

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-18-31**

Première édition
First edition
1992-07

Machines électriques tournantes

Partie 18:

Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation
Section 31: 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

Rotating electrical machines

Part 18:

Functional evaluation of insulation systems
Section 31: 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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-18-31: 1992

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-18-31**

Première édition
First edition
1992-07

Machines électriques tournantes

Partie 18:

Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation
Section 31: 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

Rotating electrical machines

Part 18:

Functional evaluation of insulation systems
Section 31: 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

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Considérations générales	8
3.1 Relation avec la section 1	8
3.2 Désignation des procédures d'essai	8
3.3 Système d'isolation de référence	10
3.4 Vérification des essais de diagnostic	10
4 Eprouvettes et échantillons	12
4.1 Fabrication des éprouvettes	12
4.2 Nombre d'échantillons	12
4.3 Essais de vérification de la qualité	12
4.4 Essais préliminaires de diagnostic	12
5 Sous-cycle de vieillissement thermique	12
5.1 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles	12
5.2 Moyens de chauffage	14
5.3 Procédure de vieillissement	14
6 Sous-cycle de diagnostic	14
6.1 Essai mécanique	14
6.2 Essai d'humidité	16
6.3 Essai de tension	18
6.4 Autres essais de diagnostic	20
7 Analyse, compte rendu et classification	20
Annexe A - Fabrication d'une formette (exemple)	22
Figures	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 General considerations	9
3.1 Relationship to Section 1	9
3.2 Designation of test procedures	9
3.3 Reference insulation system	11
3.4 Verification of diagnostic tests	11
4 Test objects and test specimens	13
4.1 Construction of test objects	13
4.2 Number of test specimens	13
4.3 Quality assurance tests	13
4.4 Initial diagnostic tests	13
5 Thermal ageing sub-cycles	13
5.1 Ageing temperatures and sub-cycle lengths	13
5.2 Means of heating	15
5.3 Ageing procedure	15
6 Diagnostic sub-cycle	15
6.1 Mechanical test	15
6.2 Moisture test	17
6.3 Voltage test	19
6.4 Other diagnostic tests	21
7 Analyzing, reporting and classification	21
Annex A - Formette construction (example)	23
Figures	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation Section 31: 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

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente section de la Norme internationale CEI 34-18 a été établie par le Sous-Comité 2J: Classification des systèmes d'isolation des machines tournantes, du Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de cette section est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
2J(BC)6	2J(BC)10

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

Cette norme constitue la section 31 d'une série de publications traitant de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation des machines électriques tournantes, les autres parties étant:

Section 1: Principes directeur généraux (CEI 34-18-1)

Section 21: Procédures d'essai pour enroulements à fils (CEI 34-18-21).

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 18: Functional evaluation of insulation systems
Section 31: 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

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This section of International Standard IEC 34-18 has been prepared by Sub-Committee 2J: Classification of insulation systems for rotating machinery, of IEC Technical Committee No. 2: Rotating machinery.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
2J(CO)6	2J(CO)10

Full information on the voting for the approval of this section can be found in the Voting Report indicated in the above table.

This standard forms section 31 of a series of publications dealing with functional evaluation of insulation systems for rotating electrical machines, other parts being:

Section 1: General guidelines (IEC 34-18-1)

Section 21: Test procedures for wire-wound windings (IEC 34-18-21).

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La section 1 de la CEI 34-18 présente les principes directeurs généraux d'évaluation et de classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines électriques tournantes.

La section 31 concerne uniquement les systèmes d'isolation à enroulements préformés.

Cette section donne des procédures d'essai pour l'évaluation thermique et la classification.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-18-31:1992

Withdrawn

INTRODUCTION

Section 1 of IEC 34-18 presents general guidelines for the evaluation and classification of insulation systems used in rotating electrical machines.

Section 31 deals exclusively with insulation systems for form-wound windings.

This section gives test procedures for thermal evaluation and classification.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-18-31:1992

Withdrawn

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation Section 31: 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

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 34-18 donne des procédures d'essai pour l'évaluation thermique et la classification des systèmes d'isolation utilisés ou que l'on se propose d'utiliser dans les machines électriques tournantes à courant alternatif ou continu, jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV, à enroulements préformés. Les procédures d'essai sont comparatives puisque la performance d'un système d'isolation candidat est comparée à celle d'un système d'isolation de référence dont l'expérience en service a été démontrée.

La section 31 et la section 1 doivent être utilisées conjointement.

NOTES

- 1 Actuellement, il existe peu d'expérience avec les procédures d'essai données dans cette section pour les systèmes d'isolation au-dessus de 6,6 kV.
- 2 Les grosses machines, en particulier celles qui sont fabriquées à partir de barres, peuvent nécessiter des procédures spéciales d'essai pour l'évaluation thermique, qui ne sont pas incluses dans cette section.

2 Références normatives

L'article 2 de la section 1 est applicable.

3 Considérations générales

3.1 Relation avec la section 1

La section 1 décrit des principes généraux d'essais applicables aux essais d'endurance thermique des systèmes d'isolation des machines électriques tournantes. Sauf indication contraire dans les procédures de la présente section, les principes de la section 1 doivent être suivis.

3.2 Désignation des procédures d'essai

Chaque essai d'endurance thermique est réalisé sous forme de cycles, chaque cycle comprenant un sous-cycle de vieillissement thermique et un sous-cycle de diagnostic. Les essais de diagnostic peuvent inclure un essai mécanique, un essai d'humidité, des essais de tension et d'autres essais de diagnostic, réalisés dans cet ordre. Des essais de diagnostic doivent être choisis parmi ceux qui sont énumérés à l'article 6; dans le cas d'une procédure particulière d'évaluation, on n'appliquera pas nécessairement tous les essais.

NOTE - La classification thermique d'un système d'isolation peut dépendre du choix de la procédure de diagnostic.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 18: Functional evaluation of insulation systems Section 31: 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

1 Scope

This section of IEC 34-18 gives test procedures for the thermal evaluation and classification of insulation systems used or proposed for use in a.c. or d.c. rotating electrical machines up to and including 50 MVA and 15 kV using form-wound windings. The test procedures are comparative in that the performance of a candidate insulation system is compared to that of a reference insulation system with proven service experience.

Section 31 shall be used in conjunction with Section 1.

NOTES

- 1 At the present time limited experience exists on insulation systems above 6,6 kV, using the test procedures given in this section.
- 2 Large machines, especially those using bars, may require special thermal evaluation test procedures which are not included in this section.

2 Normative references

Clause 2 of Section 1 is applicable.

3 General considerations

3.1 Relationship to Section 1

Section 1 describes general testing principles applicable to thermal endurance testing of insulation systems in rotating electrical machines. Unless the procedures of this section indicate otherwise, the principles of Section 1 shall be followed.

3.2 Designation of test procedures

Each thermal endurance test is performed in cycles, each cycle consisting of a thermal ageing sub-cycle and a diagnostic sub-cycle. The diagnostic tests may include a mechanical test, a moisture test, voltage tests and other diagnostic tests, performed in that order. Diagnostic tests shall be chosen from those listed in clause 6; not all of the tests need necessarily be applied in a particular evaluation procedure.

NOTE - The thermal classification of an insulation system may depend on the selected diagnostic procedure.

Les choix suivants pour un essai mécanique sont donnés en 6.1:

- A essai général mécanique, avec contraintes comparables à celles du service;
- B essai par table vibrante, avec une amplitude de vibration spécifiée;
- S essai spécial mécanique;
- N absence d'essai mécanique.

Les choix suivants pour un essai d'humidité sont donnés en 6.2:

- A essai général d'humidité;
- B essai d'humidité par immersion dans l'eau;
- S essai spécial d'humidité;
- N absence d'essai d'humidité.

Les choix suivants pour un essai de tension sont donnés en 6.3:

- A essai général de tension;
- B essai de tension sur des échantillons immergés;
- S essai spécial de tension;
- N absence d'essai de tension.

Les choix suivants pour d'autres essais de diagnostic sont donnés en 6.4:

- A essais informatifs de diagnostic;
- S essais de diagnostic pour la détermination du point de fin de vie;
- N absence d'autre essai de diagnostic.

Une procédure d'essai doit être désignée comme suit:

CEI 34-18-31, Procédure MHED

où

M est l'essai mécanique A, B, S ou N, selon 6.1;

H est l'essai d'humidité A, B, S ou N, selon 6.2;

E est l'essai de tension A, B, S ou N, selon 6.3;

D est l'essai de diagnostic supplémentaire A, S ou N, selon 6.4.

Exemple: Le système d'isolation "Nec plus ultra" s'est vu attribuer la classe thermique F, d'après la CEI 34-18-31, Procédure BAAN.

3.3 *Système d'isolation de référence*

Un système d'isolation de référence doit être essayé selon une procédure d'essai équivalente à celle du système candidat (voir la section 1).

3.4 *Vérification des essais de diagnostic*

Selon le cas, on pourra effectuer des essais préliminaires de vieillissement conformément à 5.3.4 de la section 1 pour vérifier la faisabilité du sous-cycle de diagnostic.

The following choices for a mechanical test are given in 6.1:

- A general mechanical test, with stresses comparable to service stresses;
- B shake-table test, with specified vibrational amplitude;
- S special mechanical test;
- N no mechanical test.

The following choices for a moisture test are given in 6.2:

- A general moisture test;
- B moisture test with water immersion;
- S special moisture test;
- N no moisture test.

The following choices for a voltage test are given in 6.3:

- A general voltage test;
- B voltage test of immersed test specimens;
- S special voltage test;
- N no voltage test.

The following choices for other diagnostic tests are given in 6.4:

- A informative diagnostic tests;
- S diagnostic tests used for end-point determination;
- N no other diagnostic test.

A test procedure shall be referred to as:

IEC 34-18-31, Procedure MHED

where

M is the mechanical test A, B, S, or N, according to 6.1;

H is the moisture test A, B, S, or N, according to 6.2;

E is the voltage test A, B, S, or N, according to 6.3;

D is the other diagnostic test A, S, or N, according to 6.4.

Example: Insulation system "Nec plus ultra" has been assigned thermal class F, according to IEC 34-18-31 Procedure BAAN.

3.3 Reference insulation system

A reference insulation system shall be tested using a test procedure equivalent to that for the candidate system (see Section 1).

3.4 Verification of diagnostic tests

Preliminary ageing tests according to 5.3.4 of Section 1 to check the feasibility of the diagnostic sub-cycle, may be performed, when appropriate.

4 Epreuves et échantillons

4.1 Fabrication des épreuves

Des essais pour la sélection des matériaux, conformément à 5.2.1 de la section 1, peuvent être effectués selon le cas.

Les épreuves peuvent être de véritables machines, des composants de machines ou des modèles. Les composants et les modèles comporteront tous les éléments essentiels.

L'épaisseur d'isolation, les lignes de fuite et les protections contre les décharges, si besoin est, doivent correspondre à la tension assignée maximale prévue et aux normes d'équipement, ou à la pratique.

Des échantillons simulant des parties de bobine ou d'enroulement peuvent être utilisés pour l'évaluation, si les contraintes exercées en service sur ces parties peuvent être reproduites fidèlement dans l'essai.

Des types particuliers de modèles, appelés formettes, ont été utilisés avec succès dans certains pays et des exemples en sont donnés dans l'annexe A.

4.2 Nombre d'échantillons

Pour chaque température de vieillissement, il convient d'utiliser un nombre adéquat d'échantillons de chaque système d'isolation afin d'obtenir une sécurité statistique satisfaisante. Ce nombre ne sera pas inférieur à cinq.

4.3 Essais de vérification de la qualité

Les essais de vérification de la qualité suivants seront réalisés avant de commencer les premiers sous-cycles de vieillissement thermiques:

- examen visuel des échantillons;
- essais haute tension selon la CEI 34-1.

4.4 Essais préliminaires de diagnostic

Avant le début du premier sous-cycle de vieillissement thermique, chaque épreuve terminée doit être soumise à tous les essais de diagnostic prévus dans la procédure d'essai.

5 Sous-cycle de vieillissement thermique

5.1 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles

5.1.1 Procédure normale

Selon 5.3.2.1 de la section 1, la procédure normale de vieillissement prescrit que les échantillons soient vieillis à trois températures au moins.

Les températures de vieillissement et les durées des sous-cycles peuvent être sélectionnées dans le tableau 2 de la section 1.

4 Test objects and test specimens

4.1 Construction of test objects

Tests for the selection of materials according to 5.2.1 of Section 1 may be performed, as appropriate.

Test objects may be actual machines, machine components or models. The components and models should embody all the essential elements.

Insulation thickness, creepage distances, and discharge protection, where required, shall be appropriate for the intended maximum rated voltage and equipment standards or practices.

Test specimens simulating parts of a coil or winding may be used for evaluation, if stresses acting on these parts in service can be reliably reproduced in the test.

Particular types of models, known as formettes, have been used successfully in some countries and examples of these are illustrated in annex A.

4.2 Number of test specimens

An adequate number of test specimens should be used at each ageing temperature for each insulation system to obtain good statistical confidence. This number should be not less than five.

4.3 Quality assurance tests

Before starting the first thermal ageing sub-cycle, the following quality assurance tests shall be performed:

- visual inspection of the test specimens;
- high-voltage tests according to IEC 34-1.

4.4 Initial diagnostic tests

Each completed test object shall be subjected to all the diagnostic tests selected for the test procedure before starting the first thermal ageing sub-cycle.

5 Thermal ageing sub-cycles

5.1 Ageing temperatures and sub-cycle lengths

5.1.1 Normal procedure

In accordance with 5.3.2.1 of Section 1, the normal ageing procedure requires test specimens to be aged at not less than three temperatures.

Ageing temperatures and lengths of ageing sub-cycles may be selected from table 2 of Section 1.

Si la classe thermique prévue du système d'isolation candidat diffère de celle, connue, du système de référence, on devra sélectionner, de façon appropriée, des températures de vieillissement et des durées de sous-cycles différentes.

La température de vieillissement la plus basse sera choisie de façon à produire une durée de vie moyenne en essai de 5 000 h ou plus en coordonnées logarithmiques. Cela est généralement obtenu en choisissant la température de vieillissement la plus basse correspondant à une durée d'exposition d'au moins 28 à 35 jours. De plus, au moins deux températures de vieillissement plus élevées seront choisies, séparées de 20 K ou plus. Des intervalles de 10 K peuvent convenir lorsque les essais sont réalisés avec plus de trois températures de vieillissement.

5.1.2 Procédure pour changement mineur

Dans des circonstances particulières où seul un changement mineur d'un système d'isolation établi doit être évalué, on pourra accepter de ne vieillir les échantillons qu'à une seule température (voir 5.3.2.2 de la section 1).

5.2 Moyens de chauffage

Par suite de la grande variété en taille et en construction des éprouvettes, tous les moyens de chauffage présentés dans la section 1 sont permis.

Lorsqu'on utilise des étuves, les températures choisies pour le vieillissement doivent être maintenues avec la précision spécifiée en 5.3.3 de la section 1.

5.3 Procédure de vieillissement

Lorsqu'on utilise des étuves, les éprouvettes seront introduites directement dans l'étuve chaude en début du sous-cycle de vieillissement, et en seront retirées pour être exposées à l'air à température ambiante, ou refroidies par d'autres moyens appropriés à la fin du sous-cycle.

On considère que le sous-cycle de vieillissement thermique démarre dès que le chauffage des éprouvettes débute ou dès qu'elles sont introduites dans l'étuve. Il est recommandé de les chauffer à une vitesse au moins correspondante à celle qui est rencontrée en service normal. Le sous-cycle de vieillissement est considéré comme terminé lorsque le chauffage n'est plus appliqué, ou lorsque les échantillons sont retirés de l'étuve.

Après le sous-cycle de vieillissement thermique, on laisse les échantillons refroidir jusqu'à la température ambiante avant de commencer le sous-cycle de diagnostic.

6 Sous-cycle de diagnostic

Après chaque sous-cycle de vieillissement thermique, chaque échantillon est soumis à une série d'essais de diagnostic qui peut comporter tout ou partie des essais suivants: mécanique, humidité, tension et autres essais de diagnostic, comme décrit dans cet article, appliqués dans cet ordre. Les essais de diagnostic utilisés doivent être mentionnés dans le compte rendu.

6.1 Essai mécanique

L'essai mécanique sera réalisé à température ambiante et sans tension appliquée.

If the intended thermal class for the candidate insulation system differs from the known class of the reference system, different ageing temperatures and sub-cycle lengths are to be selected in an appropriate manner.

The lowest ageing temperature should be selected such as to produce a log mean test life of about 5 000 h or more. This is generally accomplished by choosing the lowest ageing temperature to correspond to an exposure period of 28 to 35 days, or longer. In addition, at least two higher ageing temperatures should be selected, separated by intervals of 20 K or more. Intervals of 10 K may be suitable when tests are made at more than three ageing temperatures.

5.1.2 *Procedure for minor change*

Under particular conditions where only a minor change in an established insulation system is to be evaluated, ageing of test specimens at only one temperature may be acceptable (see 5.3.2.2 of Section 1).

5.2 *Means of heating*

Because of the large variations in size and construction of test objects all means of heating presented in Section 1 are allowed.

When using ovens the temperatures selected for thermal ageing shall be held constant with the accuracy specified in 5.3.3 of Section 1.

5.3 *Ageing procedure*

When ovens are used, the test objects should be loaded directly into the hot ageing oven at the beginning of the ageing sub-cycle, and removed from the oven to room-temperature air at the end of the sub-cycle, or cooled by other appropriate means.

The thermal ageing sub-cycle is considered to start when heating of the test objects begins or when they are placed in the oven. It is recommended that they be heated at least at the usual rate of warm-up found in normal service. The ageing sub-cycle is considered to end when heating is no longer applied, or when the test specimens are removed from the oven.

After the thermal ageing sub-cycle, the test specimens are allowed to cool to room temperature, before the diagnostic sub-cycle is started.

6 **Diagnostic sub-cycle**

Following each sub-cycle of thermal ageing, each test specimen shall be subjected to a series of diagnostic tests which may include some or all of the following: mechanical, moisture, voltage and other diagnostic tests as described in this clause, applied in order. The diagnostic tests used shall be reported.

6.1 *Mechanical test*

The mechanical test should be made at room temperature and without applied voltage.

6.1.1 (A): *Essai général mécanique*

La contrainte mécanique appliquée doit être de même nature que celle du service et d'une sévérité correspondant aux plus fortes valeurs attendues en service normal. La procédure d'application de cette contrainte peut varier avec le type d'éprouvette et le mode de fonctionnement.

On doit mentionner la procédure et l'amplitude de la contrainte dans le compte rendu.

6.1.2 (B): *Essai par table vibrante*

Chaque échantillon est soumis à une contrainte mécanique sur une table vibrante pendant 1 h. Les échantillons seront montés de façon que le mouvement s'exerce perpendiculairement au plan des bobines afin que les extrémités de celles-ci puissent entrer en vibration comme elles le feraient en fait sous l'effet des forces radiales dans un moteur.

La vibration aura une amplitude recommandée de 0,2 mm ou 0,3 mm crête à crête, respectivement pour une fréquence d'essai de 60 Hz ou 50 Hz. Cette amplitude correspond à une accélération approximative de 1,5 g (15 m/s²). Si l'on emploie une autre amplitude, on doit le mentionner et le justifier dans le compte rendu.

6.1.3 (S): *Essai spécial mécanique*

Le compte rendu doit mentionner les motifs de l'emploi d'un essai mécanique spécial ainsi que les détails de l'essai.

6.1.4 (N): *Absence d'essai mécanique*

L'absence d'essai mécanique fait partie intégrante du sous-cycle de diagnostic. On doit mentionner les motifs de cette absence dans le compte rendu.

6.2 *Essai d'humidité*

6.2.1 (A): *Essai général d'humidité*

Chaque éprouvette doit être exposée pendant au moins 48 h dans une atmosphère produisant un dépôt visible d'humidité sur l'enroulement. Il convient que les éprouvettes soient approximativement à température ambiante, entre 15 °C et 35 °C. La température réelle de l'éprouvette doit être mentionnée dans le compte rendu. Pendant cette période, aucune tension n'est appliquée aux échantillons.

Un dépôt visible et continu d'humidité peut être obtenu, par exemple, par une chambre à brouillard ou une chambre de condensation.

6.2.2 (B): *Essai d'humidité par immersion dans l'eau*

Cet essai peut convenir à l'évaluation des systèmes étanches.

L'échantillon complet, y compris les connexions, doit être immergé pendant 30 min dans de l'eau du robinet contenant un agent mouillant non ionique suffisamment concentré pour réduire la tension superficielle à une valeur de 3,1 µN/m (31 dyn/cm) ou moins, à 25 °C.

6.1.1 (A): *General mechanical test*

The applied mechanical stress shall be of the same general nature as would be experienced in service and of a severity comparable with the highest stresses or strains expected in normal service. The procedure for applying this stress may vary with each type of test objects and kind of service.

The procedure and the test magnitude used shall be reported.

6.1.2 (B): *Shake-table test*

Each test object is subjected to mechanical stress on a shake table for a period of 1 h. The test specimens should be so mounted that the motion occurs at right angles to the plane of the coils, so that the coil ends will be excited to vibrate as they would under radial end winding forces in an actual machine.

The preferred amplitude of the vibration is 0,2 mm or 0,3 mm peak-to-peak, at a test frequency of 60 Hz or 50 Hz, respectively. This amplitude corresponds to an acceleration of approximately 1,5 *g* (15 m/s²). If another amplitude is used, it shall be reported as well as the justification of its use.

6.1.3 (S): *Special mechanical test*

The arguments for using a special mechanical test, and details of the test shall be reported.

6.1.4 (N): *No mechanical test*

No mechanical test is performed as part of the diagnostic sub-cycle. The arguments justifying this shall be reported.

6.2 *Moisture test*

6.2.1 (A): *General moisture test*

Each test object shall be exposed for at least 48 h to an atmosphere producing a visible moisture deposit on the winding. The test objects should be at approximately room temperature, in the 15 °C – 35 °C range. The actual test object temperature shall be reported. During this period voltage is not applied to the test specimens.

A visible and continuous moisture deposit may be achieved by, for example, a fog chamber or a condensation chamber.

6.2.2 (B): *Moisture test with water immersion*

This test may be appropriate for evaluating sealed systems.

The complete test specimen including the joint connections shall be immersed for a period of 30 min in tap-water which contains a non-ionic wetting agent in a concentration sufficient to reduce the surface tension to a value of 3,1 µN/m (31 dyn/cm) or less at 25 °C.

A la fin de la durée de l'immersion, alors que les éprouvettes sont encore dans l'eau, on doit leur appliquer une tension comme indiqué en 6.3.2 (au besoin, la résistance d'isolement peut être utilisée comme essai supplémentaire pour mettre en évidence les fuites). Après l'essai de tension, les éprouvettes doivent être rincées une ou plusieurs fois dans de l'eau du robinet ordinaire. On doit laisser les éléments sécher à l'air, de préférence durant une nuit, avant de recommencer le sous-cycle de vieillissement thermique et de poursuivre les cycles jusqu'à dégradation.

6.2.3 (S): Essai spécial d'humidité

On doit mentionner les motifs de l'emploi d'un essai spécial et les détails de l'essai dans le compte rendu.

6.2.4 (N): Absence d'essai d'humidité

L'absence d'essai d'humidité fait partie intégrante du sous-cycle de diagnostic. On doit mentionner les motifs de cette absence dans le compte rendu.

6.3 Essai de tension

Afin de vérifier l'état des échantillons et de déterminer la fin de la durée de vie de l'essai, on peut appliquer une tension d'essai.

La procédure de cet essai et les signes de défaillance sont donnés en 5.5.3 de la section 1.

6.3.1 (A): Essai général de tension

La tension doit être appliquée entre spires et entre bobine et masse, habituellement dans cet ordre. De plus elle peut, au besoin, être appliquée entre bobines.

Lorsqu'on utilise un essai d'humidité, une tension d'essai à fréquence industrielle doit être appliquée pendant 10 min alors que les échantillons sont encore humides, à une température voisine de la température ambiante.

En l'absence d'essai d'humidité, la tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min.

Il convient que la valeur de la tension à fréquence industrielle au cours des essais entre bobine et masse, ou entre bobines, soit $2 U_N$ ou 1 000 V, la valeur la plus élevée des deux étant applicable. U_N représente ici la tension assignée maximale prévue du système d'isolement en essai.

On recommande l'emploi d'un dispositif de surintensité, réglé pour fonctionner à un minimum de cinq fois le courant de charge normal.

Lors d'un essai entre spires, on choisira une tension en rapport avec la construction de l'enroulement et les conditions de fonctionnement. Pour les essais de diagnostic entre spires, on utilisera les procédures d'essai de tension de choc et à fréquence industrielle quand elles seront disponibles dans la section 32 (CEI 34-18-32).

6.3.2 (B): Essai de tension sur des échantillons immergés

La tension d'essai à fréquence industrielle de $1,15 U_N$ est appliquée, pendant 1 min, entre bobine et masse. L'eau doit être au potentiel de la masse durant cet essai.

At the end of the immersion time while the test objects are still immersed, a voltage shall be applied to the test specimens as outlined in 6.3.2. (Insulation resistance may be used as an additional test to indicate leakage if so desired.) Following the voltage test, the test objects shall be given one or more rinses in normal tap-water. The units shall be allowed to air dry, preferably overnight, prior to repeating the thermal ageing sub-cycle and continuing the test cycles until failure occurs.

6.2.3 (S): *Special moisture test*

The arguments for using a special test, and details of that test shall be reported.

6.2.4 (N): *No moisture test*

No moisture test is performed as part of the diagnostic sub-cycle. The arguments justifying this shall be reported.

6.3 *Voltage test*

In order to check the condition of the test specimens and determine when the end of test life has been reached, a test voltage may be applied.

The procedure for the voltage test and the indicators of failure are presented in 5.5.3 of Section 1.

6.3.1 (A): *General voltage test*

The voltage shall be applied from turn to turn and from coil to frame, usually in that order. In addition, it may be applied from coil to coil, when appropriate.

When a moisture test is used, a power-frequency test voltage shall be applied for 10 min while test specimens are still wet from exposure, at approximately room temperature.

When no moisture test is used, a voltage test is applied for a period of 1 min.

The value of the power-frequency test voltage in the tests from coil to frame, or from coil to coil should be $2 U_N$ or 1 000 V, whichever is higher. U_N is here the intended maximum rated voltage of the insulation system under test.

It is recommended that an overcurrent device be used and set to trip at a minimum of five times the normal charging current.

For a turn-to-turn test, an appropriate voltage for the winding design and operating conditions should be selected. When test procedures for applying impulse and power-frequency test voltages for turn-to-turn diagnostic tests become available in section 32 (IEC 34-18-32) they should be used for this test.

6.3.2 (B): *Voltage test of immersed test specimens*

The power-frequency test voltage of $1,15 U_N$ is applied from coil to frame for 1 min. Water shall be at frame potential during the test.

6.3.3 (S): *Essai spécial de tension*

Les motifs de l'emploi d'un essai spécial de tension et les détails de l'essai, y compris les valeurs de tensions d'essai, doivent être mentionnés dans le compte rendu.

6.3.4 (N): *Absence d'essai de tension*

En l'absence d'essai de tension, on doit effectuer un autre essai de diagnostic conforme à 6.4.2. Les motifs de l'absence d'un tel essai doivent être mentionnés dans le compte rendu.

6.4 *Autres essais de diagnostic*

Selon le cas, d'autres essais de diagnostic peuvent être réalisés. On se reportera en 5.5.4 de la section 1.

6.4.1 (A): *Essais informatifs de diagnostic*

Ces essais de diagnostic consistent en des mesures non destructives de la qualité de l'isolation. Ils sont réalisés au cours d'autres essais sur tout ou partie des échantillons. Le suivi des variations des propriétés mesurées permet de découvrir de nombreuses informations dans le processus de vieillissement de l'isolation.

6.4.2 (S): *Essais de diagnostic pour la détermination du point de fin de vie*

Toute variation de valeur caractéristique ou de mesure quantitative peut être utilisée comme détermination additionnelle ou exclusive du point de fin de vie, à condition d'être en corrélation avec la fin de vie déterminée par les essais de tension ou par des défaillances en service.

Les motifs de l'emploi d'un tel critère, les corrélations établies et les détails de l'essai, y compris les valeurs d'essai, doivent être mentionnés dans le compte rendu.

6.4.3 (N): *Absence d'autre essai de diagnostic*

Aucun autre essai de diagnostic n'est effectué dans ce cas.

7 *Analyse, compte rendu et classification*

Les procédures données en 5.6 de la section 1 doivent être appliquées. Les autres points à mentionner dans le compte rendu sont donnés dans les articles précédents.

6.3.3 (S): *Special voltage test*

The arguments for using a special voltage test and details of that test, including the values of test voltages used, shall be reported.

6.3.4 (N): *No voltage test*

If no voltage test is applied, another diagnostic test, according to 6.4.2, shall be applied. The arguments for not making a voltage test shall be reported.

6.4 *Other diagnostic tests*

When appropriate, other diagnostic tests may be performed. See 5.5.4 of Section 1.

6.4.1 (A): *Informative diagnostic tests*

These diagnostic tests are non-destructive measurements of insulation quality. They are performed during the course of other tests on some or all test specimens. By noting changes in the properties measured, much can be learned about the ageing process of the insulation.

6.4.2 (S): *Diagnostic tests used for end-point determination*

If a change in a property value or in a measured quantity can be correlated with the end of life determined by the voltage tests or with failures in service, then it may be used for an additional or exclusive determination of the end-point.

The arguments for using such a criterion, correlations established and details of the test, including test magnitudes, shall be reported.

6.4.3 (N): *No other diagnostic test*

No other diagnostic test is performed.

7 *Analyzing, reporting and classification*

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be followed. Additional items to be reported are indicated in the preceding clauses.

Annexe A (informative)

Fabrication d'une formette (exemple)

A.1 Différents modèles peuvent être employés pour couvrir l'étendue des machines incluses dans cette procédure d'essai.

Les figures A.1, A.2, A.3 et A.4 montrent la fabrication de formettes qui ont permis de satisfaire à des essais d'endurance thermique pour évaluer et classer des systèmes d'isolation.

A.1.1 Les figures A.1 et A.2 donnent un montage type d'encoche. Des formettes de cette dimension ont été utilisées pour évaluer et classer des systèmes d'isolation de machines jusqu'à 10 MW et 7 kV.

A.1.2 Les figures A.3 et A.4 montrent une formette qui peut être utilisée en présence de forces centrifuges (par exemple induit tournant d'une machine à courant continu). Le bâti est réalisé:

- soit en fraisant des encoches dans un bloc d'acier;
- soit en poinçonnant des encoches rectangulaires dans des tôles et en les empilant jusqu'à obtenir la longueur de cannelure voulue, pour enfin les souder ou les boulonner pour assurer l'assemblage.

Cette dernière technique simule plus fidèlement le montage d'une machine réelle avec des bavures possibles sur les chants estampés et avec un empilage d'encoches produisant des irrégularités de profil qui peuvent être importantes lorsqu'on veut simuler, par exemple, des enroulements à imprégnation globale (post-imprégné). Le foisonnement des tôles peut également avoir un effet prépondérant sur une isolation à la masse de bobine, ayant une faible tenue à l'entaillage. Cependant, ce dernier type de bâti peut être plus onéreux que celui réalisé par fraisage.

A.1.2.1 Des bobines spéciales sont nécessaires si l'on doit monter en encoches les deux côtés de celles-ci alors qu'ils sont parallèles. Si un seul côté de la bobine est monté (demi-bobines), on pourra utiliser des bobines de production normale.

A.1.2.2 L'effet de la charge centrifuge sur l'isolation de la bobine est simulé en appliquant une plaque rigide d'acier profilé (figures A.3 et A.4) au-dessus de la portion encochée du bâti d'essai. Dans le cas d'induits à noyau magnétique fretté, les longerons axiaux sur la plaque d'acier sont interrompus pour simuler la charge locale de la frette sur la bobine.

A.1.2.3 La plaque de la figure A.3 et les barres au-delà des développantes dans la figure A.4 sont boulonnées dans la base du châssis au travers de ressorts qui exercent la force correspondante désirée, simulant les pressions centrifuges. Les ressorts seront étalonnés au préalable, de façon que la pression désirée puisse être ajustée à la valeur appropriée par boulonnage.

NOTE - Il convient d'utiliser des ressorts qui supportent successivement les expositions aux températures de vieillissement thermique, aux essais de fatigue mécanique et aux essais d'humidité, sans modification de leur constante d'étalonnage ou autres effets contraires.