

**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

AVA Documents
Document Sharing Hub

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

Withholding

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).

Withdrawal

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).

Withdrawn

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.