

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-18-21**

Première édition
First edition
1992-07

Machines électriques tournantes

Dix-huitième partie:

Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation

Section 21: Procédures d'essai pour enroulements
à fils – Evaluation thermique et classification

Rotating electrical machines

Part 18:

Functional evaluation of insulation systems

Section 21: Test procedures for wire-wound
windings – Thermal evaluation and classification



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-18-21: 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
34-18-21**

Première édition
First edition
1992-07

Machines électriques tournantes

Dix-huitième partie:
Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation
Section 21: Procédures d'essai pour enroulements
à fils – Evaluation thermique et classification

Rotating electrical machines

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

© 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 procédé, 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

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Considérations générales	10
3.1 Relation avec la section 1	10
3.2 Procédures normalisées	12
3.3 Système d'isolation de référence	12
3.4 Epreuves	12
3.5 Vérification des essais de diagnostic	14
3.6 Procédure d'essai de vieillissement thermique	14
3.7 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles	14
4 Procédure 1: Procédure d'essai de motorette	16
4.1 Généralités	16
4.2 Epreuves	16
4.3 Sous-cycle de vieillissement thermique	18
4.4 Sous-cycle de diagnostic	18
4.5 Analyse, compte rendu et classification	22
5 Procédure 2: Procédure d'essai de moteurs	22
5.1 Généralités	22
5.2 Epreuves	22
5.3 Sous-cycle de vieillissement thermique	24
5.4 Sous-cycle de diagnostic	26
5.5 Analyse, compte rendu et classification	28
6 Procédure 3: Procédure d'essai pour enroulements statoriques dans des encoches	30
6.1 Généralités	30
6.2 Epreuves	30
6.3 Sous-cycle de vieillissement thermique	32
6.4 Sous-cycle de diagnostic	32
6.5 Analyse, compte rendu et classification	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 General considerations	11
3.1 Relationship to Section 1	11
3.2 Standard procedures	13
3.3 Reference insulation system	13
3.4 Test objects	13
3.5 Verification of diagnostic tests	15
3.6 Thermal ageing test procedure	15
3.7 Ageing temperatures and sub-cycle lengths	15
4 Procedure 1: Motorette test procedure	17
4.1 General	17
4.2 Test objects	17
4.3 Thermal ageing sub-cycle	19
4.4 Diagnostic sub-cycle	19
4.5 Analyzing, reporting and classification	23
5 Procedure 2: Motor test procedure	23
5.1 General	23
5.2 Test objects	23
5.3 Thermal ageing sub-cycle	25
5.4 Diagnostic sub-cycle	27
5.5 Analyzing, reporting and classification	29
6 Procedure 3: Test procedure for stator windings in slots	31
6.1 General	31
6.2 Test objects	31
6.3 Thermal ageing sub-cycle	33
6.4 Diagnostic sub-cycle	33
6.5 Analyzing, reporting and classification	35

Articles	Pages
7 Procédure 4: Procédure d'essai pour enroulements polaires	34
7.1 Généralités	34
7.2 Eprouvettes	34
7.3 Sous-cycle de vieillissement thermique	36
7.4 Sous-cycle de diagnostic	38
7.5 Analyse, compte rendu et classification	40
8 Procédure 5: Procédure d'essai pour enroulements rotoriques dans des encoches	40
8.1 Généralités	40
8.2 Eprouvettes	40
8.3 Sous-cycle de vieillissement thermique	44
8.4 Sous-cycle de diagnostic	44
8.5 Analyse, compte rendu et classification	46
Annexes	
A – Fabrication d'une motorette (exemple)	48
B – Modèles pour enroulements polaires (exemples)	56
C – Equipement pour les essais d'humidité	60
Figures	65

Clause	Page
7 Procedure 4: Test procedure for pole windings	35
7.1 General	35
7.2 Test objects	35
7.3 Thermal ageing sub-cycle	37
7.4 Diagnostic sub-cycle	39
7.5 Analyzing, reporting and classification	41
8 Procedure 5: Test procedure for rotor windings in slots	41
8.1 General	41
8.2 Test objects	41
8.3 Thermal ageing sub-cycle	45
8.4 Diagnostic sub-cycle	45
8.5 Analyzing, reporting and classification	47
Annexes	
A - Motorette construction (example)	49
B - Models for windings on poles (examples)	57
C - Equipment for moisture tests	61
Figures	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

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

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)5	2J(BC)9

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

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

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

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)5	2J(CO)9

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

Annexes A, B and C are for information only.

INTRODUCTION

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

La présente section de la CEI 34-18 traite de l'évaluation thermique et de la classification des systèmes d'isolation des enroulements à fils (généralement bobinés en vrac).

Plusieurs procédures d'essai normalisées sont données pour divers types d'enroulements à fils et diverses techniques d'essai.

La présente section appartient à la partie 18 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 directeurs généraux (CEI 34-18-1)

Section 31 : Procédure d'essai pour enroulements préformés (CEI 34-18-31).

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-18-21:1992

INTRODUCTION

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

This section of IEC 34-18 deals with the thermal evaluation and classification of insulation systems for wire-wound (usually random wound) windings.

Several standard test procedures are given for various types of wire-wound windings and testing techniques.

This section belongs to Part 18 of a series of publications dealing with the functional evaluation of insulation systems for rotating electrical machines, the other parts being:

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

Section 31: Test procedures for form-wound windings (IEC 34-18-31).

Withdrawing
IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 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

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 enroulements à fils à courant alternatif ou à courant continu. 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 21 et la section 1 doivent être utilisées conjointement.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 34-18. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 34-18 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 34-1: 1983, *Machines électriques tournantes - Première partie: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement.*

CEI 455, *Spécification relative aux composés résineux polymérisables sans solvant utilisés comme isolants électriques.*

CEI 464, *Spécification relative aux vernis isolants contenant un solvant.*

CEI 34-18-1: 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Section 1: Principes directeurs généraux.*

3 Considérations générales

3.1 Relation avec la section 1

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

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

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

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 wire-wound alternating current (a.c.) or direct current (d.c.) rotating electrical machines. 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 21 shall be used in conjunction with Section 1.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 34-18. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 34-18 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 34-1: 1983, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*.

IEC 455, *Specification for solventless polymerisable resinous compounds used for electrical insulation*.

IEC 464, *Specification for insulating varnishes containing solvent*.

IEC 34-18-1: 1991, *Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 1: General guidelines*.

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 machines. Unless the procedures of this part indicate otherwise, the principles of Section 1 shall be followed.

3.2 Procédures normalisées

Cinq procédures normalisées sont spécifiées dans les articles 4 à 8. L'utilisateur de cette norme doit choisir la procédure d'essai correspondant le mieux au type et à la taille des enroulements à essayer et à classer, en tenant compte également des installations et de l'expérience acquise.

3.3 Système d'isolation de référence

Un système d'isolation de référence doit être essayé en utilisant la même procédure d'essai que pour le système candidat. Se reporter en 4.2 de la section 1.

Les températures des classes thermiques des deux systèmes ne doivent pas différer de plus de 50 K.

3.4 Epreuves

3.4.1 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 de matériel ou à la pratique. Les systèmes comparés doivent avoir des configurations correspondant à celles qui seront utilisées pour les machines.

NOTE - Il est admis que l'on peut obtenir des valeurs nettement différentes de durée de vie en essai pour les mêmes matériaux d'isolation en fonction des épaisseurs d'isolation et des lignes de fuite.

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 ont été utilisés avec succès dans certains pays et des exemples en sont donnés dans les annexes A et B.

Le constructeur s'assurera que les matériaux proposés pour la fabrication du nouveau système d'isolation peuvent être manipulés sans dégradation de leurs propriétés lors des processus de fabrication prévus.

3.4.2 Essais de vérification de la qualité

Pour éliminer les épreuves défectueuses, il convient tout d'abord de les qualifier, comme il est indiqué en 5.2.3 de la section 1, par un examen visuel, puis en procédant à des essais de surtension en conformité avec les essais pratiqués sur les machines ou les bobines dans les installations de fabrication, ou comme ils sont décrits dans les paragraphes relatifs aux essais de diagnostic, en retenant l'essai de tension le plus contraignant.

3.2 *Standard procedures*

Five standard procedures are specified in clauses 4 through 8. The user of this standard shall select that test procedure which most closely corresponds to the type and size of the windings to be tested and classified, also taking into account facilities and past experience.

3.3 *Reference insulation system*

A reference insulation system shall be tested using the same test procedure as for the candidate system. See 4.2 of Section 1.

The thermal class temperatures of the two systems shall not differ by more than 50 K.

3.4 *Test objects*

3.4.1 *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 practice. The systems compared shall have arrangements consistent with those to be used in machines.

NOTE - It is recognized that markedly different values of test life may be obtained for the same insulating materials, depending on insulation thicknesses and creepage distances.

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

Particular types of models have been used successfully in some countries and examples of these are illustrated in annexes A and B.

The manufacturer should make certain that the materials proposed for use in the new insulation system can be handled without deterioration of properties in the intended manufacturing processes.

3.4.2 *Quality assurance tests*

To eliminate defective test objects, they should be qualified first, as per 5.2.3 of Section 1, by visual examination and then by over-voltage tests consistent with the machine or coil tests in the manufacturing facility, or as described in the appropriate subclauses for diagnostic tests, whichever voltage test is greater.

NOTE - Si nécessaire, on pourra pratiquer des essais supplémentaires de sélection (ou de qualification) comprenant:

- mesure de la résistance d'isolement;
- mesure de la tangente de l'angle de pertes et de la capacité;
- mesure de la tension d'apparition des décharges partielles;
- équilibre des courants de phase en fonctionnement;
- surtensions répétitives;
- mesure du courant de fuite;
- essai à haute tension.

Toute éprouvette présentant des écarts importants sera mise au rebut ou examinée pour déterminer les raisons de cet écart et on fera les ajustements nécessaires pour ces écarts.

3.5 *Vérification des essais de diagnostic*

On pourra procéder à un essai de vieillissement préliminaire conformément à 5.3.4 de la section 1 afin de vérifier la faisabilité du sous-cycle de diagnostic.

3.6 *Procédure d'essai de vieillissement thermique*

La procédure d'essai comprend plusieurs essais de vieillissement effectués à des températures de vieillissement différentes. Pour chaque température, on détermine la durée de vie en essai des systèmes d'isolation. En se basant sur les résultats de ces essais, la durée de vie en essai à la température de classe est évaluée par rapport à celle du système de référence à sa température de classe.

Chaque essai de vieillissement se déroule sous forme de cycles dont chacun comprend un sous-cycle de vieillissement thermique et un sous-cycle de diagnostic. Le sous-cycle de diagnostic peut comprendre un essai mécanique, un essai d'humidité, un essai de tension et d'autres essais de diagnostic.

3.7 *Températures de vieillissement et durées des sous-cycles*

Il convient que les considérations et procédures indiquées en 5.3.2 de la section 1 soient respectées et suivies.

Pour la procédure normale, les températures de vieillissement doivent être au moins au nombre de trois.

Lorsque le système d'isolation candidat présente un changement mineur par rapport à un système classifié, on pourra se référer à 5.3.2.2 de la section 1.

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

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

La température de vieillissement la plus basse sera choisie de façon à assurer une durée de vie en essai moyenne en coordonnées logarithmiques d'environ 5 000 h ou plus. On parvient généralement à cette valeur en choisissant la température de vieillissement la plus basse correspondant à une période d'exposition de 28 à 35 jours ou plus.

NOTE - When appropriate, additional screening (or qualifying) tests may be used, including the following:

- insulation resistance measurement;
- loss tangent and capacitance measurement;
- partial discharge inception voltage measurement;
- balance of phase currents while running;
- repetitive surge;
- leakage current;
- high-voltage test.

Any widely deviating object should be discarded or inspected to determine the reason for the deviation and appropriate allowances should be made for the deviations.

3.5 *Verification of diagnostic tests*

A preliminary ageing test according to 5.3.4 of Section 1, to check the feasibility of the diagnostic sub-cycle, may be performed.

3.6 *Thermal ageing test procedure*

The test procedure consists of several ageing tests, performed at different ageing temperatures. At each temperature, the test life of the insulation systems tested is determined. Based on these test life values, the life at the class temperature is estimated relative to that of the reference system at its class temperature.

Each ageing test is performed in cycles, each cycle consisting of a thermal ageing sub-cycle and a diagnostic sub-cycle. The diagnostic sub-cycle may include a mechanical test, a moisture test, a voltage test and other diagnostic tests.

3.7 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The considerations and procedures of 5.3.2 of Section 1 should be observed and followed.

For the normal procedure, the number of ageing temperatures shall be at least three.

Where the candidate insulation system represents a minor change from a classified system, 5.3.2.2 of Section 1 may be followed.

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

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 the 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.

Par ailleurs, on sélectionnera au moins deux autres températures de vieillissement supérieures, qui seront séparées par des intervalles de 20 K ou plus. Des intervalles de 10 K peuvent convenir lorsque les essais sont effectués à plus de trois températures de vieillissement.

Pour réduire au minimum l'incertitude due à l'extrapolation, il convient que la température d'essai la plus basse n'excède pas de plus de 25 K la température à laquelle les résultats seront extrapolés.

4 Procédure 1: Procédure d'essai de motorette

4.1 Généralités

4.1.1 Procédure 1

Cette procédure, qui utilise des modèles de type "motorette" comme éprouvettes, doit être désignée sous la référence CEI 34-18-1, Procédure 1.

4.1.2 Caractéristiques générales

Cette procédure d'essai d'endurance thermique se compose de plusieurs cycles, dont chacun comprend:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle de diagnostic qui comprend un essai mécanique, un essai d'humidité avec refroidissement de l'éprouvette et un essai de tension, effectués dans cet ordre.

4.2 Eprouvettes

4.2.1 Fabrication des éprouvettes

L'éprouvette utilisée dans cette procédure, appelée motorette, représente le système d'isolation à essayer.

La motorette doit être fabriquée de façon à englober tous les éléments essentiels; elle sera aussi représentative que possible du système d'isolation complet de l'enroulement. La motorette simule un enroulement à fils d'une structure à encoches.

L'annexe A décrit un exemple de motorette utilisée pour procéder à un essai sur l'isolation d'un enroulement à fils.

4.2.2 Nombre d'éprouvettes

Il convient que l'essai porte sur au moins 10 motorettes pour chaque température de vieillissement et pour chaque système d'isolation.

4.2.3 Essais de vérification de la qualité

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique, on doit effectuer les essais de vérification de la qualité suivants:

- examen visuel des éprouvettes;
- essais de tension conformément à la CEI 34-1;

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.

To minimize the uncertainty introduced by extrapolation the lowest test temperature should not exceed by more than 25 K the temperature to which the results will be extrapolated.

4 Procedure 1: Motorette test procedure

4.1 General

4.1.1 Procedure 1

This procedure, using "motorette" type models as test objects, shall be referred to as IEC 34-18-1, Procedure 1.

4.1.2 General features

This thermal endurance test procedure consists of several cycles. Each cycle consists of:

- a thermal ageing sub-cycle;
- a diagnostic sub-cycle which includes a mechanical test, a moisture test with test-specimen cooling and a voltage test, performed in that order.

4.2 Test objects

4.2.1 Construction of test objects

The test object in this procedure, designated motorette, models the insulation system to be tested.

The motorette shall be made to embody all of the essential elements and should be as nearly as possible representative of a complete winding insulation system. The motorette simulates a wire-wound winding of a slotted structure.

An example of a motorette used to test wire-wound winding insulation is described in annex A.

4.2.2 Number of test objects

At least 10 motorettes should be tested at each ageing temperature, for each insulation system.

4.2.3 Quality assurance tests

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

- visual inspection of the test objects;
- voltage tests according to IEC 34-1;

- essai entre conducteurs sous une tension alternative de 400 V, à l'aide d'un disjoncteur de 50 mA pour détecter les défaillances.

4.2.4 *Essais préliminaires de diagnostic*

Chaque éprouvette fabriquée doit être soumise aux essais de diagnostic décrits en 4.4 avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique.

4.3 *Sous-cycle de vieillissement thermique*

4.3.1 *Températures de vieillissement et durées des sous-cycles*

On doit suivre les procédures indiquées en 3.7.

4.3.2 *Moyens de chauffage*

On doit utiliser des étuves de vieillissement conformes aux indications de 5.3.3 de la section 1.

4.3.3 *Procédure de vieillissement*

Les motorettes doivent être introduites directement dans l'étuve chaude au début du sous-cycle de vieillissement, puis retirées de l'étuve pour être exposées immédiatement à l'air à la température ambiante à la fin du sous-cycle.

Afin de diminuer les effets dus aux différences de températures de vieillissement réelles entre les motorettes, celles-ci seront disposées au hasard dans l'étuve de vieillissement au cours des sous-cycles successifs de vieillissement thermique.

4.4 *Sous-cycle de diagnostic*

4.4.1 *Essai mécanique*

Au terme de chaque sous-cycle de vieillissement et après retour à la température ambiante, chaque motorette est soumise à des contraintes mécaniques sur une table vibrante pendant une période de 1 h.

Les motorettes sont montées de telle 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 sous l'effet des forces d'enroulement radiales s'exerçant sur les développantes dans un moteur réel. Cet essai de vibration est effectué à la température ambiante et sans tension.

L'amplitude recommandée pour les vibrations correspond à une accélération de 1,5 g (amplitude crête à crête de 0,2 mm à 60 Hz ou 0,3 mm à 50 Hz). Si le principe des contraintes en service (voir 5.5.1 de la section 1) conduit à une amplitude de vibration plus importante, on doit utiliser celle-ci et la mentionner dans le compte rendu d'essai.

4.4.2 *Essai d'humidité*

Conformément à 5.5.2 de la section 1, on doit effectuer un essai d'humidité d'au moins 48 h. Pendant cet essai, on doit constater sur les enroulements la présence de gouttelettes d'humidité visibles, sans écoulement. Les motorettes doivent être à une température proche de la température ambiante, comprise entre 15 °C et 35 °C. On doit noter les

- 400 V a.c. conductor-to-conductor test with 50 mA circuit breaker to detect failure.

4.2.4 *Initial diagnostic tests*

Each completed test object shall be subjected to the diagnostic tests of 4.4, before starting the first thermal ageing sub-cycle.

4.3 *Thermal ageing sub-cycle*

4.3.1 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The procedures given in 3.7 shall be followed.

4.3.2 *Means of heating*

Ageing ovens according to 5.3.3 of Section 1 shall be used.

4.3.3 *Ageing procedure*

The motorettes shall be loaded directly into the hot ageing oven at the beginning of the ageing sub-cycle, and removed from the oven directly to room temperature air at the end of the sub-cycle.

In order to diminish the effects of differences in actual ageing temperatures between individual motorettes, the locations of the motorettes in the ageing oven should be randomized in successive heat ageing sub-cycles.

4.4 *Diagnostic sub-cycle*

4.4.1 *Mechanical test*

Following each sub-cycle of thermal ageing, after cooling to room temperature, each motorette is subjected to mechanical stress on a shake table for a period of 1 h.

The motorettes are mounted so that the motion occurs at right angles to the plane of the coils so that the coil ends are excited to vibrate as they would under radial end-winding forces in an actual motor. This vibration test is made at room temperature and without any applied voltage.

The preferred amplitude of the vibration corresponds to an acceleration of 1,5 g (0,2 mm peak-to-peak amplitude at 60 Hz or 0,3 mm at 50 Hz). If the principle of service-related stresses (see 5.5.1 of Section 1) leads to a larger vibration amplitude, it shall be used and reported.

4.4.2 *Moisture test*

A moisture test of at least 48 h duration shall be performed, according to 5.5.2 of Section 1. Visible moisture droplets, without puddles, shall be present on the windings during the moisture test. The motorettes shall be at approximately room temperature, in the 15 °C to 35 °C range. The actual motorette temperatures shall be reported. No voltage

températures réelles des motorettes. Pendant cet essai, il n'est pas appliqué de tension sur les éprouvettes. Voir à l'annexe C des exemples d'équipements à utiliser pour ces essais.

On doit utiliser le principe des éprouvettes refroidies. Se reporter à cet effet à l'article C.2 de l'annexe C.

4.4.3 Essai de tension

Afin de contrôler l'état des échantillons et de déterminer le moment où s'est produite la fin de durée de vie, chaque échantillon est soumis à un essai de tension à fréquence industrielle après chaque exposition successive à l'humidité comme indiqué ci-après:

Tableau 1 - Tensions d'essai dans la procédure 1

Tension assignée en service	Tension à fréquence industrielle recommandée pour les essais ($V_{eff.}$)		
	A la masse	Entre bobines	Entre conducteurs *
110 – 400	400	400	110 ± 10
401 – 660	660	660	110 ± 10
661 – 1 000	A l'étude	A l'étude	A l'étude
* Plage de tensions acceptable, mais il convient que la valeur retenue soit utilisée de manière cohérente.			

Il convient que la tension d'essai à appliquer par rapport à la masse et entre bobines corresponde à la limite supérieure de la plage de tensions pour laquelle le système d'isolation est conçu. On peut utiliser une tension différente de 660 V afin de permettre, par exemple, l'utilisation d'un grand nombre de données d'essai prises à 600 V. On peut utiliser d'autres tensions d'essai pour la détermination de la fin de vie basée sur l'expérience en matière d'essai pour autant que l'on conserve les mêmes tensions pour le système de référence et le système candidat. Les écarts par rapport aux valeurs données dans le tableau 1 doivent être mentionnés dans le compte rendu.

Les tensions sont appliquées pendant une période de 10 min alors que les échantillons se trouvent toujours dans le dispositif d'essai d'humidité et qu'ils sont humides. La tension appliquée est maintenue successivement pendant 10 min avec un montage approprié, tout d'abord entre les conducteurs bobinés en parallèle, puis entre les bobines, et enfin entre toutes les bobines et la masse. Il est recommandé d'adjoindre des protections contre les surtensions au circuit d'essai pour éliminer les pointes de haute tension accidentelles.

D'après l'expérience, l'un des facteurs les plus importants dans les essais de motorettes réside dans les caractéristiques des disjoncteurs utilisés pour détecter les défaillances. Voir l'article A.3 de l'annexe A.

4.4.4 Autres essais de diagnostic

D'autres essais de diagnostic peuvent être effectués conformément à 5.5.4 de la section 1.

is applied to the test objects during this test. See annex C for examples of equipment for such tests.

The principle of cooled test objects shall be used. See clause C.2 of annex C.

4.4.3 Voltage test

In order to check the condition of the test specimens and determine when the end of test life has been reached, power-frequency voltage is applied after each successive exposure to moisture, as follows:

Table 1 - Test voltages in procedure 1

Rated voltage in service	Recommended power-frequency voltage for testing ($V_{r.m.s.}$)		
	To frame	Between coils	Between conductors *
110 – 400	400	400	110 ± 10
401 – 660	660	660	110 ± 10
661 – 1 000	Under consideration	Under consideration	Under consideration
* Range of acceptable voltage; however, the value chosen should be used consistently.			

The test voltage to be used to frame and between coils should correspond to the upper limit of the voltage range for which that insulation system is intended. A voltage other than 660 V may be employed in order, for example, to permit the use of much test data taken at 600 V. Other test voltages may be used for end-point determination based on test experience as long as these voltages are maintained consistently for both the reference and the candidate systems. Deviations from values given in table 1 shall be reported.

The voltages are applied for a period of 10 min while the test specimens are still in the equipment for moisture test, wet with moisture. The applied voltage is held successively, each time for 10 min using appropriate circuitry, first between the parallel wound conductors, then from coil to coil, and finally from all coils to frame. It is suggested that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high-voltage spikes.

Based on experience, one of the most significant factors in the testing of motorettes is the characteristics of the circuit breakers used to detect failure. See clause A.3 of annex A.

4.4.4 Other diagnostic tests

Other diagnostic tests may be performed according to 5.5.4 of Section 1.

4.5 Analyse, compte rendu et classification

On doit suivre les procédures indiquées en 5.6 de la section 1. Les autres points à mentionner dans les comptes rendus sont indiqués en 4.4.1 et 4.4.3.

5 Procédure 2: Procédure d'essai de moteurs

5.1 Généralités

5.1.1 Procédure 2

Cette procédure, qui utilise comme éprouvettes des moteurs réels, doit être désignée sous la référence CEI 34-18-1, Procédure 2.

5.1.2 Caractéristiques générales

Cette procédure d'essai d'endurance thermique se compose de plusieurs cycles, dont chacun comprend:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle d'essai de diagnostic qui peut comprendre un essai d'humidité. La tension est appliquée en permanence pendant que le moteur tourne et constitue également un facteur de diagnostic.

Des contraintes thermomécaniques plus importantes et des concentrations supérieures des produits de décomposition se produisent lorsque les essais sont effectués à des températures supérieures aux températures réelles. Aussi, il est admis que les défaillances dues à des contraintes mécaniques ou à des tensions anormalement élevées présentent généralement un caractère différent de celui des défaillances qui se produisent à long terme en service.

Par suite de variations au niveau du contrôle des principaux paramètres d'essai, des processus de fabrication et des méthodes d'essai des moteurs, il est extrêmement difficile de comparer des essais de moteur d'une installation à une autre. L'objet de cette procédure est de comparer les systèmes d'isolation de moteurs au sein d'une installation de fabrication et d'une installation d'essai.

Bien que les essais portent sur des moteurs réels, les résultats ne peuvent servir à déterminer la durée d'endurance en fonctionnement réel de façon absolue. Ces essais ne peuvent servir que de moyens de classification par comparaison des systèmes d'isolation.

5.2 Eprouvettes

5.2.1 Fabrication des éprouvettes

Les éprouvettes sont des moteurs complets. Un moteur peut être modifié pour l'essai afin d'augmenter sa durée de vie mécanique. Pour augmenter son échauffement, on peut faire appel à diverses techniques à condition qu'aucune modification ne soit apportée au système d'isolation et à son environnement immédiat.

Lors des essais sur les moteurs réels, les dimensions des composants et les processus de fabrication des enroulements, ainsi que leurs formes, ont des incidences sur les résultats des essais. Les processus de fabrication seront donc les mêmes que ceux qui sont utilisés ou que l'on envisage d'utiliser en production normale.

4.5 *Analyzing, reporting and classification*

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be followed. Additional items to be reported are indicated in 4.4.1 and 4.4.3.

5 **Procedure 2: Motor test procedure**

5.1 *General*

5.1.1 *Procedure 2*

This procedure, using actual motors as test objects, shall be referred to as IEC 34-18-1, Procedure 2.

5.1.2 *General features*

This thermal endurance test procedure consists of several cycles. Each cycle consists of:

- a thermal ageing sub-cycle;
- a diagnostic test sub-cycle, which may include a moisture test. Voltage is applied continuously during the running of the motor and is also a diagnostic factor.

Greater thermomechanical stress and higher concentration of the products of decomposition occur during tests at higher than actual temperature. Also, it is recognized that failures from abnormally high mechanical stress or voltages are generally of a different character from those failures which are produced in long service.

Due to variations in control of key test parameters, manufacturing processes and methods of testing motors, it is exceedingly difficult to compare motor tests of one facility to those of another. It is the intent of this procedure to compare motor insulation systems within one manufacturing and one testing facility.

Even though actual motors are tested, the results cannot be used to determine endurance time in actual service in an absolute sense. The tests can be used as a means of classification only by comparing insulation systems.

5.2 *Test objects*

5.2.1 *Construction of test objects*

The test objects are complete motors. A motor may be modified for the test to increase its mechanical life. To increase its temperature rise various techniques may be employed provided no changes are made in the insulation system and its immediate environment.

In the tests on actual motors the dimensions of components and the manufacturing processes of winding and shaping do affect the test results. Therefore, the manufacturing processes should be those used or contemplated for use in normal production.

5.2.2 Nombre d'éprouvettes

Il convient d'effectuer les essais sur au moins cinq moteurs pour chaque température de vieillissement et pour chaque système d'isolation.

5.2.3 Essais de vérification de la qualité

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique, on doit effectuer les essais de vérification de la qualité suivants:

- examen visuel avant le montage des moteurs;
- essais de tension conformément à la CEI 34-1.

5.2.4 Essais préliminaires de diagnostic

Chaque éprouvette terminée doit être soumise aux essais de diagnostic stipulés en 5.4 avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique.

5.3 Sous-cycle de vieillissement thermique

5.3.1 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles

On doit suivre les procédures indiquées en 3.7.

Les températures d'essai doivent être mesurées par la méthode de variation de résistance. On peut installer des thermocouples à titre de contrôle. La température sera contrôlée avec la précision prescrite en 5.3.3 de la section 1, après obtention de la température de vieillissement thermique. Si la température de l'un des moteurs s'écarte de façon notable de la moyenne pour le groupe soumis aux essais à une même température, il en sera fait mention et on en tiendra compte lors de l'analyse des données.

5.3.2 Moyens de chauffage

Le mode de production de la chaleur dépend du type de moteur utilisé au cours de l'essai et de l'équipement de laboratoire disponible. On peut atteindre des températures d'enroulement supérieures à la normale en augmentant les pertes du moteur par divers procédés tels que: agrandissement de l'entrefer, démarrage et inversion du sens de rotation de chaque moteur, superposition de courant continu au courant alternatif normal, ou augmentation de la température de l'air environnant le moteur. Pour la régulation de la température pendant la partie du cycle consacrée au vieillissement thermique, on peut faire fonctionner les moteurs à la tension et à la fréquence normales avec une commande électrique qui fait démarrer et qui arrête automatiquement les moteurs ou qui inverse leur sens de rotation par intervalles. La variation automatique de la tension, le réglage de la température de l'air ambiant ou une combinaison des deux constituent d'autres moyens acceptables pour contrôler la température.

Les moyens de chauffage doivent être décrits en détail dans le compte rendu d'essai.

Les moteurs monophasés doivent effectuer au moins 250 opérations de démarrage-arrêt chaque jour de la partie du cycle consacrée au vieillissement thermique. L'enroulement de démarrage d'un moteur monophasé fonctionne normalement avec une densité de courant nettement supérieure à celle de l'enroulement principal pendant le démarrage. Pendant chaque démarrage, la température peut dépasser de 10 K à 30 K celle de l'enroulement principal. Pour s'assurer que c'est bien l'enroulement principal du système d'isolation qui est le plus contraint, il convient d'effectuer un nombre raisonnable de démarrages.

5.2.2 *Number of test objects*

At least five motors should be tested at each ageing temperature for each insulation system.

5.2.3 *Quality assurance tests*

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

- visual inspection before assembly of the motors;
- voltage tests according to IEC 34-1.

5.2.4 *Initial diagnostic tests*

Each completed test object shall be subjected to the diagnostic tests of 5.4, before starting the first thermal ageing sub-cycle.

5.3 *Thermal ageing sub-cycle*

5.3.1 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The procedures given in 3.7 shall be followed.

Test temperatures shall be measured by the resistance method. Thermocouples may be installed for purposes of control. The temperature should be controlled to the accuracy prescribed in 5.3.3 of Section 1 after the thermal ageing temperature is reached. If the temperature of any one motor deviates appreciably from the average for the group being run at a common temperature it should be so reported and taken into account in the analysis of the data.

5.3.2 *Means of heating*

The mode of heat generation is dictated by the type of motor being used in the test and the laboratory equipment available. Higher than normal winding temperatures may be obtained by increasing motor losses by such means as enlarging the air gap, starting and reversing each motor, superimposition of direct current on the normal alternating current, or by increasing the temperature of the air surrounding the motor. For temperature regulation during the heat ageing portion of the cycle, the motors may be run at normal voltage and frequency with an electrical control which automatically starts and stops or reverses the direction of rotation of the motors at intervals. Other acceptable means of temperature control include automatic voltage variation, adjustment of the surrounding air temperature, or combinations thereof.

The means of heating shall be described in detail in the test report.

Single-phase motors shall have at least 250 start-stop operations each day of the heat ageing portion of the cycle. The starting winding of a single-phase motor normally operates at a much higher current density than the main winding during starting. During each start it may reach a temperature of 10 K to 30 K higher than the main winding. In order to ensure that the correct emphasis is placed on the main winding portion of the insulation system, a reasonable number of starts should be employed.

Les moteurs polyphasés doivent avoir effectué au moins 1 000 démarrages ou inversions du sens de rotation chaque jour de la partie du cycle consacrée au vieillissement thermique. Les pertes électriques pendant l'inversion servent souvent à maintenir des températures élevées; dans ce cas, le nombre d'inversions du sens de rotation peut nettement dépasser 1 000 par jour. Lors des essais à la température maximale, la durée totale d'exposition est relativement courte et il en résulte un nombre relativement faible d'inversions pendant la durée de l'essai. Pour la température minimale, la durée d'exposition peut être de 16 à 20 fois plus longue que lors de l'essai à température maximale. Une grande différence sur le nombre total de démarrages aurait des incidences sur la pente de la courbe - «temps-température» d'un cycle. Il est donc recommandé que le nombre d'inversions du sens de rotation à température basse n'excède pas deux fois le nombre d'inversions à température élevée. Théoriquement, il convient de rechercher un nombre égal d'inversions pour chaque température.

5.3.3 Procédure de vieillissement

Pendant le cycle de vieillissement thermique, on fait fonctionner les moteurs comme il est indiqué en 5.3.2. Le temps de montée en température doit être considéré comme faisant partie de la période de vieillissement thermique alors que le temps de refroidissement n'en fait pas partie. Au terme du sous-cycle de vieillissement thermique, on laisse les moteurs se refroidir jusqu'à la température ambiante avant le sous-cycle de diagnostic. On peut accélérer le refroidissement en faisant tourner les moteurs à vide pendant un certain temps, avec une ventilation non obstruée si les machines sont avec circuit de refroidissement ouvert.

5.3.4 Contraintes mécaniques pendant le sous-cycle de vieillissement thermique

Les contraintes mécaniques sont obtenues lors des essais sur les moteurs réels par les vibrations normales du moteur en fonctionnement et par les démarrages ou les inversions du sens de rotation, ou par ces deux conditions. Un choc mécanique se produit lors du démarrage ou de l'inversion du sens de rotation. On peut augmenter l'amplitude des vibrations à la fréquence double du réseau en élargissant l'entrefer. Des forces plus importantes apparaissent dans les enroulements et sont le résultat des courants élevés lors du démarrage et de l'inversion du sens de rotation des moteurs. Lors d'un essai, ces forces mécaniques se produisent aux températures élevées.

Les moteurs en essai seront soit montés solidement, soit montés sur des blocs amortisseurs qui assureront un choc uniforme à tous les moteurs. La méthode de montage utilisée doit être mentionnée dans le compte rendu. Les éprouvettes contenant le système d'isolation candidat doivent être montées de la même manière que les éprouvettes contenant le système de référence.

5.4 Sous-cycle de diagnostic

5.4.1 Essai d'humidité

On doit procéder à un essai d'humidité d'au moins 48 h, excepté pour les moteurs entièrement fermés (degré de protection IP44 ou plus) et pour les machines à courant continu où l'essai d'humidité n'est pas obligatoire, car il peut ne pas être possible. L'humidité doit être visible sur les enroulements sous forme de gouttelettes, sans écoulement, pendant l'essai d'humidité. Pour assurer une condensation visible, il convient que la température du système d'isolation soit en permanence inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère humide ambiante. La méthode recommandée pour répondre à cet impératif consiste à utiliser une chambre de condensation avec éprouvettes refroidies. Cette chambre est décrite à l'article C.2 de l'annexe C.

Polyphase motors shall have at least 1 000 starts or reversals each day of the heat ageing portion of the cycle. Often the electrical loss during reversal is used to maintain the elevated temperatures, in which case the number of reversals may greatly exceed 1 000 per day. At the highest temperature test the total time of exposure is relatively short which results in a relatively low number of reversals during the life of the test. At the lowest temperature, the time of exposure may be 16 to 20 times as long as that of the highest level. A wide variation in total number of starts would affect the slope of the time-temperature curve within a cycle. Thus, it is recommended that the number of reversals at the low temperature be no greater than twice those at the high temperature. Ideally an equal number of reversals at each temperature should be sought.

5.3.3 Ageing procedure

Motors are run during the thermal ageing cycle as described in 5.3.2. The heating-up time is to be considered as part of the thermal ageing period while the cooling-down time is not. At the end of the ageing sub-cycle, motors are allowed to cool to room temperature before starting the diagnostic sub-cycle. The cooling rate may be increased by running the motors at no-load for a time, with unrestricted ventilation if the machines are open-ventilated.

5.3.4 Mechanical stresses during the thermal ageing sub-cycle

Mechanical stress is obtained in tests on actual motors by the normal vibration of the motor running and with starts or reversals, or both. There is mechanical shock from starting or reversing. The vibration amplitude at twice the line frequency may be increased by enlarging the air gap. Larger forces are present in the windings as a result of the high currents during starting and reversing of the motors. In a test these mechanical forces occur at elevated temperatures.

The test motors should either be solidly mounted or mounted on shock pads that will give a uniform amount of shock to all motors. The mounting method shall be reported. The test objects containing the candidate insulation system shall be mounted in the same way as the test objects containing the reference system.

5.4 Diagnostic sub-cycle

5.4.1 Moisture test

A moisture test of at least 48 h shall be used, except that for totally enclosed machines (degrees of protection IP44 or more) and for d.c. machines a moisture test is not mandatory because it may not be practicable. Moisture shall be visible on the windings as droplets, without puddles, during the moisture test. To ensure visible condensation, the insulation system should be at a lower temperature than the dew point of the surrounding moisture-laden atmosphere at all times. The preferred method of meeting this requirement is by the use of a condensation test chamber with cooled test objects described in clause C.2 of annex C.

Les moteurs de grandes dimensions risquent d'être difficiles à déplacer et à placer dans les équipements utilisés pour les essais d'humidité, ou de tels équipements risquent de ne pas exister. Parmi les autres méthodes que l'on peut utiliser pour l'application d'humidité, on notera: pose d'une enceinte autour du moteur, utilisation d'une chambre d'humidification classique ou d'une chambre à brouillard.

Si les essais doivent porter sur des machines entièrement fermées, il convient de déposer les capots d'extrémité ou les couvercles des borniers ou d'aménager des ouvertures dans les enveloppes pour l'exposition à l'humidité.

Aucune tension n'est appliquée pendant l'exposition à l'humidité.

5.4.2 Essai de tension

L'essai de tension de diagnostic est effectué pendant tout le sous-cycle de vieillissement thermique.

On fera démarrer et fonctionner les moteurs immédiatement après l'essai d'humidité, alors que les enroulements sont encore humides. Pour les machines qui doivent être remontées avant le fonctionnement, on effectuera, avant assemblage, un essai à haute tension à fréquence industrielle avec la tension assignée la plus élevée entre les enroulements et la masse pendant 10 min lorsque les échantillons sont encore humides. Pendant une partie au moins du sous-cycle de vieillissement thermique, les moteurs doivent fonctionner à leur tension assignée la plus élevée indiquée sur la plaque signalétique. On utilisera une source de puissance mise à la terre à travers une impédance de limitation de courant et le châssis du moteur sera mis à la terre afin que les contraintes de tension s'exercent pendant toute la partie de vieillissement thermique du cycle. Un circuit de détection du courant à la masse sera utilisé pour repérer l'instant du défaut de l'isolation à la masse. Pendant ces essais, la fin de la durée de vie du moteur est déterminée par la défaillance électrique de l'isolation de son enroulement sous la tension assignée appliquée. Le démarrage sans discrimination dans un sens de rotation ou dans l'autre d'un moteur monophasé peut indiquer la défaillance de l'enroulement de démarrage.

Il est recommandé d'adjoindre des protections contre les surtensions au circuit d'essai pour éliminer les pointes de haute tension accidentelles.

5.4.3 Autres essais de diagnostic

Les moteurs peuvent être soumis à un essai de comparaison de tenue aux chocs répétés, effectué sur chaque enroulement ou sur chaque phase du moteur successivement. Comme les essais de choc contraignent également l'isolation à la masse, aucune des tensions utilisées ne doit dépasser la valeur de crête de la tension d'essai par rapport à la masse spécifiée dans la CEI 34-1.

D'autres essais de diagnostic peuvent être effectués comme il est indiqué en 5.5.4 de la section 1.

5.5 Analyse, compte rendu et classification

On doit suivre les procédures indiquées en 5.6 de la section 1.

Les autres points à mentionner dans les comptes rendus sont indiqués en 5.3.1 et 5.3.2.

However, larger motors may be difficult to move and difficult to support in equipment for moisture test, or such equipment may not be available. Other methods of applying moisture include: placing an enclosing hood around the motor, or using a conventional humidity cabinet or a fog chamber.

If totally enclosed machines are to be tested, end bells or the covers of terminal boxes should be removed, or openings should be provided in the enclosures for the moisture exposure.

No voltage is applied during the moisture exposure.

5.4.2 *Voltage test*

The diagnostic voltage test is carried out throughout the thermal ageing sub-cycle.

The motors should be started and run immediately after the moisture test while the windings are still wet. For machines that have to be reassembled prior to running, a power-frequency high potential test should be applied at the highest rated voltage from windings to frame for 10 min while wet before assembly. During at least part of the thermal ageing sub-cycle the motors are to be run at their highest rated nameplate voltage. A power source earthed through a current limiting impedance should be used and the motor frame should be earthed so that voltage stresses are present during the entire thermal ageing portion of the cycle. A detection circuit for current to frame should be used to detect when insulation to the frame has failed. The end point of the motor life in these tests is fixed by the electrical failure of its winding insulation, under a rated applied voltage. Indiscriminate starting in either direction of rotation of a single-phase motor may indicate failure of the starting winding.

It is suggested that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high-voltage spikes.

5.4.3 *Other diagnostic tests*

The motors may be given a repeated surge comparison test applied to each winding or phase of the motor in sequence. Since surge tests also stress frame insulation, no voltage shall be used which is higher than the crest of the frame test voltage specified in IEC 34-1.

Other diagnostic tests may be performed according to 5.5.4 of Section 1.

5.5 *Analyzing, reporting and classification*

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be followed.

Additional items to be reported are indicated in 5.3.1 and 5.3.2.

6 Procédure 3: Procédure d'essai pour enroulements statoriques dans des encoches

6.1 Généralités

6.1.1 Procédure 3

Cette procédure, qui utilise comme éprouvettes des enroulements assemblés dans les encoches d'un stator, doit être désignée sous la référence CEI 34-18-21, procédure 3.

6.1.2 Caractéristiques générales

Cette procédure d'essai d'endurance thermique se compose de plusieurs cycles dont chacun comprend:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle de diagnostic qui comprend un essai mécanique, un essai d'humidité et un essai de tension, effectués dans cet ordre.

6.2 Eprouvettes

6.2.1 Fabrication des éprouvettes

Les éprouvettes sont de véritables enroulements ou des parties d'enroulements réels montées dans de vrais stators.

Chaque éprouvette peut contenir plusieurs échantillons individuels d'essai.

Un échantillon doit permettre de caractériser l'isolation entre spires, l'isolation entre bobines et l'isolation entre bobine et masse.

Les éprouvettes doivent être fabriquées selon les méthodes de fabrication normales ou prévues.

6.2.2 Nombre d'échantillons

Pour chaque température de vieillissement, on effectuera des essais sur au moins 10 échantillons appartenant à un minimum de deux éprouvettes, pour chaque température de vieillissement et pour chaque système d'isolation.

6.2.3 Essais de vérification de la qualité

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique, on doit effectuer les essais de vérification de la qualité suivants:

- examen visuel des éprouvettes;
- essais de tension conformément à la CEI 34-1.

6.2.4 Essais préliminaires de diagnostic

Chaque éprouvette fabriquée doit être soumise aux essais de diagnostic de 6.4 avant que l'on ne procède au premier sous-cycle de vieillissement thermique.

6 Procedure 3: Test procedure for stator windings in slots

6.1 General

6.1.1 Procedure 3

This procedure, using windings assembled in the slots of a stator as test objects, shall be referred to as IEC 34-18-21, Procedure 3.

6.1.2 General features

This thermal endurance test procedure consists of several cycles. Each cycle consists of:

- a thermal ageing sub-cycle;
- a diagnostic sub-cycle which includes a mechanical test, a moisture test and a voltage test, performed in that order.

6.2 Test objects

6.2.1 Construction of test objects

Test objects are actual windings or parts of actual windings in actual stators.

Each test object may contain several individual test specimens.

A test specimen shall contain features for testing turn insulation, coil-to-coil insulation and coil-to-frame insulation.

The test objects shall be manufactured using the normal or intended manufacturing process.

6.2.2 Number of test specimens

At each ageing temperature, at least ten specimens in a minimum of two test objects should be tested at each ageing temperature for each insulation system.

6.2.3 Quality assurance tests

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

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

6.2.4 Initial diagnostic tests

Each completed test object shall be subjected to the diagnostic tests of 6.4, before starting the first thermal ageing sub-cycle.

6.3 *Sous-cycle de vieillissement thermique*

6.3.1 *Températures de vieillissement et durées des sous-cycles*

On doit suivre les procédures indiquées en 3.7.

6.3.2 *Moyens de chauffage*

On peut utiliser des étuves de vieillissement conformes aux indications données en 5.3.3 de la section 1 ou on procédera à un chauffage par résistance interne, selon le cas.

6.3.3 *Procédure de vieillissement*

Lorsqu'on utilise des étuves, les éprouvettes doivent être introduites directement dans l'étuve chaude au début du sous-cycle de vieillissement, puis retirées de l'étuve et exposées immédiatement à l'air à la température ambiante à la fin du sous-cycle, ou être refroidies de façon à provoquer les mêmes effets.

Si cela est possible, on disposera les éprouvettes au hasard dans l'étuve. Se reporter en 4.3.3.

6.4 *Sous-cycle de diagnostic*

6.4.1 *Essai mécanique*

Avant de procéder à cet essai, les éprouvettes sont refroidies jusqu'à une température proche de la température ambiante.

La méthode utilisée pour produire des contraintes mécaniques doit être décrite dans le compte rendu d'essai. On peut utiliser une table vibrante.

Les contraintes mécaniques doivent être au moins égales en grandeur aux valeurs les plus élevées des contraintes transitoires en service et de même nature.

Les contraintes mécaniques doivent être appliquées pendant au moins 1 000 cycles de vibration à une amplitude correspondant à celle de la contrainte transitoire.

NOTE - Un essai de surintensité peut servir à produire des efforts électrodynamiques au moins égaux à ceux qui correspondent à l'inversion du sens de rotation du moteur.

6.4.2 *Essai d'humidité*

On doit procéder à un essai d'humidité d'au moins 48 h conformément à 5.5.2 de la section 1. Pendant cet essai, on devra constater sur les enroulements la présence de gouttelettes d'humidité visibles, sans écoulement. Les éprouvettes doivent être à une température proche de la température ambiante, comprise entre 15 °C et 35 °C. La température réelle de l'éprouvette doit être mentionnée dans le compte rendu. Pendant cet essai, aucune tension n'est appliquée aux échantillons. Les équipements recommandés pour réaliser l'essai d'humidité sont décrits à l'article C.1 de l'annexe C.

6.4.3 *Essai de tension*

Afin de contrôler l'état des échantillons et de déterminer le moment où s'est produite la fin de durée de vie, la tension est appliquée après chaque exposition successive à l'humidité, comme indiqué ci-après.

6.3 *Thermal ageing sub-cycle*

6.3.1 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The procedures given in 3.7 shall be followed.

6.3.2 *Means of heating*

Ageing ovens according to 5.3.3 of Section 1, or internal resistance heating may be used where applicable.

6.3.3 *Ageing procedure*

When ovens are used, the test objects shall be loaded directly into the hot ageing oven at the beginning of the ageing sub-cycle, and removed from the oven directly to room temperature air at the end of the sub-cycle, or cooled with equivalent effects.

The location of the test objects within the oven should be randomized, if feasible. See 4.3.3.

6.4 *Diagnostic sub-cycle*

6.4.1 *Mechanical test*

The test objects are cooled to approximately room temperature before testing.

The method for producing mechanical stresses shall be described in the test report. A shake table may be used.

Mechanical stresses shall be at least as great as the highest transient service stresses in magnitude, and of the same character.

Mechanical stresses shall be applied for at least 1 000 vibration cycles at transient stress magnitude.

NOTE An overcurrent test may be used to produce electrodynamic forces at least as great as the forces arising when the motor rotation is reversed.

6.4.2 *Moisture test*

A moisture test of at least 48 h duration shall be performed according to 5.5.2 of Section 1. Visible moisture droplets, without puddles, are to be present on the windings during the moisture test. The test objects shall be at approximately room temperature, in the 15 °C to 35 °C range. The actual test object temperature shall be reported. No voltage is applied to the test specimens during this test. The preferred equipment for applying moisture is described in clause C.1 of annex C.

6.4.3 *Voltage test*

In order to check the condition of the test specimens and determine when the end of test life has been reached, voltage is applied after each successive exposure to moisture, as follows.

Il convient de choisir les tensions d'essai dans le tableau 1. On peut utiliser d'autres tensions d'essai pour la détermination de la fin de la vie d'après l'expérience en matière d'essais pour autant que l'on conserve les mêmes tensions pour le système de référence et pour le système candidat. Les écarts par rapport aux valeurs données dans le tableau 1 doivent être mentionnés dans le compte rendu.

La tension d'essai est appliquée pendant 10 min successivement entre spires, entre bobines et entre toutes les bobines et la masse. La tension doit être appliquée lorsque les échantillons sont encore humides et de préférence lorsqu'ils sont encore dans la chambre d'humidification, à une température proche de la température ambiante. Afin d'éliminer les pointes de haute tension accidentelles, on suggère d'incorporer des dispositifs de protection contre les surtensions dans le circuit d'essai.

6.4.4 *Autres essais de diagnostic*

D'autres essais de diagnostic peuvent être effectués conformément à 5.5.4 de la section 1.

6.5 *Analyse, compte rendu et classification*

On doit suivre les procédures indiquées en 5.6 de la section 1.

Les autres points à mentionner dans les comptes rendus sont indiqués en 6.4.1, 6.4.2 et 6.4.3.

7 **Procédure 4: Procédure d'essai pour enroulements polaires**

7.1 *Généralités*

7.1.1 *Procédure 4*

Cette procédure, qui utilise comme éprouvettes des enroulements polaires, doit être désignée sous la référence CEI 34-18-21, procédure 4.

7.1.2 *Caractéristiques générales*

Cette procédure d'essai d'endurance thermique se compose de plusieurs cycles dont chacun comprend:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle de diagnostic qui comprend un essai mécanique, un essai d'humidité et un essai de tension, effectués dans cet ordre.

7.2 *Eprouvettes*

7.2.1 *Fabrication des éprouvettes*

L'éprouvette utilisée dans cette procédure est un modèle de système d'isolation de bobines de champ, monté sur un pôle. L'éprouvette doit être fabriquée de façon à reprendre tous les éléments essentiels; elle sera aussi représentative que possible du système d'isolation complet de l'enroulement.

a) *Bobines de champ à enroulements à fils jetés*

En ce qui concerne les bobines de champ à enroulements à fils jetés, comme on les utilise dans les petites machines à courant continu et synchrones, on utilisera comme éprouvettes des modèles appropriés et pratiques.

Test voltages should be selected from table 1. Other test voltages may be used for end-point determination based on test experience as long as these voltages are maintained consistently for both the reference and candidate systems. Deviations from values given in table 1 shall be reported.

A test voltage of 10 min duration is applied in sequence between turns, between coils, and from all coils to frame. The voltage shall be applied while the specimens are still wet from exposure, preferably while still in the humidity chamber, at approximately room temperature. It is suggested that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high-voltage spikes.

6.4.4 *Other diagnostic tests*

Other diagnostic tests may be performed according to 5.5.4 of Section 1.

6.5 *Analyzing, reporting and classification*

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be followed.

Additional items to be reported are indicated in 6.4.1, 6.4.2 and 6.4.3.

7 **Procedure 4: Test procedure for pole windings**

7.1 *General*

7.1.1 *Procedure 4*

This procedure using pole windings as test objects, shall be referred to as IEC 34-18-21, Procedure 4.

7.1.2 *General features*

This thermal endurance test procedure consists of several cycles. Each cycle consists of:

- a thermal ageing sub-cycle;
- a diagnostic sub-cycle, which includes a mechanical test, a moisture test and a voltage test, performed in that order.

7.2 *Test objects*

7.2.1 *Construction of test objects*

The test object used in this procedure models the insulation system of field coils mounted on a pole. It shall be made to embody all of the essential elements and should be as nearly as possible representative of the complete winding insulation system.

a) Random wire-wound field coils

For random wire-wound field coils as used in small d.c. and synchronous machines, appropriate and convenient models should be used as test objects.

L'annexe B décrit un exemple de modèle de bobine à utiliser pour les essais de systèmes d'isolation de bobine de champ statorique à enroulements à fils jetés. Des pièces polaires prélevées en production peuvent être utilisées si on le souhaite et peuvent, en fait, se révéler nécessaires dans certains cas lorsque les contraintes produites dans l'ensemble «bobine-pôle» provoquent des déformations de pôle. Ces mouvements introduiraient, en effet, des différences inadéquates par rapport aux conditions réelles en service.

b) Bobines de champ à enroulements à fils rangés

L'annexe B donne la description d'un exemple d'éprouvette pour les essais de bobines de champ à enroulements en couches ou à enroulements à fils rangés comme on les utilise sur les grandes machines à courant continu. Le montage d'essai est similaire à celui qui est réalisé pour les essais de bobines à enroulements à fils jetés, à l'exception de l'épanouissement polaire qui est supprimé.

7.2.2 Nombre d'éprouvettes

On doit effectuer des essais sur au moins 10 éprouvettes pour chaque température de vieillissement et pour chaque système d'isolation.

7.2.3 Essais de vérification de la qualité

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique, on doit effectuer les essais préliminaires suivants:

- examen visuel des éprouvettes;
- essais de tension conformément à la CEI 34-1.

7.2.4 Essais préliminaires de diagnostic

Chaque éprouvette fabriquée doit être soumise aux essais de diagnostic de 7.4 avant que l'on ne procède au premier sous-cycle de vieillissement thermique.

7.3 Sous-cycle de vieillissement thermique

7.3.1 Températures de vieillissement et durées des sous-cycles

On doit suivre les procédures indiquées en 3.7.

7.3.2 Moyens de chauffage

On doit utiliser des étuves de vieillissement conformes aux indications de 5.3.3 de la section 1.

7.3.3 Procédure de vieillissement

Les éprouvettes doivent être introduites directement dans l'étuve chaude au début du sous-cycle de vieillissement puis retirées de l'étuve pour être exposées immédiatement à l'air à la température ambiante à la fin du sous-cycle.

Si possible, les éprouvettes seront disposées au hasard dans l'étuve. Se reporter en 4.3.3.

An example of a model coil assembly for the purpose of testing random-wound stator field coil insulation is described in annex B. Actual pole pieces taken from production may be used if desired and may actually be necessary in some cases if the stresses developed in the coil-pole assembly produce deflections of the formed-shell pole. Such movement would introduce inappropriate variations from actual service conditions.

b) Precision wire-wound field coils

An example of a test object for layer-wound or precision-wound field coils as used for example in larger d.c. machines is described in annex B. The test fixture is similar to that for the random-wound coil but omits the curvature at the pole shoe.

7.2.2 *Number of test objects*

At least 10 test objects shall be tested at each ageing temperature for each insulation system.

7.2.3 *Quality assurance tests*

Before the first thermal ageing sub-cycle is started, the following initial tests shall be performed:

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

7.2.4 *Initial diagnostic tests*

Each completed test object shall be subjected to the diagnostic tests of 7.4, before starting the first thermal ageing sub-cycle.

7.3 *Thermal ageing sub-cycle*

7.3.1 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The procedures given in 3.7 shall be followed.

7.3.2 *Means of heating*

Ageing ovens according to 5.3.3 of Section 1 shall be used.

7.3.3 *Ageing procedure*

The test objects shall be loaded directly into the hot ageing oven at the beginning of the ageing sub-cycle, and removed from the oven directly to room temperature air at the end of the sub-cycle.

The location of the test objects within the oven should be randomized if feasible. See 4.3.3.

7.4 *Sous-cycle de diagnostic*

7.4.1 *Essai mécanique*

Après chaque sous-cycle de vieillissement thermique et après refroidissement jusqu'à la température ambiante, chaque échantillon doit être soumis à des contraintes mécaniques.

Il est recommandé que les contraintes mécaniques soient de même nature que celles rencontrées en service et d'une sévérité comparable aux contraintes les plus élevées susceptibles de se présenter en service normal.

L'essai normalisé de bobines statoriques consiste à placer ces dernières sur une table vibrante conformément à 5.5.1 de la section 1. Les éprouvettes seront montées de telle façon que le mouvement se produise perpendiculairement au plan de chacune des spires du conducteur afin que les extrémités des bobines soient excitées et puissent entrer en vibration comme elles le feraient sous l'effet des forces radiales s'exerçant sur les développantes dans une véritable machine. Cet essai de vibration sera effectué à la température ambiante et sans tension. Les échantillons doivent être excités de façon à vibrer pendant une période de 1 h. L'amplitude recommandée de la vibration correspond à une accélération de 1,5 g (15 m/s²), soit une amplitude crête à crête de la vibration de 0,3 mm à 50 Hz ou 0,2 mm à 60 Hz. Si le principe général énoncé ci-dessus exige une plus grande amplitude, on doit l'utiliser et le mentionner dans le compte rendu.

Si une autre méthode, conforme au principe général énoncé ci-dessus, est utilisée, on doit en rendre compte en détail et la justifier. Par exemple, on peut être amené à faire tourner les bobines de rotors à pôles saillants pour reproduire les contraintes centrifuges rencontrées en service.

7.4.2 *Essai d'humidité*

On doit procéder à un essai d'humidité d'au moins 48 h. Pendant cet essai, on doit constater sur les enroulements la présence de gouttelettes d'humidité visibles, sans écoulement. Les éprouvettes doivent être à une température proche de la température ambiante, comprise entre 15 °C et 35 °C. Le compte rendu doit mentionner la température réelle de l'éprouvette. Se reporter à l'annexe C.

7.4.3 *Essai de tension*

Afin de contrôler l'état des échantillons et de déterminer le moment où s'est produite la fin de durée de vie, la tension à fréquence industrielle doit être appliquée après chaque exposition successive à l'humidité.

On peut utiliser d'autres tensions d'essai pour la détermination de la fin de vie d'après l'expérience en matière d'essais pour autant que l'on conserve les mêmes tensions pour le système de référence et pour le système candidat. Les écarts par rapport aux valeurs données ci-dessus doivent être mentionnés dans le compte rendu.

La tension d'essai est appliquée pendant 10 min successivement entre spires, entre bobines, s'il y a lieu, et entre toutes les bobines et la masse. La tension doit être appliquée lorsque les échantillons sont encore humides et de préférence lorsqu'ils sont encore dans la chambre d'humidification, à une température proche de la température ambiante. Afin d'éliminer les pointes de haute tension accidentelles, on suggère d'incorporer des dispositifs de protection contre les surtensions dans le circuit d'essai.

7.4 *Diagnostic sub-cycle*

7.4.1 *Mechanical test*

Following each sub-cycle of thermal ageing and after cooling to room temperature, each test specimen shall be subjected to mechanical stress.

It is recommended that the mechanical stresses applied be of the same general nature as would be experienced in service, and of a severity comparable with the highest stresses expected in normal service.

The standard test for stator coils is the shake table test in accordance with 5.5.1 of Section 1. The test objects should be so mounted that the motion occurs at right angles to the plane of each of the conductor turns so that the coil ends are excited to vibrate as they would under radial end-winding forces in an actual machine. This vibration test should be made at room temperature and without applied voltage. The specimens shall be excited to vibrate for a period of 1 h. The preferred amplitude of the vibration corresponds to an acceleration of 1,5 g (15 m/s^2) corresponding to vibration peak-to-peak amplitude of 0,3 mm at 50 Hz or 0,2 mm at 60 Hz. If the general principle as given above requires a larger amplitude, it shall be used and reported.

If some other method, following the general principle given above, is used, it shall be reported in detail and justified. For example, salient-pole rotor coils might be rotated to reproduce the centrifugal stresses encountered in service.

7.4.2 *Moisture test*

A moisture test of at least 48 h duration shall be performed. Visible moisture droplets, without puddles, shall be present on the windings during the moisture test. The test objects shall be at approximately room temperature, in the 15 °C to 35 °C range. The actual test object temperature shall be reported. See annex C.

7.4.3 *Voltage test*

In order to check the condition of the test specimens and determine when the end of test life has been reached, power-frequency voltage shall be applied after each exposure to moisture.

Other test voltages may be used for end-point determination based on test experience as long as the voltages are maintained consistently for both the reference and candidate systems. Deviations from values given above shall be reported.

A test voltage of 10 min duration is applied in sequence between turns, between coils if appropriate, and from all coils to frame. The voltage shall be applied while the specimens are still wet from exposure, preferably while still in the humidity chamber at approximately room temperature. It is suggested that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high-voltage spikes.

Tableau 2 - Tensions d'essai dans la procédure 4

Tension assignée de l'enroulement de champ (U_N)	Tension à fréquence industrielle recommandée pour les essais (V_{eff})	
	Entre bobines ou entre bobine et masse	Entre conducteurs *
35 ou moins	200	110 ± 10
36 – 250	500	110 ± 10
251 – 660	1 320	110 ± 10
> 660	$2 U_N$	110 ± 10
* Plage de tensions acceptable, mais il convient que la valeur retenue soit utilisée de manière cohérente.		

7.4.4 Autres essais de diagnostic

D'autres essais de diagnostic peuvent être effectués conformément à 5.5.4 de la section 1.

7.5 Analyse, compte rendu et classification

On doit suivre les procédures indiquées en 5.6 de la section 1. Les autres points à mentionner dans les comptes rendus sont indiqués en 7.3.1, 7.3.2 et 7.3.3.

8 Procédure 5: Procédure d'essai pour enroulements rotoriques dans des encoches

8.1 Généralités

8.1.1 Procédure 5

Cette procédure, qui utilise comme éprouvettes des bobines d'enroulements assemblées dans les encoches d'un rotor, doit être désignée sous la référence CEI 34-18-21, procédure 5.

8.1.2 Caractéristiques générales

Cette procédure d'essai d'endurance thermique se compose de plusieurs cycles dont chacun comprend:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle de diagnostic qui comprend un essai mécanique, un essai d'humidité et un essai de tension, effectués dans cet ordre.

8.2 Eprouvettes

8.2.1 Fabrication des éprouvettes

En ce qui concerne les induits à enroulements à fils (rotors de machines à courant continu), l'expérience montre que l'éprouvette présentant le mieux les caractéristiques désirées du rotor bobiné pour l'évaluation des systèmes d'isolation est le rotor lui-même. Les éprouvettes sont donc des enroulements réels ou des parties d'enroulements assemblées dans les encoches d'un rotor.

Table 2 - Test voltages in procedure 4

Rated field winding voltage (U_N)	Recommended power-frequency voltage for testing ($V_{r.m.s}$)	
	From coil to coil or from coil to frame	Between conductors *
35 or less	200	110 ± 10
36 – 250	500	110 ± 10
251 – 660	1 320	110 ± 10
> 660	$2 U_N$	110 ± 10
* Range of acceptable voltage; however, the value chosen should be used consistently.		

7.4.4 Other diagnostic tests

Other diagnostic tests may be performed according to 5.5.4 of Section 1.

7.5 Analyzing, reporting and classification

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be followed. Additional items to be reported are indicated in 7.3.1, 7.3.2 and 7.3.3.

8 Procedure 5: Test procedure for rotor windings in slots

8.1 General

8.1.1 Procedure 5

This procedure, using coils of windings assembled in the slots of a rotor as test objects, shall be referred to as IEC 34-18-21, Procedure 5.

8.1.2 General features

This thermal endurance test procedure consists of several cycles. Each cycle consists of:

- a thermal ageing sub-cycle;
- a diagnostic sub-cycle, which includes a mechanical test, a moisture test and a voltage test, performed in that order.

8.2 Test objects

8.2.1 Construction of test objects

For wire-wound armatures (rotors of d.c. machines), experience has shown that the test object most suitably incorporating the desired characteristics of the wound rotor for the evaluation of insulation systems is the rotor itself. Therefore, test objects are actual windings or parts of windings assembled in rotor slots.

On suivra les procédures normales de fabrication des induits pour la disposition des isolants, du bobinage et pour le traitement de la résine ou du vernis pendant la fabrication de l'éprouvette. Les connexions seront réalisées de façon à permettre les essais diélectriques 1) entre spires, 2) entre bobines et 3) entre bobines et masse, ainsi que pour procéder aux mesures de l'état de l'isolation, généralement dans cet ordre, afin d'obtenir le maximum de renseignements. A cet effet, la disposition de connexions peut différer de la pratique normale. Pour les machines à collecteur, une technique de connexion possible est de commencer et de terminer chaque bobine sur la même lame du collecteur. On obtient ainsi un enroulement qui n'est pas opérationnel en tant que machine mais les bobines sont isolées pour permettre les mesures. On peut utiliser d'autres dispositions de connexion pour isoler les spires ou les bobines afin de répondre aux objectifs de l'essai. Les dispositions utilisées pour les connexions d'essai doivent être mentionnées dans le compte rendu.

La conception et les matériaux de fabrication du collecteur constituent des facteurs importants pour la réalisation de l'éprouvette. L'objectif de l'essai peut ne porter que sur l'évaluation de l'isolation de l'enroulement de l'induit et il peut alors être préférable d'exclure les effets dus au collecteur. Pour y parvenir de façon rationnelle, on peut créer des différences entre les modes de refroidissement et, par conséquent, entre les échauffements de l'enroulement et du collecteur. La capacité thermique des matériaux sélectionnés pour la fabrication de l'enroulement et du collecteur peut donc être différente. Dans ce cas, on peut utiliser un bâti qui remplace le collecteur pour les extrémités de bobines et pour effectuer les mesures.

Si l'essai a pour objectif d'évaluer l'ensemble constitué de l'enroulement et du collecteur, il faudra généralement apporter quelques modifications au collecteur, en particulier sur les petites éprouvettes, pour que les mesures soient valables et les données utiles. La présence de cuivre dénudé et les petits écartements entre lames et entre lames et connexions ou masse, qui sont inhérents à la conception et au fonctionnement du collecteur, risquent de provoquer des contournements ou une combustion indésirée des isolations pendant les essais de surtension. Pour atténuer ces effets, on peut éliminer l'excès d'humidité sur le collecteur en dirigeant avec précaution vers ce dernier un jet d'air forcé ou en l'essuyant avant d'appliquer la tension. Il peut également se révéler nécessaire de protéger par une enceinte la surface du collecteur et les connexions nues.

8.2.2 *Nombre d'échantillons*

Dix échantillons au moins de chaque système d'isolation seront soumis aux essais pour chaque température de vieillissement. Un rotor peut être bobiné de façon à comprendre plus d'un système d'isolation, chacun étant correctement identifié et isolé. De préférence, plusieurs rotors contenant chacun un système d'isolation différent pourront être bobinés pour un essai à chaque température de vieillissement.

8.2.3 *Essais de vérification de la qualité*

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement thermique, on doit effectuer les essais de vérification de la qualité suivants:

- examen visuel des éprouvettes;
- essais de tension conformément à la CEI 34-1.

8.2.4 *Essais préliminaires de diagnostic*

Chaque éprouvette fabriquée doit être soumise aux essais de diagnostic décrits en 8.4 avant que l'on ne procède au premier sous-cycle de vieillissement thermique.

Normal armature manufacturing procedures should be followed for placement of insulations, coil winding and resin or varnish treatment during construction of the test object. Connections should be made to permit 1) turn to turn, 2) coil to coil and 3) coil to frame dielectric proof tests or insulation condition measurements, generally in that sequence, so as to maximize the data to be obtained. For this purpose the connection arrangement may differ from normal practice. For commutator machines, one suggested connection technique is to start and terminate each coil at the same commutator segment. This produces a winding which is not operative as a machine but coils are isolated to permit measurements. Other connection arrangements may be used to isolate turns or coils so as to satisfy the test objectives. The test connection arrangements used shall be reported.

Commutator design and materials are important considerations for the test object. The objective of the test may be the evaluation of the armature winding insulation only and therefore it may be preferred to exclude the effects of the commutator. The rationale for doing so may be differences in the cooling arrangements and therefore in the temperature rises of the winding and of the commutator. The thermal capability of the materials selected for the winding and commutator may therefore be different. For this situation, a fixture may be used that replaces the commutator for the required coil terminations and measurements.

Should the test objective be an evaluation of the winding and commutator as an assembly, some modifications at the commutator will usually be required, particularly on small test objects, to ensure valid measurements and useful data. Exposure of bare copper and the short distances between segments, and from segments to connections or to frame, which are inherent in the commutator design and function, may result in flashover or undue burning of insulations during overvoltage testing. To alleviate this condition, excess moisture on the commutator from humidification may be removed by carefully directed forced air or wiping prior to application of voltage. Enclosure of the commutator surface and bare connections may also be required.

8.2.2 *Number of test specimens*

At least 10 test specimens of each insulation system should be tested at each ageing temperature. A rotor may be wound to incorporate more than one insulation system, each adequately identified and isolated. Preferably, several rotors each containing a different insulation system may be wound for test at each ageing temperature.

8.2.3 *Quality assurance tests*

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

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

8.2.4 *Initial diagnostic tests*

Each completed test object shall be subjected to the diagnostic tests of 8.4, before starting the first thermal ageing sub-cycle.

8.3 *Sous-cycle de vieillissement thermique*

8.3.1 *Températures de vieillissement et durées des sous-cycles*

On doit suivre les procédures indiquées en 3.7.

8.3.2 *Moyens de chauffage*

On doit utiliser des étuves de vieillissement conformes aux indications de 5.3.3 de la section 1.

8.3.3 *Procédure de vieillissement*

Les éprouvettes doivent être introduites directement dans l'étuve chaude au début du sous-cycle de vieillissement, puis retirées de l'étuve pour être exposées immédiatement à l'air à la température ambiante à la fin du sous-cycle.

Si cela est possible, on disposera les éprouvettes au hasard dans l'étuve. Se reporter en 4.3.3.

8.4 *Sous-cycle de diagnostic*

8.4.1 *Essai mécanique*

Les contraintes mécaniques sont appliquées soit en faisant tourner les rotors à l'aide d'un moyen mécanique de façon à reproduire les efforts centrifuges rencontrés en service, soit en procédant à une inversion du sens de rotation dans le cycle de service des machines réelles, soit en effectuant des essais de vibration d'une durée de 1 h. La procédure utilisée doit être indiquée dans le compte rendu.

Il est recommandé que ces contraintes soient d'une sévérité comparable aux contraintes les plus élevées susceptibles d'apparaître en service normal.

8.4.2 *Essai d'humidité*

On doit procéder à un essai d'humidité d'au moins 48 h. Pendant cet essai, on doit constater sur les enroulements la présence de gouttelettes d'humidité visibles, sans écoulement. Les éprouvettes doivent être amenées à une température proche de la température ambiante, comprise entre 15 °C et 35 °C. Le compte rendu doit mentionner la température réelle de l'éprouvette. Se reporter à l'annexe C.

8.4.3 *Essai de tension*

a) *Rotors de machines à courant continu*

Afin de contrôler l'état des échantillons et de déterminer le moment où s'est produite la fin de vie, la tension est appliquée après chaque exposition successive à l'humidité, comme indiqué ci-après:

8.3 *Thermal ageing sub-cycle*

8.3.1 *Ageing temperatures and sub-cycle lengths*

The procedures given in 3.7 shall be followed.

8.3.2 *Ageing means*

Ageing ovens according to 5.3.3 of Section 1 shall be used.

8.3.3 *Ageing procedure*

The test objects shall be loaded directly into the hot oven at the beginning of the ageing sub-cycle, and removed from the oven directly to room temperature air at the end of the sub-cycle.

The location of the test objects within the oven should be randomized, if feasible. See 4.3.3.

8.4 *Diagnostic sub-cycle*

8.4.1 *Mechanical test*

Mechanical stress is applied to the rotor test fixtures by spinning the rotors mechanically reproducing the centrifugal loading of service, or by reversal in the duty cycle for actual machines or by vibration tests of 1 h duration. The actual procedure used shall be reported.

It is recommended that these stresses be of a severity comparable with the highest stresses expected in normal service.

8.4.2 *Moisture test*

A moisture test of at least 48 h duration shall be performed. Visible moisture droplets, without puddles, shall be present on the windings during the moisture test. The test objects shall be at approximately room temperature, in the 15 °C to 35 °C range. The actual test object temperature shall be reported. See annex C.

8.4.3 *Voltage test*

a) Rotors of d.c. machines

In order to check the condition of the test specimens and determine when the end of test life has been reached, voltage is applied after each successive exposure to moisture, as follows:

Tableau 3 - Tensions d'essai dans la procédure 5

Tension assignée (U_N)	Tension à fréquence industrielle recommandée pour les essais ($V_{eff.}$)	
	Entre bobines ou entre bobine et masse	Entre conducteurs *
35 ou moins	200	110 ± 10
36 – 250	500	110 ± 10
251 – 660	1 320	110 ± 10
> 660	$2 U_N$	110 ± 10

U_N est la tension assignée continue (V)

* Plage de tensions acceptable, mais il convient que la valeur retenue soit utilisée de manière cohérente.

On peut utiliser d'autres tensions d'essai pour la détermination de la fin de vie d'après l'expérience en matière d'essai pour autant que l'on conserve les mêmes tensions pour le système de référence et pour le système candidat. Le compte rendu doit mentionner les écarts par rapport aux valeurs données ci-dessus.

La tension d'essai est appliquée pendant 10 min successivement entre spires, entre bobines et entre toutes les bobines et la masse. La tension sera appliquée lorsque les échantillons sont encore humides et de préférence lorsqu'ils sont encore dans la chambre d'humidification, à une température proche de la température ambiante. Afin d'éliminer les pointes de haute tension accidentelles, on suggère d'incorporer des dispositifs de protection contre les surtensions dans le circuit d'essai.

b) Rotors de machines à courant alternatif

Les procédures des essais de tension ainsi que les valeurs des essais pour les rotors de machines à courant alternatif restent à déterminer.

8.4.4 Autres essais de diagnostic

D'autres essais de diagnostic peuvent être effectués conformément à 5.5.4 de la section 1.

8.5 Analyse, compte rendu et classification

On doit suivre les procédures indiquées en 5.6 de la section 1. Les autres points à mentionner dans les comptes rendus sont indiqués en 8.4.1, 8.4.2 et au point a) de 8.4.3.

Table 3 - Test voltages in procedure 5

Rated voltage (U_N)	Recommended power-frequency voltage for testing ($V_{r.m.s.}$)	
	From coil to coil or from coil to frame	Between conductors *
35 or less	200	110 ± 10
36 – 250	500	110 ± 10
251 – 660	1 320	110 ± 10
> 660	$2 U_N$	110 ± 10
U_N is the rated direct voltage (V)		
* Range of acceptable voltage; however, the value chosen should be used consistently.		

Other test voltages may be used for end-point determination based on test experience as long as this voltage is maintained consistently for both the reference and candidate systems. Deviations from values given above shall be reported.

A test voltage of 10 min duration is applied in sequence between turns, between coils, and from all coils to frame. The voltage should be applied while the specimens are still wet from exposure, preferably while still in the humidity chamber at approximately room temperature. It is suggested that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended voltage spikes.

b) Rotors of a.c. machines

Procedures for voltage tests and test values for rotors of a.c. machines are yet to be determined.

8.4.4 Other diagnostic tests

Other diagnostic tests may be performed according to 5.5.4 of Section 1.

8.5 Analyzing, reporting and classification

The procedures given in 5.6 of Section 1 shall be performed. Additional items to be reported are indicated in 8.4.1, 8.4.2 and item a) of 8.4.3

Annexe A (informative)

Fabrication d'une motorette (exemple)

A.1 Informations générales

A.1.1 Matériaux

- parties métalliques (autres que les conducteurs): acier inoxydable;
- isolateurs: céramique ou autre matériau résistant aux hautes températures;
- bobines et isolation: les composants utilisés, ou que l'on envisage d'utiliser, pour la fabrication réelle.

A.1.2 Dimensions

Les échantillons auront des dimensions approximativement égales à celles de la production normale. Les lignes de fuite, l'épaisseur de l'isolation et les entrefers seront les mêmes, ou plus petits, que ceux qui sont utilisés en production normale.

A.1.3 Fabrication

Deux bobines montées dans la même paire d'encoches constituent la partie essentielle de la motorette. Les encoches sont faites en tôles d'acier inoxydable, de façon appropriée, et fixées à la base de la motorette. Quatre isolateurs sont également fixés à la base. Voir la figure 2 concernant les principes utilisés pour la construction de la motorette.

Les bobines sont bobinées avec deux fils en parallèle. Le nombre de spires donnera environ la même épaisseur dans l'encoche qu'en production normale.

Les deux bobines sont connectées aux isolateurs afin de faciliter les essais des bobines par rapport à la masse, entre bobines et entre conducteurs.

Les motorettes ne peuvent pas simuler l'influence des procédés réels de fabrication comme les techniques d'insertion des enroulements. Par conséquent, l'influence des procédés de fabrication sera minime. Les motorettes peuvent être assemblées à la main, à l'aide de moyens simples.

Les motorettes sont utiles pour évaluer la compatibilité des matériaux utilisés dans un système d'isolation candidat.

A.2 Fabrication détaillée d'une motorette (exemple)

Les renseignements détaillés donnés dans cette annexe risquent d'être inutiles dans un laboratoire où l'on apporte des modifications à une motorette donnée en vue d'améliorer ou de mieux atteindre un objectif d'essai. Toutefois, si l'on ne dispose pas d'une grande expérience dans l'évaluation des isolations, ou si l'on veut essayer de comparer des données d'essais entre laboratoires, la description de la fabrication d'une motorette,

Annex A

(informative)

Motorette construction (example)

A.1 General information

A.1.1 Materials

- metal parts (other than conductors): stainless steel;
- insulators: ceramic or other high-temperature-resistant material;
- coils and insulation: as used or contemplated to be used in actual production.

A.1.2 Dimensions

The dimensions of the test specimens should approximate the sizes used in actual production. Creepage distances, insulation thickness and air spaces should be the same or smaller than used in actual production.

A.1.3 Construction

Two coils mounted in the same pair of slots are the essential part of the motorette. The slots are formed of stainless steel plates in an appropriate manner and fixed on the base of the motorette. Four insulators are also fixed on the base. See figure 2 for the principles used in the motorette construction.

The coils are wound with two wires in parallel. The number of turns should give about the same fill factor in the slot as found in actual production.

The two coils are connected to the insulators so as to facilitate testing coils to frame, coil to coil and conductor to conductor.

Motorettes are not capable of simulating the influence of actual manufacturing processes such as winding insertion techniques. Consequently, the influence of the manufacturing processes will be minimal. Motorettes may be assembled by hand using simple facilities.

Motorettes are useful in evaluating the compatibility of the materials being used in a candidate insulation system.

A.2 Detailed motorette construction (example)

In a laboratory where modifications to a prescribed motorette assembly may be made to improve or more conveniently achieve a test objective, the detailed information in this annex may be unnecessary. However, if extensive experience in insulation evaluation is unavailable or if any attempt is to be made to compare test data between laboratories, the motorette construction described here is to be followed meticulously. Experience has

donnée ici, doit être suivie scrupuleusement. L'expérience a montré qu'il fallait apporter le plus grand soin à la conception et à la préparation d'une motorette pour que les résultats des essais pratiqués sur des échantillons dans des laboratoires différents soient comparables.

Les illustrations qui suivent concernent la fabrication d'une motorette qui est adoptée et utilisée depuis de nombreuses années par de nombreux laboratoires différents et qui a donné des résultats homogènes:

- Figure 1: Vue de tous les composants d'une motorette avant assemblage, y compris les matériaux d'isolation électrique, le fil de bobinage et les pièces métalliques.
- Figure 2: Motorette complète.
- Figure 3: Pièces métalliques du châssis et de la base de la motorette avant assemblage.

La motorette achevée se compose d'une base métallique formant un support rigide avec quatre isolateurs saillants en porcelaine ou en un autre matériau approprié boulonnés à une extrémité et avec deux encoches constituées d'une tôle intérieure et d'une tôle extérieure boulonnées à l'autre extrémité. Le support de base comporte des trous pour le montage de la motorette pendant les essais de vibration. Les sections d'encoches sont fabriquées en tôles d'acier inoxydable. La partie d'encoche assemblée contient deux bobines isolées de la masse par l'isolation d'encoche et isolées l'une de l'autre par l'isolation entre phases et maintenues en place par les cales d'encoche. Ces composants sont des pièces représentatives de celles utilisées dans les moteurs réels. Les bobines sont composées de fils parallèles enroulés permettant de procéder aux essais électriques entre conducteurs. Elles peuvent être bobinées à la machine sur des broches ou des gabarits comme cela se fait habituellement en atelier. Lorsque cela est nécessaire, les procédures de fabrication et de traitement peuvent être modifiées pour simuler l'utilisation prévue. On trouvera ci-après une description détaillée de la préparation des motorettes. Elle est présentée sous forme d'exemple de fabrication aux seules fins de cette norme.

Eléments constitutifs d'une motorette

- 1) Fil - Fil de bobinage de 1,12 mm de diamètre, isolé grade 2.
- 2) Isolation d'encoche - Feuille d'isolation de 0,25 mm découpée en rouleaux de 70 mm de largeur. Ce matériau sera replié sur 3,2 mm de chaque côté. La largeur finale sera de 64 mm, ce qui donne une saillie de 4,8 mm à chaque extrémité de l'encoche.
- 3) Isolation entre phases - Deux bandes de feuille d'isolation de 0,25 mm d'épaisseur et de 13 mm x 75 mm, et une pièce circulaire de 64 mm de diamètre avec, au centre, un trou de 38 mm de diamètre. On réalise ainsi un chevauchement de 6,4 mm sur les parties rectangulaires.
- 4) Cales d'encoches - Les cales, fabriquées dans du profilé préformé en U, mesureront 9,5 mm de largeur à la base et 76 mm de longueur. Une extrémité de la cale sera arrondie pour faciliter le passage dans l'encoche.
- 5) Gaine - Gaine isolante de taille suffisante pour passer sur les conducteurs et de longueur suffisante pour couvrir les conducteurs du centre de la partie de la bobine dans l'encoche jusqu'à la borne.

shown that only the greatest care in the design and preparation of a motorette will result in specimens which can be tested in different laboratories with results that are comparable.

A motorette design which has been adopted and used for many years in many different laboratories, and which has yielded consistent results, is shown as follows:

- Figure 1: All the components of a motorette before assembly, including the electrical insulation materials, winding wire and metal parts.
- Figure 2: A complete motorette.
- Figure 3: The metal parts of the motorette frame and base prior to assembly.

The finished motorette consists of a rigid supporting metal base with four suitable stand-off insulators of porcelain or other appropriate material bolted to one end and with two slots, formed by an inner and outer sheet, bolted to the other end. The supporting base has holes for mounting the motorette during vibration testing. The slot selections are fabricated from stainless steel sheets. The assembled slot portion contains two coils insulated from the frame by slot insulation, insulated from each other by phase insulation and held in place by slot wedges. These components are typical parts as used in actual motors. The coils are each wound with parallel wires so that conductor-to-conductor electrical tests may be made. They can be machine-wound on pins or forms, as in ordinary shop practice. When appropriate, the construction and processing procedures may be modified to simulate the intended use. The following is a detailed description of the preparation of motorettes. It is presented as an example for construction for the purpose of this standard.

Morette components

- 1) Wire - 1,12 mm winding wire, heavy-film coated, grade 2.
- 2) Slot insulation - 0,25 mm insulation sheet slit into rolls 70 mm in width. The material should be folded back 3,2 mm on each side making a final width of 64 mm. This allows 4,8 mm to project from each end of the slot.
- 3) Phase insulation - Two strips of 0,25 mm thick insulation sheet 13 mm by 75 mm and one circular piece 64 mm in diameter with a hole 38 mm in diameter in the centre. This allows 6,4 mm overlap on the rectangular pieces.
- 4) Slot wedges - The wedges, cut from preformed U-shaped stock, should be 9,5 mm wide at the base and 76 mm long. One end of the wedge should be rounded to ensure easy passage through the slot.
- 5) Sleeving - Insulating sleeving of sufficient size to go over the leads and of sufficient length to cover the leads from the centre of the slot portion of the coil to the terminal.

- 6) Cordon de fretage - Longueur suffisante pour fixer ensemble la bobine et les conducteurs.
- 7) Ruban d'enroulement - Ruban de qualité électrique, de 13 mm de largeur.
- 8) Vernis isolant électrique ou résine - Matériau couvert par la CEI 455 ou la CEI 464.

Tous les matériaux énumérés ci-dessus sont des éléments constitutifs du système d'isolation candidat ou du système de référence.

Assemblage des motorettes

1) Bobines d'enroulement - Chaque bobine sera bobinée serrée sur un gabarit ayant une forme approximativement ovale, les côtés parallèles mesurant 64 mm. Ceux-ci sont séparés de 44 mm. Les extrémités arrondies de l'ovale sont composées de demi-cercles de 44 mm de diamètre. Chaque bobine se compose de 20 spires de fils enroulés par deux (40 fils). Du fait qu'il y a deux bobines dans chaque encoche, chacune comporte donc 80 fils. Les extrémités non connectées sont préparées en coupant l'extrémité de chaque paire de fils et en laissant une longueur de 5 mm à partir de la bobine près du milieu de l'un des demi-cercles. Cette longueur de 5 mm est maintenue en place à l'aide d'un ruban d'enroulement. Les deux extrémités non connectées sont séparées par une distance minimale de 5 mm. Les autres extrémités des conducteurs sont sorties de chaque partie droite de la bobine et on place une gaine sur chacun des conducteurs. Le conducteur et la gaine sont maintenus en place à l'aide du cordon de fretage. Cet assemblage est représenté à la figure 2.

2) Nettoyage et assemblage des pièces métalliques - Avant assemblage, chaque pièce métallique de la motorette est immergée pendant au moins 30 min dans un solvant composé de parties égales de toluène et d'alcool dénaturé. Chaque pièce est ensuite retirée du solvant, rincée avec du solvant propre puis essuyée avec un chiffon non pelucheux. Les pièces métalliques des motorettes sont assemblées avec soin, en s'assurant que les encoches sont de même largeur et que leurs côtés sont parallèles. Pour cela, il suffit de couper deux blocs de bois de même largeur que l'encoche et de centrer l'encoche en y plaçant les blocs avant de resserrer les boulons de fixation des encoches.

3) Insertion de l'isolation d'encoche - L'isolation d'encoche est découpée dans la bande sous forme d'un carré de 64 mm de côté et est courbée pour s'adapter à l'encoche. L'isolation de la tôle peut ainsi être repliée sous la cale et dépasser de 5 mm à chaque extrémité de l'encoche. L'isolation d'encoche est insérée dans l'encoche avec beaucoup de soin afin qu'une longueur égale dépasse à chaque extrémité de l'encoche.

4) Insertion des bobines - L'isolation d'encoche est repliée sur la dent simulée en haut de l'encoche pour s'assurer que le fil de bobinage n'est pas endommagé lorsqu'il est placé dans l'encoche. La bobine inférieure est insérée vers l'encoche avec les extrémités du conducteur non connectées dirigées vers le bas et les conducteurs vers le haut de la bobine. Lorsque la bobine inférieure est en place, on introduit l'isolation entre phases et on veille à ce que cette isolation à l'intérieur de l'encoche couvre complètement la bobine inférieure. Si l'isolation entre phases à l'intérieur de l'encoche est trop grande, les bords sont repliés en remontant vers le haut de l'encoche. L'isolation entre phases est dimensionnée et placée de façon qu'elle recouvre de manière uniforme toutes les pièces de la bobine inférieure. Les extrémités de celle-ci sont maintenues à plat pour éviter d'endommager les bords de l'isolation d'encoche.

- 6) Tie cord - Sufficient length to tie coil and leads together.
- 7) Winding tape - Electrical grade tape 13 mm wide.
- 8) Electrical insulating varnish or resin. Covered by IEC 455 or IEC 464.

All of the materials listed above are components of the candidate or reference insulation system.

Assembly of the motorettes

1) Winding coils - Each coil should be wound tightly on a form of approximately oval shape with parallel sides extending 64 mm. The parallel sides are separated by 44 mm. The round ends of the oval are semicircles 44 mm in diameter. Each coil is composed of 20 turns of wire wound two in hands (40 wires). Since there are two coils in each slot, this means each slot has 80 wires. The unconnected ends are prepared by cutting off one end of each of the bifilar wires, leaving 5 mm length from the coil near the middle of one of the semicircles. The 5 mm length is taped into place by means of the winding tape. The two unconnected ends are separated by a minimum of 5 mm. The other conductor ends are brought out from each of the straight portions of the coil and a piece of sleeving is placed over each of these leads. The lead and sleeving are tied in place with the tie cord. This is illustrated in figure 2.

2) Cleaning and assembly of metal parts - Before assembly each metal component of the motorette is immersed in a solvent composed of equal parts of toluene and denaturated alcohol for at least 30 min. Each part is removed from the solvent, rinsed with fresh solvent, and wiped with a lint-free cloth. The motorette metal parts are carefully assembled ensuring that the slot portions are equal in width and the sides parallel. A simple procedure for this is to cut two wooden blocks equal in width to the slot portion and to centre the slot by placing the blocks in the slot portion prior to tightening the slot hold-down bolts.

3) Inserting slot insulation - The slot insulation is cut from the strip in the form of a 64 mm square and bent to fit the slot. This allows the sheet insulation to be folded under the wedge and project 5 mm from each end of the slot. The slot insulation is inserted in the slot portion with extreme care so that an equal amount extends beyond each end of the slot.

4) Inserting the coils - The slot insulation is folded back over the simulated tooth tip at the top of the slot to ensure that the winding wire is not abraded when placed into the slot. The bottom coil is inserted into the slot with the unconnected conductor ends down and the leads at the top of the coil. After the bottom coil is in place, the phase insulation is inserted, and care is taken to ensure that the phase insulation within the slot completely covers the bottom coil. If the phase insulation within the slot is too large, the edges are folded upward towards the top of the slot. The phase insulation is sized and located to ensure uniform extension over all parts of the bottom coil. The bottom coil ends are kept flat to avoid damaging the edges of the slot insulation. The top coil is inserted in the same manner as the bottom coil, but with the unconnected conductor ends up and the leads down. The top coil is adjusted to maintain the same border as

La bobine supérieure est insérée de la même manière que la bobine inférieure mais les extrémités des conducteurs non connectés sont dirigés vers le haut et les conducteurs vers le bas. La bobine supérieure est ajustée pour conserver la même bordure que la bobine inférieure en s'assurant que les fils de la bobine supérieure ne glissent pas autour de l'isolation entre phases.

5) Raccordement des conducteurs - Les conducteurs sont mesurés avec soin pour qu'ils se terminent au niveau des isolateurs. Les 13 derniers millimètres du conducteur sont débarrassés de l'émail et étamés à l'extrémité en mettant de la soudure avant de les connecter aux bornes isolées. Les conducteurs de la bobine inférieure sont connectés aux isolateurs internes et ceux de la bobine supérieure aux isolateurs externes. Lorsque les bobines sont insérées, on fait chevaucher les extrémités du caniveau d'encoche sur la bobine et la cale est insérée en haut de ce revêtement.

6) Essais diélectriques - On vérifie la résistance d'isolement des bobines si on le souhaite, et on procède à une vérification en tension comme il est recommandé en 4.4.3. Si la bobine satisfait à cet essai, la motorette est ensuite traitée avec du vernis isolant électrique ou de la résine.

7) Traitement avec du vernis ou de la résine - Le traitement avec du vernis ou de la résine doit être effectué avec les mêmes matériaux d'impregnation qu'en production en suivant le plus scrupuleusement possible le processus de production.

8) Montage des motorettes - Dix motorettes sont boulonnées à un châssis fait d'aluminium rigide d'environ 13 mm d'épaisseur. Il convient que ce châssis soit fabriqué avec de grandes ouvertures entre les motorettes afin que l'air circule librement. Le châssis est dimensionné de façon à pouvoir entrer dans les étuves et les chambres d'humidité et doit pouvoir être boulonné à la table vibrante.

A.3 Disjoncteurs pour essais de tension

On a utilisé avec succès des disjoncteurs électromécaniques à maximum de courant, précalibrés avec des temps de déclenchement de 2 s à 3 s et avec les courants de déclenchement suivants:

- entre fils 0,75 A;
- entre bobines 0,50 A;
- entre bobines et masse 0,50 A.

the bottom coil ensuring that the wires of the top coil do not slip around the phase insulation.

5) Connecting the leads - The leads are carefully measured to terminate at the insulators. The last 13 mm of the lead are stripped of enamel and tinned at the end with solder before connection to the insulated terminals. The leads of the bottom coil are connected to the inside insulators and those of the top coil to the outside insulators. With the coils inserted the ends of the slot insulation are lapped over the coil and the wedge inserted on the top of the slot insulation.

6) Electrical tests - The coils are checked for insulation resistance if desired and given a voltage check as recommended in 4.4.3. If found to pass this test, the motorette is then treated with electrical insulating varnish or resin.

7) Varnish or resin treatment - The varnish or resin treatment shall be performed using the same impregnating material as in actual production, following the production process as closely as possible.

8) Mounting the motorettes - Ten motorettes are bolted to a rack made of rigid aluminium, approximately 13 mm thick. The rack should be constructed with large openings between the motorettes so that air circulation is not impeded. The rack is sized to fit the ovens and humidity chamber and is capable of being bolted to the vibration table.

A.3 Circuit-breakers for voltage tests

Pre-calibrated electromechanical overcurrent circuit-breakers have been used successfully, with trip times of 2 s to 3 s and with the following trip currents:

- wire-to-wire 0,75 A;
- coil-to-coil 0,50 A;
- coil-to-frame 0,50 A.

Annexe B (informative)

Modèles pour enroulements polaires (exemples)

B.1 Montage d'essai pour bobines de champ à enroulement à fils jetés pour machines à courant continu

Les figures 4 à 7 représentent, à titre d'exemple uniquement, les détails de fabrication d'un montage d'essai pour l'évaluation du système d'isolation d'une bobine de champ à enroulement à fils jetés. Ces informations détaillées ne sont pas forcément utiles à un laboratoire qui développe ses propres éprouvettes. Toutefois, pour les laboratoires ne possédant pas une expérience complète des essais, ou si l'on doit effectuer des comparaisons entre laboratoires, les moindres détails doivent être observés et respectés méticuleusement. On peut apporter des modifications aux dimensions ou à la conception pour que les constructeurs puissent simuler avec une plus grande fidélité leurs propres structures ou conceptions de bobines de champ.

La bobine sera une bobine de champ type ne différant d'une bobine de production standard que par le fait qu'elle est bobinée avec deux fils en parallèle pour permettre les essais électriques entre conducteurs qui simulent les mesures entre spires. Les bobines seront bobinées conformément aux pratiques normales d'atelier, mis à part les deux fils en parallèle, et en veillant à ne pas endommager l'isolation des fils. L'isolation entre bobine et masse sera faite conformément aux techniques d'atelier prévues pour l'isolation en essai. Les conducteurs convenant au vieillissement et compatibles avec les isolations des bobines peuvent être fixés aux extrémités des bobines comme habituellement, et les extrémités des conducteurs peuvent être connectées aux bornes montées sur la plaque du châssis, toutes les connexions étant correctement protégées ou bien avec les extrémités de la bobine sorties pour être connectées directement aux bornes, ces extrémités de bobine étant protégées par une gaine.

Il est à noter que les échantillons sont des modèles sur lesquels il peut être impossible de simuler l'influence des procédés de fabrication (par exemple enroulement à courant continu).

B.2 Montage d'essai pour bobines de champ à enroulements à fils rangés pour machines à courant continu

Les figures 8 à 11 illustrent, à titre d'exemple seulement, les détails de fabrication d'un montage d'essai pour l'évaluation du système d'isolation d'une bobine de champ bobinée en couches. Des modifications peuvent être apportées aux dimensions et à la conception pour permettre aux constructeurs de simuler plus fidèlement leurs propres structures ou conceptions de bobines de champ.

On peut utiliser de vrais pôles si cette solution est plus pratique; elle peut être souhaitable si les techniques de fixation des bobines sur les pôles dépendent de la rigidité de la structure des pôles. Pour des raisons similaires, on peut également utiliser de l'acier plus lourd pour la fabrication de la plaque du châssis.

Annex B

(informative)

Models for windings on poles (examples)

B.1 Test fixture for random wire-wound field coils for d.c. machines

Details of the construction of a test fixture for the evaluation of the insulation system of a random-wound field coil are shown, as an example only, in figures 4 to 7. The detailed information may be unnecessary for a laboratory developing its own test objects. However, for laboratories without extensive testing experience, or if comparisons are to be made between laboratories, the minute details shall be observed and followed meticulously. Modifications of dimensions or of design may be made to allow manufacturers to simulate more closely their own field coil structures or designs.

The coil should be a typical field coil differing from a standard production type coil only in that it is wound with two wires in parallel to permit making conductor-to-conductor electrical tests simulating turn-to-turn measurements. The coils should be wound according to standard shop practice, except with the two wires in parallel, taking care to prevent damage to the wire insulation. Insulation of the coil to frame should be made by the shop techniques intended for the insulation being tested. Leads suitable for ageing and compatible with the coil insulations may be affixed to the coil ends as in normal practice, and the lead ends connected to the terminals mounted on the frame plate with all connections suitably protected, or the coil ends may be brought out for direct connection to the terminals, these coil ends being protected with sleeving.

It should be appreciated that the test specimens are models on which it may not be possible to simulate the influence of manufacturing processes (e.g. direct winding).

B.2 Test fixture for precision wire-wound field coils for d.c. machines

Details of the construction of a test fixture for the evaluation of the insulation system of a layer-wound field coil are shown, as an example only, in figures 8 to 11. Modifications of dimensions or design may be made to allow manufacturers to simulate more closely their own field coil structures or designs.

Actual poles may be used, if convenient, and may be desirable if techniques for holding the coils to poles depend on the rigidity of the pole structure. Heavier steel may also be used for the frame plate for similar reasons.

Ces informations seront utiles aux laboratoires ne possédant pas une grande expérience dans l'évaluation des isolations ou lorsqu'on doit comparer des données entre laboratoires.

La bobine sera bobinée conformément aux pratiques normales de fabrication à l'exception du fait qu'il y aura, en principe, deux fils en parallèle pour permettre les vérifications entre conducteurs qui simulent les mesures entre spires. L'isolation entre bobine et masse, y compris le traitement du vernis, sera conforme aux procédures normales de fabrication et peut différer pour chaque constructeur. Des conducteurs isolés peuvent être fixés aux extrémités de la bobine, ou ces dernières peuvent être sorties, protégées par une gaine, pour connexion aux isolateurs saillants montés sur la plaque du châssis. Si l'on utilise des conducteurs, on les choisira avec soin pour qu'ils puissent résister à l'exposition thermique de l'essai sans qu'ils se dégradent et sans endommager les composants adjacents. La connexion de la bobine aux conducteurs sera également protégée, comme il convient, afin que l'isolation de la bobine soit le facteur évalué et non les composants associés. Le montage de la bobine sur le pôle sera conforme à la méthode de fabrication envisagée pour le système d'isolation soumis aux essais.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-21 (2009)

The detailed information will be useful to laboratories without extensive experience in insulation evaluation or where data are to be compared between laboratories.

The coil should be wound as in usual manufacturing practice except that it should be wound with two wires in parallel to permit conductor-to-conductor checking simulating turn-to-turn measurements. Insulation of the coil to frame including varnish treatment should follow regular manufacturing procedures and may be different for each manufacturer. Insulated leads may be affixed to the coil ends, or the coil ends may be brought out, protected by sleeving, for connection to stand-off insulators mounted on the frame plate. If leads are used, careful selection should be made so that they are capable of withstanding the thermal exposure of the test without degradation or without harming adjacent components. Connection of coil to lead should also be suitably protected so that the coil insulation is the factor being evaluated, not the associated components. The mounting of the coil on the pole should follow the intended manufacturing procedure for the insulation system being tested.

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-18-21:2009

Annexe C (informative)

Equipement pour les essais d'humidité

C.1 Chambre d'essai de condensation

On obtient facilement une atmosphère de 100 % d'humidité relative avec condensation, en déposant sur le sol de la chambre d'essai un récipient peu profond contenant de l'eau et une résistance immergée pour chauffer l'eau à une température supérieure de 5 K à 10 K à la température ambiante. Le plafond de la chambre d'essai ne sera pas isolé et sera en pente pour éviter que l'eau ne goutte sur les éprouvettes. L'intérieur de la chambre sera fabriqué avec des matériaux qui résistent à la corrosion et il faudra éviter le raccordement de métaux différents. Les portes et les trappes amovibles comporteront des rebords en surplomb afin que l'humidité qui s'accumule autour de ces parties s'écoule vers l'intérieur de la chambre.

C.2 Chambre d'essai de condensation avec éprouvettes refroidies

On peut utiliser la chambre d'essai de condensation décrite ci-dessus.

Les bases des éprouvettes seront montées sur un élément plus froid que l'atmosphère environnante pour s'assurer que le système d'isolation est à une température inférieure au point de rosée de l'atmosphère. La figure 12 représente sous forme schématique le principe de base utilisé. Le tiroir dans lequel sont déposées les éprouvettes, comme représenté à la figure 13, est refroidi par un agent qui circule (eau). Ce réfrigérant est contrôlé par thermostat pour qu'il y ait une différence de température spécifiée entre les éprouvettes et l'air environnant de la chambre. La condensation sur les échantillons est ainsi assurée. Cette différence de température est indépendante des variations normales de la température ambiante de la pièce. Du fait que le bain d'eau chauffée et le réfrigérant sont contrôlés par thermostat, cette indépendance n'est limitée que par la capacité du système.

La régulation de la température n'est pas perdue dans le cas où la température de la pièce atteint une température supérieure à celle du bain d'eau. La déperdition de chaleur vers le tiroir refroidi maintient l'eau sous le contrôle du dispositif de chauffage, ce qui permet d'équilibrer les températures. Dans le cas où la température de la pièce tombe en deçà de celle du tiroir refroidissant, la régulation est conservée par l'arrivée de chaleur provenant du dispositif de chauffage du bain d'eau. Contrairement à une chambre classique où la température est supérieure à celle du point de rosée, cet effet d'équilibrage entre le système de chauffage et le système de refroidissement élimine la nécessité de placer la chambre d'essai dans une pièce à température contrôlée. L'intérieur de la chambre sera conçu pour que toutes les éprouvettes se trouvent à la même distance au-dessus du bain d'eau et en dessous du plafond de cette chambre. Ainsi, tous les échantillons sont soumis à la même influence de facteurs tels que les surfaces rayonnantes, la température de l'air et le degré d'humidité relative.

La figure 13 montre le support sur lequel sont placées 10 motorettes dans le tiroir d'une chambre de condensation. Après l'exposition à l'humidité désirée, les échantillons sont connectés pour un essai de tension à un banc d'essai à l'aide de câbles qui aboutissent aux prises situées sur la face avant des tiroirs.