus .....                               | 21 |
| 7.3 Sample preparation.....                            | 21 |
| 7.4 Contents of tubes.....                             | 21 |
| 7.5 Preparation of tubes.....                          | 23 |
| 7.6 Thermal conditioning.....                          | 23 |
| 7.7 Opening procedure.....                             | 25 |
| 7.8 Evaluation of samples .....                        | 25 |
| 7.9 Requirement.....                                   | 25 |
| Figure 1 – Test apparatus.....                         | 27 |
| Table 1 – Thermal ageing test methods for varnish..... | 17 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

#### Partie 18-22: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Classification des modifications et des substitutions de composants d'isolation

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60034-18-22 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1996 dont elle constitue une révision technique.

Cette version bilingue, publiée en 2001-04, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 2/1088/FDIS et 2/1096/RVD. Le rapport de vote 2/1096/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 18-22: Functional evaluation of insulation systems –  
Test procedures for wire-wound windings –  
Classification of changes  
and insulation component substitutions**

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60034-18-22 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1996 of which it constitutes a technical revision.

This bilingual version, published in 2001-04, corresponds to the English version.

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| FDIS        | Report on voting |
| 2/1088/FDIS | 2/1096/RVD       |

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Elle constitue une partie de la série intitulée *Machines électriques tournantes*:

Partie 18-1:1992, Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux

Partie 18-21:1992, Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Evaluation thermique et classification

Partie 18-31:1992, Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV

Partie 18-32:1995, Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation électrique des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV

Partie 18-33:1995, Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation fonctionnelle à plusieurs facteurs – Endurance sous contrainte thermique et électrique combinée des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

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

It forms part of a series under the general title *Rotating electrical machines*:

Part 18-1:1992, Functional evaluation of insulation systems – General guidelines

Part 18-21:1992, Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification

Part 18-31:1992, Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV

Part 18-32:1995, Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Electrical evaluation of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV

Part 18-33:1995, Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Multifactor functional evaluation – Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

La CEI 60034-18-1 présente des principes directeurs généraux pour l'évaluation et la classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines électriques tournantes. Sauf stipulation contraire dans les procédures de la présente partie, il convient de suivre les principes de la CEI 60034-18-1.

La CEI 60034-18-21 traite de l'évaluation thermique et de la classification des systèmes d'isolation pour enroulements à fils en ce qui concerne les procédures normales auxquelles il est fait référence en 5.3.2.1 de la CEI 60034-18-1.

La présente partie de la CEI 60034 traite des procédures de vérification des effets causés par des changements dans les systèmes d'isolation pour enroulements à fils, couvertes par le paragraphe 5.3.2.2 de la CEI 60034-18-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-22:2000

## INTRODUCTION

IEC 60034-18-1 presents general principles for evaluation and classification of insulation systems used in rotating electrical machines. Unless the procedures of this part indicate otherwise, the principles of IEC 60034-18-1 should be followed.

IEC 60034-18-21 deals with the thermal evaluation and classification of insulation systems for wire-wound windings in respect of normal procedures as referred to in 5.3.2.1 of IEC 60034-18-1.

This part of IEC 60034 is concerned with procedures of verification of the effects of changes in insulation systems for wire-wound windings covered by 5.3.2.2 of IEC 60034-18-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-22:2000

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 18-22: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Classification des modifications et des substitutions de composants d'isolation

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 donne des procédures d'essai pour l'évaluation thermique et la classification des modifications et des substitutions de composants d'isolation dans les systèmes d'isolation que l'on utilise ou que l'on se propose d'utiliser dans un système d'isolation éprouvé utilisé dans les enroulements à fils. Les procédures d'essai sont comparatives puisque la performance d'un système d'isolation candidat est comparée à celle d'un système de référence dont l'expérience en service a été démontrée précédemment ou qui a été évalué au moyen de l'une des procédures données dans la CEI 60034-18-21 et auquel la modification ou la substitution est destinée.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60034. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60034 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiquées ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60034-18-21:1992, *Machines électriques tournantes – Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Section 21: Procédures d'essai pour enroulements à fils – Evaluation thermique et classification*

CEI 60172:1987, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

CEI 60216 (toutes les parties), *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques*

CEI 60317 (toutes les parties), *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*

CEI 61033:1991, *Méthodes d'essai pour la détermination du pouvoir agglomérant des agents d'imprégnation sur fil émaillé*

#### 3 Principes directeurs généraux

##### 3.1 Composants d'isolation de catégorie I

###### 3.1.1 Isolation entre phases et isolation par rapport à la masse

Isolation séparant les enroulements les uns des autres ou les séparant du circuit magnétique, par exemple caniveaux d'encoche. En revanche, les cales de fermeture d'encoche sont considérées comme des composants de catégorie II (voir 3.2).

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

### Part 18-22: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Classification of changes and insulation component substitutions

#### 1 Scope

This part of IEC 60034 gives test procedures for the thermal evaluation and classification of changes and insulation component substitution in insulation systems used or proposed for use in a proven insulation system used in wire-wound windings. The test procedures are comparative in that the performance of a candidate system is compared to that of a reference system which has previously been proved by experience or has been evaluated by one of the procedures given in 60034-18-21 and to which the change or substitution is intended.

#### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60034. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60034 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60034-18-21:1992, *Rotating electric machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 21: Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

IEC 60172:1987, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60216 (all parts), *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials*

IEC 60317 (all parts), *Specifications for particular types of winding wires*

IEC 61033:1991, *Test methods for the determination of bond strength of impregnating agents to an enamelled wire substrate*

#### 3 General guidelines

##### 3.1 Category I insulation components

###### 3.1.1 Phase insulation and ground insulation

Insulation separating the windings from each other or from the magnetic core, for example slot liners, but not wedges, closures or top of slot packers all of which are considered as category II components (see 3.2).

### 3.1.2 Isolation de spire (conducteur)

Revêtement résineux (émail) ou isolation enroulée, fibreuse ou film, sur le fil de bobinage.

### 3.1.3 Vernis d'imprégnation

Ces vernis comprennent aussi bien les vernis qui contiennent des solvants que ceux qui en sont exempts.

### 3.1.4 Matériaux d'enrobage

Isolation moulée ou coulée qui enrobe complètement le système d'isolation et qui constitue la seule barrière entre l'enroulement et la surface extérieure du moteur.

## 3.2 Composants d'isolation de catégorie II

Les composants de catégorie II comprennent tous les constituants d'un système d'isolation non couverts par 3.1 et répertoriés ci-après. Si l'organisme procédant aux essais souhaite considérer certains de ces composants comme appartenant à la catégorie I, il peut le faire.

- a) Isolation de l'enroulement série/parallèle utilisée dans les enroulements à plusieurs tensions
- b) Isolation entre l'enroulement principal et l'enroulement auxiliaire utilisée dans les moteurs monophasés. Cette isolation ne doit pas être considérée comme une isolation entre phases telle qu'elle est décrite en 3.1.1.

NOTE Si l'isolation de l'enroulement conformément aux points a) ou b) ci-dessus est, en fonctionnement normal, contrainte comme une isolation entre phases, il faut alors qu'elle soit testée comme un composant de catégorie I.

- c) Isolation de couches: isolation intercalée entre des couches successives de fil isolé, dans le même enroulement (même phase)
  - d) Gaines et tubes
  - e) Cales de fermeture d'encoche
- NOTE Si, en fonctionnement normal, la cale de fermeture d'encoche est contrainte comme le caniveau d'encoche, il faut alors qu'elle soit testée comme un composant de catégorie I.
- f) Rubans de fixation et cordons de frettage
  - g) Isolation des connexions

## 3.3 Définition de l'identité générique

L'identité générique englobe à la fois l'identité chimique et l'identité physique. La composition chimique doit être établie à partir de données analytiques qu'il convient de baser, par exemple, sur une analyse spectroscopique appropriée (infrarouge, etc.) complétée par des analyses de type thermogravimétrique, une analyse thermique différentielle (ATD) et une analyse de l'absorption atomique.

L'identité physique doit être établie par des essais mécaniques et électriques appropriés au composant considéré. L'analyse thermique différentielle peut compléter ces essais.

Pour plusieurs propriétés, comme  $\tan \delta$  et le module, l'influence de la température peut compléter à la fois la description chimique et la description physique.

Lorsque l'élément isolant se compose de plus d'un matériau, par exemple un adhésif laminé collé, un matériau d'enrobage chargé ou un fil de bobinage à double couche, l'identité générique doit être établie séparément pour chaque matériau de l'élément considéré. Dans le cas d'un composant chargé, les quantités relatives de charge et de matériau polymère doivent être identiques dans le matériau candidat et dans le matériau de référence.

### 3.1.2 Turn (conductor) insulation

The resinous (enamel) coating or wrapped insulation, fibrous or film, on winding wire.

### 3.1.3 Impregnating varnishes

These include both solvanted and solventless varnishes.

### 3.1.4 Encapsulant

Moulded or cast insulation which completely encases the insulation system and which is the only barrier between the winding and the outer surface of the motor.

## 3.2 Category II insulation components

Category II components include any constituent of an insulation system not covered by 3.1, as listed below. If the testing organization wants to consider some of these components as category I insulation components, it may do so.

- a) Series/parallel winding insulation as used on multi-voltage windings
- b) Insulation between auxiliary and main winding as used on single-phase motors. This is not to be considered as phase insulation as described in 3.1.1.  
NOTE If winding insulation according to item a) or b) above is, in normal operation, stressed like phase insulation, then it must be tested as a category I component.
- c) Layer insulation: insulation which is interleaved between successive layers of insulated wire in the same winding (same phase)
- d) Sleeving and tubing
- e) Slot wedges and closures  
NOTE If, in normal operation, the closure is stressed like the slot liner, then it must be tested as a category I component.
- f) Securement tapes and tie-cords
- g) Lead wire insulation

## 3.3 Definition of generic identity

Generic identity embraces both chemical and physical identity. Chemical composition shall be established from analytical data which should, for instance, be based on appropriate spectroscopic analysis (IR, etc.) complemented with thermogravimetric, DTA and atomic absorption analysis.

Physical identity shall be established by mechanical and electrical tests appropriate to the component. DTA analysis can complement these tests.

For several properties, like  $\tan \delta$  and modulus, dependence on temperature can complement both the chemical and physical picture.

Where the insulation component is made from more than one material, for example an adhesive bonded laminate, a mineral filled encapsulant, or a dual coat winding wire, generic identity shall be established with respect to each material of the component separately. In the case of a filled component, the relative amounts of filler and polymeric material shall be the same in both candidate and reference material.

## 4 Documentation

Les informations suivantes doivent être obtenues pour tout matériau de substitution proposé:

- a) analyse chimique détaillée;
- b) fournisseur et référence;
- c) épaisseur;
- d) endurance thermique, avec l'indice de température et la norme ou spécification applicable, par exemple:
  - 1) type conformément à la CEI 60317 pour le fil de bobinage,
  - 2) tension assignée, modèle ou type pour le conducteur.

Les mêmes informations sont aussi requises pour le système de référence.

## 5 Procédures générales de substitution

Les procédures d'essai à suivre pour toute substitution particulière dépendent de la substitution spécifique considérée. Ces procédures figurent à l'article 6.

Toute substitution effectuée dans un système d'isolation doit être classée comme substitution correspondant à la procédure A, B, C ou D. L'action requise pour la validation de chaque procédure est précisée ci-après.

NOTE Les procédures A, B et C sont considérées comme des prescriptions minimales. A la discrétion de l'organisme procédant aux essais, la procédure D peut être utilisée à la place des procédures A, B ou C.

- Procédure A

Si les informations permettent au consultant d'établir l'identité générique conformément à 3.3, les données de documentation décrites à l'article 4 sont suffisantes pour accepter la substitution sans essai.

- Procédure B

Modification nécessitant une procédure d'essai avec tube scellé (voir article 7).

- Procédure C

Modification nécessitant un programme avec un point unique de température utilisant une procédure choisie dans la CEI 60034-18-21, par exemple la procédure avec motorette.

- Procédure D

Modification nécessitant une procédure d'essai complète avec trois températures, telle que la procédure spécifiée dans la CEI 60034-18-21.

Les substitutions de composants spécifiques sont affectées à l'une des catégories ci-dessus à l'article 6.

## 6 Catégorie de substitution de composant

### 6.1 Substitution de composant de catégorie I

#### 6.1.1 Isolation entre phases et isolation par rapport à la masse

##### 6.1.1.1 Génériquement identique et d'épaisseur identique ou supérieure

La procédure A est applicable.

##### 6.1.1.2 Génériquement identique mais plus mince

La procédure C est applicable.

## 4 Documentation

The following information shall be obtained for any proposed substitution material:

- a) detailed chemical analysis;
- b) supplier and reference;
- c) thickness;
- d) thermal endurance, such as temperature index, and relevant standard or specification, for example:
  - 1) IEC 60317 type for winding wire,
  - 2) voltage rating, style or type for lead wire.

The same information is also required for the reference system.

## 5 General substitution procedures

The test procedures to be followed for any particular substitution depend on the specific substitution involved. These are in clause 6.

Any substitution to an insulation system shall be classified as a substitution procedure A, B, C or D. The action required in respect of validation for each procedure is listed below.

NOTE Procedures A, B, and C are considered minimum requirements. At the discretion of the testing organisation procedure D may be used in place of procedures A, B or C.

- Procedure A

If the data enables the investigator to establish the generic identity according to 3.3, documentation data as described in clause 4 is sufficient to accept substitution without test.

- Procedure B

Change requiring sealed tube test procedure (see clause 7).

- Procedure C

Change requiring a single temperature ongoing programme using a procedure, for example motorette procedure, selected from IEC 60034-18-21.

- Procedure D

Change requiring a full three-temperature test procedure as required by IEC 60034-18-21.

Specific component substitutions are assigned to one of the above categories in clause 6.

## 6 Component substitution category

### 6.1 Category I component substitution

#### 6.1.1 Phase insulation and ground insulation

##### 6.1.1.1 Generically identical, the same or increased thickness

Procedure A applies.

##### 6.1.1.2 Generically identical but thinner

Procedure C applies.

### 6.1.1.3 Génériquement différent

La procédure D est applicable.

### 6.1.2 Isolation de spire (conducteur), c'est-à-dire fil de bobinage

#### 6.1.2.1 Fil non agglomérable

- a) Lorsque le revêtement d'isolation du matériau de substitution est génériquement identique à l'original, et lorsqu'il est conforme à la même partie de spécification de la CEI 60317 ou à une partie ayant une classe de température supérieure, la procédure A est applicable.
- b) Pour d'autres substitutions, la procédure D est applicable.

#### 6.1.2.2 Fil agglomérable

- a) Lorsque le revêtement d'isolation du matériau de substitution est génériquement identique à l'original et lorsqu'il est conforme à la même partie de spécification de la CEI 60317 ou à une partie ayant une classe de température supérieure, la procédure A est applicable.
- b) Lorsque le fil de substitution agglomérable ne satisfait pas aux conditions données en a), la procédure D est applicable.

#### 6.1.2.3 Fil d'aluminium au lieu de fil de cuivre

Les résultats des essais de vieillissement thermique avec un système d'isolation contenant un fil de bobinage en cuivre sont applicables à un système identique mais contenant un fil en aluminium. En conséquence, lorsqu'un fil d'aluminium remplace un fil de cuivre, avec le même revêtement d'isolation générique et une classe de température identique ou supérieure, la procédure A est applicable.

NOTE Les résultats d'essai de vieillissement thermique sur un système d'isolation contenant un fil d'aluminium ne sont pas applicables à un système par ailleurs identique avec fil en cuivre.

#### 6.1.2.4 Revêtement supérieur de fil

Lorsque la seule modification apportée à un fil de bobinage consiste à ajouter ou à modifier un revêtement de fil supérieur sur le même revêtement de base déjà éprouvé, les procédures B ou C sont applicables.

### 6.1.3 Vernis ou résine d'imprégnation

Les index de température, tant pour le vernis de substitution que pour le vernis utilisé dans le système éprouvé, doivent être déterminés par l'analyse des données des essais de vieillissement thermique réalisés par les fabricants et spécifiés au tableau 1.

Tableau 1 – Méthodes d'essai de vieillissement thermique pour les vernis

| Méthode d'essai          | Désignation CEI                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bobine hélicoïdale       | CEI 61033*<br>CEI 60216 en utilisant l'essai de bobine hélicoïdale comme essai de diagnostic, conformément à la CEI 61033 |
| Paires torsadées vernies | CEI 60172                                                                                                                 |

\* La classe de température est déterminée en se basant sur un point de fin de vie de 22 N.

Il faut que les deux essais soient effectués. Seules les données provenant du même essai doivent être comparées.

### 6.1.1.3 Generically different

Procedure D applies.

### 6.1.2 Turn (conductor) insulation i.e. winding wire

#### 6.1.2.1 Non-bondable wire

- a) Where the insulation coating of the substitute material is generically identical with the original and where it conforms to the same IEC 60317 specification part or to one with a higher temperature class number, then; procedure A applies.
- b) For other substitutions; procedure D applies.

#### 6.1.2.2 Bondable wire

- a) Where the insulation coating and bonding layer of the substitute material are identical with the original and where it conforms to the same IEC 60317 specification part or to one with a higher temperature class number, then; procedure A applies.
- b) Where the substitute bondable wire does not comply with item a), procedure D applies.

#### 6.1.2.3 Aluminium instead of copper wire

Thermal ageing test results on an insulation system containing copper winding wire are applicable to an otherwise identical system containing aluminium wire. Hence, substituting an aluminium wire for a copper wire with the same generic insulation coating having the same or higher temperature index number; procedure A applies.

NOTE Thermal ageing test results on an insulation system containing aluminium wire are not applicable to an otherwise identical system with copper wire.

#### 6.1.2.4 Top wire coat

Where the only change to a winding wire is adding or changing a top wire coat over the same proven base coat; procedure B or C applies.

### 6.1.3 Impregnating varnish or resin

The temperature indexes of both the substitute varnish and the varnish used in the proven system shall be determined by analysis of the varnish manufacturer's thermal-ageing data for the tests specified in table 1.

**Table 1 – Thermal ageing test methods for varnish**

| Test method             | IEC designation                                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Helical coil            | IEC 61033*<br>IEC 60216 using helical coil test according to IEC 61033 as diagnostic test |
| Varnished twisted pairs | IEC 60172                                                                                 |

\* Temperature index is to be determined based on a 22 N end-point.

Both tests must be carried out. Only data from the same test shall be compared.

### 6.1.3.1 Vernis de substitution d'un index de température égal ou supérieur

L'index de température du vernis doit être déterminé conformément à 6.1.3. Les procédures B ou C sont applicables.

### 6.1.3.2 Vernis de substitution avec un ou deux index de température inférieur(s) d'un index au plus

L'index de température du vernis doit être déterminé conformément à 6.1.3. Soit la procédure C est applicable, soit on applique la procédure B ainsi que l'essai de la CEI 60172 pour les paires torsadées de fil de bobinage verni (génériquement identique à celui utilisé dans le système d'isolation). L'index de température de la paire torsadée vernie déterminé par l'essai de vieillissement ne doit pas être inférieur à celui obtenu avec le revêtement du fil de bobinage non verni. Les deux index de température doivent être basés sur une intersection à 20 000 h.

### 6.1.3.3 Vernis de substitution avec un ou deux index de température inférieur(s) de plus d'un index

L'index de température du vernis doit être déterminé conformément à 6.1.3. La procédure D est applicable.

## 6.1.4 Matériaux d'enrobage

### 6.1.4.1 Génériquement identique

La procédure A est applicable.

### 6.1.4.2 Génériquement différent

La procédure D est applicable.

## 6.2 Substitution de composant de catégorie II

### 6.2.1 Substitution génériquement identique

Voir le paragraphe 3.3 relatif à la définition de l'identité générique.

Si le matériau de substitution est génériquement identique, la procédure A est applicable.

### 6.2.2 Substitution génériquement différente

Les procédures B ou C sont applicables.

## 7 Procédure d'essai avec tube scellé

### 7.1 Généralités

La procédure fait référence à des substitutions correspondant à la procédure B.

Des échantillons de paires torsadées préparées conformément à la CEI 60172 doivent être soumis à la procédure d'essai avec tube scellé décrite de 7.2 à 7.7, suivie d'un essai de claquage électrique entre les fils torsadés (voir 7.8).

Des tubes scellés séparés doivent être préparés pour les composants de référence et de substitution comme cela est indiqué en 7.3.

Si un matériau de substitution n'est pas validé lors de cet essai, la procédure d'essai définie au titre des procédures C ou D de l'article 5 peut être appliquée; dans ce cas, la procédure D doit avoir la priorité.

### **6.1.3.1 Substitute varnish of equal or greater temperature index**

Temperature index of the varnish shall be determined according to 6.1.3. Procedure B or C applies.

### **6.1.3.2 Substitute varnish with one or both temperature indexes not more than one temperature index step lower**

Temperature index of the varnish shall be determined according to 6.1.3. Either procedure C applies, or procedure B plus the twisted pair test of varnished winding wire (refer to IEC 60172) which is generically identical to that used in the insulation system. The temperature index of the varnished twisted pair as determined from the ageing test shall be no lower than that of the unvarnished winding wire coating. Both temperature indexes shall be based on a 20 000 h intercept.

### **6.1.3.3 Substitute varnish with one or both temperature indexes more than one temperature index step lower**

Temperature index of the varnish shall be determined according to 6.1.3. Procedure D applies.

## **6.1.4 Encapsulant**

### **6.1.4.1 Generically identical**

Procedure A applies.

### **6.1.4.2 Generically different**

Procedure D applies.

## **6.2 Category II component substitution**

### **6.2.1 Generically identical substitution**

See 3.3 with respect to definition of generic identity.

If substitute material is generically identical; procedure A applies.

### **6.2.2 Generically different substitution**

Procedure B or C applies.

## **7 Sealed tube test procedure**

### **7.1 General**

The procedure relates to procedure B substitutions.

Samples of twisted pair winding wire prepared in accordance with IEC 60172 shall be subjected to the sealed tube test procedure, described in 7.2 to 7.7, followed by an electrical breakdown test between twisted wires, see 7.8.

Separate reference and substitute component sealed tubes shall be prepared as described in 7.3.

If a substitute material is not validated in this test, the test procedure defined under procedure C or D of clause 5 may be applied, in which case this latter procedure shall take precedence.

## 7.2 Matériel d'essai

Le matériel d'essai doit comprendre ce qui suit:

- a) une étuve capable de maintenir une température jusqu'à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ ;
- b) des tubes de verre ayant un volume intérieur ne dépassant pas 900 ml et une longueur minimale de 300 mm. Deux types généraux sont décrits comme suit:
  - 1) les tubes de verre bridés pour haute température, qui sont conçus pour être scellés au moyen d'anneaux de métal et de joints, sont préférables;
  - 2) les tubes de verre pouvant être scellés par fusion, après adjonction de tous les matériaux, sont une solution de remplacement acceptable;
- c) un matériau d'étanchéité pour les tubes en verre haute température; hexafluoropropylène-fluorure de vinylidène. Pour un système dont la température assignée est de  $155^{\circ}\text{C}$  ou plus, un acier fluorocarboné de type TFE ou FEP doit être utilisé.

Une clé dynamométrique ayant une capacité maximale de 11,3 Nm doit être disponible.

## 7.3 Préparation de l'échantillon

Les échantillons préparés pour chaque tube doivent comprendre les échantillons suivants:

- a) échantillons de fils de bobinage: paires torsadées formées et essayées conformément à la CEI 60172;  
NOTE Il convient que les fils de bobinage recouverts de matériaux fibreux soient essayés avec des échantillons dont la partie droite a 230 mm de longueur  
Cinq échantillons de fils de bobinage doivent être évalués pour chaque groupe de référence et de substitution;
- b) échantillons de composant isolant: les composants tels que vernis d'imprégnation, conducteur, encoche, isolation de couche ou isolation par rapport à la masse, cordon de frettage, ruban et tube, doivent avoir une surface au moins égale à  $645\text{ mm}^2$  pour tous les matériaux en plaques; une longueur au moins égale à 25,4 mm pour les conducteurs, gaines et cordons de frettage; un volume au moins égal à  $800\text{ mm}^3$  pour les composants d'enrobage et d'encapsulage. Si un vernis d'imprégnation est utilisé dans le système, il doit être appliqué aux échantillons de fils de bobinage et traité conformément aux spécifications du fabricant.

## 7.4 Contenu des tubes

Le contenu des tubes doit être comme suit.

- a) Tube de référence  
Ce tube doit contenir uniquement les matériaux qui ont été utilisés dans le système d'isolation original.
- b) Tube du composant de substitution  
Chaque tube de composant de substitution doit contenir le matériau de substitution ainsi que tous les matériaux et solutions de remplacement habituellement employés dans le système d'isolation et pouvant être utilisés avec le matériau de substitution. Les matériaux de remplacement qui généralement ne sont pas utilisés conjointement ou qui ne peuvent pas l'être, tels que les vernis de remplacement, doivent être testés individuellement dans un tube séparé, préparé comme indiqué ci-dessus. L'ensemble des tubes utilisés pour l'évaluation de nouveaux composants ou de composants de substitution doit représenter toutes les combinaisons possibles de matériaux pouvant être utilisées dans la fabrication d'un système d'isolation.

## 7.2 Test apparatus

The test apparatus shall consist of the following:

- a) an oven capable of maintaining a temperature of up to  $105^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ ;
- b) glass tubes with inside volume not exceeding 900 ml and a minimum of 300 mm in length. Two general types are described as follows:
  - 1) flanged high temperature glass tubes which are designed to be sealed with metal rings and gaskets are preferred;
  - 2) glass tubes which can be fusion sealed after the addition of all materials are an acceptable alternative;
- c) gasket material for high-temperature glass tubes; hexafluoropropylene-vinylidene fluoride. For a system rated  $155^{\circ}\text{C}$  or higher, type steel TFE or FEP fluorocarbon shall be used.

A torque wrench having a capacity of 11,3 Nm maximum shall be available.

## 7.3 Sample preparation

The samples for each tube shall include the following:

- a) winding-wire samples: twisted pairs of wire formed and tested in accordance with IEC 60172;  
NOTE Winding-wire covered with fibrous material should be tested in 230 mm long straight lengths.  
Five winding-wire samples shall be evaluated for each reference and substitute group;
- b) insulating component samples: components, such as impregnating varnish, lead cable, slot, layer or ground insulation, tie cord, tape and tubing, shall not have less than  $645\text{ mm}^2$  in surface area for any sheet material, 25.4 mm length for lead wire, sleeving and tie cords, and  $800\text{ mm}^3$  in volume for potting compounds and encapsulants. If an impregnating varnish is used in the system, it shall be applied to the winding-wire samples and cured in accordance with the manufacturer's specifications.

## 7.4 Contents of tubes

The contents of the tubes shall be as follows.

- a) Reference tube  
The tube shall contain only materials which were employed in the original insulation system.
- b) Substitute component tube  
Each substitute component tube shall contain the substitute material plus all the material and alternates currently employed in the insulation system which can be used with the substitute material. Alternate materials which are not usually or cannot be used in combination with each other, such as alternate varnishes, are each to be tested in a separate tube made up as above. The aggregate of tubes used for the evaluation of new or substitute component shall represent all possible combinations of materials as they may appear in the construction of an insulation system.

## 7.5 Préparation des tubes

La préparation des tubes doit se faire de la manière suivante:

- a) les tubes doivent être remplis avec un solvant efficace tel que l'acétone, pendant une période de 24 h au moins, puis nettoyés soigneusement avec un détergent et une brosse à éprouvette, et rincés avec soin: deux fois avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée, et finalement séchés;
- b) les tubes, joints, robinets, écrous et boulons doivent être conditionnés pendant 1 h dans une étuve maintenue à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ , puis retirés et laissés à refroidir;
- c) les paires torsadées doivent être préparées comme indiqué en 7.3 a) et doivent être soumises à un essai électrique conformément à la CEI 60172 avant leur insertion dans les tubes. Les matériaux doivent ensuite être positionnés dans les tubes, en évitant si possible tout contact avec le fil, de manière qu'il n'y ait pas de phénomène d'adhérence pendant la période de vieillissement. Les tubes en verre ouverts doivent être scellés à l'une des extrémités avant d'être remplis;
- d) une fois les tubes remplis, les tubes, joints, robinets, écrous et boulons doivent être séchés pendant 1 h dans une étuve maintenue à  $105^{\circ}\text{C}$ . Si des tubes en verre ouverts sont utilisés, la température de l'étuve doit être de  $135^{\circ}\text{C}$ . Les matériaux qui ne sont pas suffisamment séchés à  $105^{\circ}\text{C}$  doivent être séchés pendant 1 h à la température de conditionnement du système avant d'être placés dans les tubes. Les boulons, filetages et le dessous de la partie supérieure doivent être légèrement enduits de graisse de silicone avant d'être placés dans l'étuve et tous ces éléments doivent être gardés à l'écart du matériau d'étanchéité et des tubes;
- e) dès leur sortie de l'étuve, on doit fixer le matériau d'étanchéité et la bride de fixation sur le tube en utilisant des gants de protection, ou l'extrémité du tube doit être scellée par fusion. Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, l'extrémité ouverte doit être scellée par fusion;
- f) chaque boulon doit être serré dans le sens des aiguilles d'une montre, par paliers de 0,5 Nm, jusqu'à atteindre 3,5 Nm;
- g) à moins que des tubes de verre ouverts ne soient utilisés, l'assemblage doit être immédiatement renversé dans de l'eau chaude afin de réduire les risques de choc et de rupture. L'assemblage doit rester dans l'eau pour y refroidir pendant au moins 5 min. Le phénomène de refroidissement crée un vide dans le tube qui permet l'infiltration de l'eau s'il existe une fuite. Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, chaque tube doit être remis dans l'étuve, qui doit alors être éteinte, afin de permettre un refroidissement jusqu'à la température ambiante;
- h) les tubes doivent être sortis de l'étuve, mis à refroidir jusqu'à la température ambiante et examinés afin de détecter toute trace de fuite éventuelle, qui serait mise en évidence par la condensation sur la paroi interne des tubes;
- i) l'étuve préréglée qui est utilisée pour le cycle de conditionnement thermique (voir 7.6) doit être éteinte et doit avoir retrouvé la température ambiante avant que les tubes y soient placés. Après sa mise en marche, il convient de ne pas ouvrir l'étuve car le choc thermique provoqué par l'ouverture d'une étuve chaude pourrait provoquer une rupture des tubes.

## 7.6 Conditionnement thermique

Les échantillons doivent être conditionnés pendant 336 h (14 jours) à une température égale à la classe assignée du système plus 25 K; par exemple, la température pour la classe 130 sera de  $155^{\circ}\text{C}$ .

## 7.5 Preparation of tubes

The preparation of tube assemblies shall be as follows:

- a) the tubes shall be filled with an effective solvent, such as acetone, for 24 h or longer, scrubbed well with detergent and a test-tube brush, rinsed thoroughly: twice in tap water and then in distilled water, and finally dried;
- b) the tubes, gaskets, taps, nuts and bolts shall be conditioned for 1 h in an oven maintained at  $105^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ , and shall then be removed from the oven and allowed to cool;
- c) the twisted pairs of wire shall be prepared in accordance with 7.3 a) and proof-tested electrically according to IEC 60172 before insertion into the tubes. The component materials shall then be positioned inside the tubes, avoiding contact with the wire if possible, so that there is no sticking during the ageing period. Open glass tubes shall be sealed at one end before being filled;
- d) after the tubes are filled, the tubes, gaskets, taps, nuts and bolts shall be dried for 1 h in an oven maintained at  $105^{\circ}\text{C}$ . If open glass tubes are used, the oven temperature shall be  $135^{\circ}\text{C}$ . Material not sufficiently dried at  $105^{\circ}\text{C}$  shall be dried for 1 h at the oven conditioning temperature of the system before being placed in the tubes. The bolts, threads and the underside of the top shall be lightly coated with silicone grease before being placed in the oven, and these parts shall be kept away from the gasket material and tubes;
- e) immediately upon removal from the oven, the gasket and clamp shall be assembled to the tube using protective gloves or the end of the tube shall be fused. If open glass tubes are used, the open end shall be fused;
- f) each bolt shall be torqued in a clockwise direction in increments of 0,5 Nm until a torque of 3,5 Nm is attained;
- g) unless open glass tubes are used, the assembly shall be inverted immediately in hot water to reduce the likelihood of shock and breakage. The assembly shall remain in the water and cool for a minimum of 5 min. The cooling creates a vacuum in the tube that will draw in water if a leak is present. If open glass tubes are used, each tube shall be returned to the oven which shall then be turned off and allowed to cool to room temperature;
- h) the tubes shall be removed and allowed to cool to room temperature and examined for possible leakage as evidenced by condensation on the inner wall of the tubes;
- i) the pre-set oven to be used for the thermal conditioning cycle (see 7.6) shall be turned off and allowed to cool to room temperature before the tubes are placed in the oven. After the pre-set oven has been turned on, it should not be opened while hot as the thermal shock caused by opening of a hot oven may cause breakage of the tubes.

## 7.6 Thermal conditioning

The samples shall be conditioned for 336 h (14 days) at a temperature equal to the class rating of the system plus 25 K; for example, the temperature for class 130 would be  $155^{\circ}\text{C}$ .