

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
34-18-32**

Première édition
First edition
1995-03

Machines électriques tournantes –

Partie 18:

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

Rotating electrical machines –

Part 18:

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-18-32: 1995

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 électrotechnique*;
- 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.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 2
TECHNICAL
REPORT –TYPE 2**

**CEI
IEC
34-18-32**

Première édition
First edition
1995-03

Machines électriques tournantes –

Partie 18:

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

Rotating electrical machines –

Part 18:

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

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission
in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Considérations générales	12
3.1 Relation avec la section 1	12
3.2 Sélection et désignation des procédures d'essai	12
3.3 Système d'isolation de référence	14
3.4 Caractéristiques générales des procédures d'essai	14
3.5 Importance des essais	16
4 Epreuves	16
4.1 Construction des épreuves	16
4.2 Nombre de spires	16
4.3 Nombre d'échantillons	18
4.4 Essais de vérification de la qualité	18
4.5 Essais de diagnostic préliminaires	18
5 Sous-cycle de vieillissement électrique	18
5.1 Niveaux de tension et durées prévues pour les essais	18
5.2 Températures d'essai pendant les essais d'endurance électrique	18
5.3 Procédure de vieillissement	20
6 Sous-cycle de diagnostic	22
6.1 Essais de tension	22
6.2 Autres essais de diagnostic	22
7 Analyse des données, compte rendu et évaluation	24
7.1 Evaluation complète	24
7.2 Evaluation réduite	24
Figure	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 General considerations	13
3.1 Relationship to section 1	13
3.2 Selection and designation of test procedures	13
3.3 Reference insulation system	15
3.4 General characteristics of test procedures	15
3.5 Extent of tests	17
4 Test objects	17
4.1 Construction of test objects	17
4.2 Number of turns	17
4.3 Number of test specimens	19
4.4 Quality assurance tests	19
4.5 Initial diagnostic tests	19
5 Electrical ageing sub-cycle	19
5.1 Voltage levels and intended test lives	19
5.2 Test temperatures during electrical endurance testing	19
5.3 Ageing procedure	21
6 Diagnostic sub-cycle	23
6.1 Voltage tests	23
6.2 Other diagnostic tests	23
7 Analyzing the data, reporting and evaluation	25
7.1 Full evaluation	25
7.2 Reduced evaluation	25
Figure	26

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 34-18-32, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 2J: Classification des systèmes d'isolation des machines tournantes, du comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
2J(SEC)25	2J(SEC)30

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des systèmes d'isolation des machines tournantes car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquies de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Ce rapport technique constitue la section 32 de la CEI 34-18 qui montre l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation des machines tournantes, les autres sections étant:

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

Section 21: Procédures d'essai pour enroulements à fils – Evaluation thermique et classification (CEI 34-18-21)

Section 31: Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV (CEI 34-18-31)

IEC 34-18-32, which is a technical report of type 2, has been prepared by sub-committee 2J: Classification of insulation systems for rotating machinery, of IEC technical committee 2: Rotating machinery.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
2J(SEC)25	2J(SEC)30

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.4.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of insulation systems for rotating electrical machines because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

This technical report constitutes section 32 of IEC 34-18 dealing with functional evaluation of insulation systems for rotating electrical machines, other sections being:

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

Section 21: Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification (IEC 34-18-21)

Section 31: Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV (34-18-31)

INTRODUCTION

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

La section 32 traite uniquement des systèmes d'isolation pour les enroulements préformés et porte essentiellement sur l'évaluation de l'endurance électrique.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 60034-18-32:1995

Withdrawn

INTRODUCTION

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

Section 32 deals exclusively with insulation systems for form-wound windings and concentrates on electrical endurance evaluation.

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC TR 60034-18-32:1995

Withdrawing

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

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

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 34-18 est un rapport technique qui décrit les procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation utilisés, ou que l'on se propose d'utiliser, dans les machines électriques tournantes à courant alternatif ou continu et à enroulements préformés, jusqu'à et y compris 50 MVA et entre 1 kV et 15 kV. 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.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 34-18. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet 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 documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales actuellement en vigueur.

CEI 34-1: 1994, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 34-15: 1995, *Machines électriques tournantes – Partie 15: Niveaux de tension de tenue au choc des machines tournantes à courant alternatif à bobines stator préformées*

CEI 34-18-1: 1992, *Machines électriques tournantes – Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Section 1: Principes directeurs généraux*

CEI 34-18-33: 1995, *Machines électriques tournantes – Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Section 33: Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation fonctionnelle à plusieurs facteurs – Endurance sous contrainte thermique et électrique combinée des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 727-1: 1982, *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Partie 1: Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale*

CEI 727-2: 1993, *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Partie 2: Procédures d'évaluation basées sur des distributions de valeurs extrêmes*

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

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

1 Scope

This section of IEC 34-18 is a technical report that describes test procedures for the evaluation of electrical endurance of insulation systems and their use or proposed use in a.c. or d.c. rotating electrical machines up to and including 50 MVA and between 1 kV and 15 kV using form-wound windings. The test procedures are comparative in nature, such that the performance of a candidate insulation system is compared to that of a reference insulation system with proven service experience.

2 Normative references

The following normative documents 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 normative documents 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 normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 34-1: 1994, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 34-15: 1995, *Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils*

IEC 34-18-1: 1992, *Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 1: General guidelines*

IEC 34-18-33: 1995, *Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 33: Test procedures for form-wound windings – Multifactor functional evaluation – Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 727-1: 1982, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions*

IEC 727-2: 1993, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 2: Evaluation procedures based on extreme-value distributions*

3 Considérations générales

3.1 Relation avec la section 1

Les principes de la section 1 de la CEI 34-18 doivent être suivis, sauf indication contraire énoncée dans les spécifications ou recommandations de cette section.

3.2 Sélection et désignation des procédures d'essai

Cette section fournit des procédures dont une ou plusieurs d'entre elles devraient être applicables à la majorité des évaluations. L'évaluation est normalement réalisée par le constructeur de la machine ou des bobines, et il est de sa responsabilité de choisir et de justifier la ou les procédures les mieux adaptées dans le tableau 1, à la lumière de l'expérience passée et des connaissances acquises sur les systèmes d'isolation devant être comparés.

La procédure d'essai doit être choisie dans le tableau 1 et désignée comme étant la procédure N, CEI 34-18-32, où N est la désignation donnée dans le tableau. Les paragraphes 3.3, 3.4 et 3.5 fournissent des indications sur la manière de choisir la procédure d'essai.

Tableau 1 – Désignation des procédures d'essai

Désignation de la procédure d'essai	Tension de vieillissement appliquée		Essais de diagnostic	
	Isolation principale (5.3.1)	Isolation entre spires (5.3.2)	Isolation principale (6.1.1)	Isolation entre spires (6.1.2)
1AA	Constante	Non	Non imposé (A)	Pas d'essai (A)
1BA	Constante	Non	Essai au choc (B)	Pas d'essai
1AB	Constante	Non	Non imposé	Essai au choc (B)
1BB	Constante	Non	Essai au choc	Essai au choc
1AC	Constante	Non	Non imposé	Essai fréquence industrielle (C)
1BC	Constante	Non	Essai au choc	Essai fréquence industrielle
2AA	Constante	Oui	Non imposé	Pas d'essai
2BA	Constante	Oui	Essai au choc	Pas d'essai
2AB	Constante	Oui	Non imposé	Essai au choc
2BB	Constante	Oui	Essai au choc	Essai au choc
2AC	Constante	Oui	Non imposé	Essai fréquence industrielle
2BC	Constante	Oui	Essai au choc	Essai fréquence industrielle
3AA	Non	Oui	Non imposé Essai fréquence industrielle (C) Autre (D)	Pas d'essai
NOTES 1 La signification des lettres de l'essai de diagnostic est la suivante: A – Pas d'essai; B – Essai au choc; C – Essai à fréquence industrielle; D – Autre essai. 2 Lorsqu'un essai de diagnostic n'est pas imposé sur l'isolation principale, la tension de vieillissement agit simultanément comme facteur de diagnostic. 3 La procédure d'essai 3AA peut être utilisée comme essai de sélection.				

3 General considerations

3.1 Relationship to section 1

The principles of section 1 of IEC 34-18 shall be followed unless the specifications or recommendations of this section indicate otherwise.

3.2 Selection and designation of test procedures

This section provides procedures, one or more of which should be suitable for the majority of evaluations. Evaluation is usually done by the manufacturer of the machine or coils and it is the manufacturer's responsibility to choose and justify the most suitable procedure(s) in table 1 in the light of past experience and knowledge of the insulation systems to be compared.

The test procedure shall be selected from table 1 and designated by IEC 34-18-32 procedure N, where N is the designation given in the table. Subclauses 3.3, 3.4 and 3.5 give guidance on how to select the test procedure.

Table 1 – Test procedure designations

Designation of test procedure	Applied ageing voltage		Diagnostic tests	
	Main insulation (5.3.1)	Interturn insulation (5.3.2)	Main insulation (6.1.1)	Interturn insulation (6.1.2)
1AA	Constant	None	Not required (A)	No test (A)
1BA	Constant	None	Impulse test (B)	No test
1AB	Constant	None	Not required	Impulse test (B)
1BB	Constant	None	Impulse test	Impulse test
1AC	Constant	None	Not required	Power frequency test (C)
1BC	Constant	None	Impulse test	Power frequency test
2AA	Constant	Yes	Not required	No test
2BA	Constant	Yes	Impulse test	No test
2AB	Constant	Yes	Not required	Impulse test
2BB	Constant	Yes	Impulse test	Impulse test
2AC	Constant	Yes	Not required	Power frequency test
2BC	Constant	Yes	Impulse test	Power frequency test
3AA	None	Yes	Not required	No test
			Power frequency (C)	
			Other (D)	
NOTES 1 The meaning of the letters of the diagnostic test are as follows: A – No test; B – Impulse test; C – Power frequency test; D – Other test. 2 Where a diagnostic test is not required on the main insulation then the ageing voltage acts simultaneously as the diagnostic factor. 3 Test procedure 3AA may be used as a screening test.				

Tous les essais répertoriés ci-dessus sont effectués à température ambiante. Toutefois, s'ils doivent être effectués à une autre température (voir 5.2.2), la description de la procédure d'essai comportera alors la lettre suffixe T: CEI 34-18-32 Procédure NT. Chaque procédure peut être utilisée pour une évaluation complète, conformément à 3.5.1 ou pour une évaluation réduite, conformément à 3.5.2.

3.3 *Système d'isolation de référence*

Un système d'isolation de référence doit être essayé selon une procédure d'essai équivalente à celle du système candidat (voir la CEI 34-18-1). Le système d'isolation de référence doit avoir une expérience en service, avec une tension égale à 75 % au moins de la tension assignée maximale prévue pour le système candidat. Lorsqu'on extrapole l'épaisseur d'isolation, il convient qu'un certain nombre de données existent montrant la corrélation entre la durée de vie électrique et la contrainte électrique pour les différentes épaisseurs d'isolation.

3.4 *Caractéristiques générales des procédures d'essai*

Les essais fonctionnels d'endurance électrique sont habituellement réalisés par cycles, chaque cycle comprenant un sous-cycle de vieillissement et un sous-cycle de diagnostic, sauf lorsque la tension de vieillissement agit simultanément comme seul essai de diagnostic. L'isolation des éprouvettes est vieillie à des niveaux de tension définis jusqu'au moment où une défaillance survient, selon les recommandations de la CEI 727-1. A partir de ces essais, il est possible d'obtenir des durées jusqu'à la défaillance pour chaque niveau de tension, et les résultats peuvent être reportés sur un graphique, comme le montre l'exemple de la figure 1, et comparés à ceux d'un système de référence. A l'heure actuelle, il n'y a aucune base physique prouvée permettant d'extrapoler cette caractéristique au niveau de la tension de service $U_N/\sqrt{3}$, où U_N est la valeur efficace de la tension assignée.

NOTE - Une procédure pas à pas peut être utilisée pour l'application de la tension de vieillissement, aux fins de sélection, selon les recommandations de la CEI 727-1, dans le cas des procédures qui n'ont pas d'essai de diagnostic.

3.4.1 *Vieillissement électrique de l'isolation principale*

En service, le vieillissement électrique de l'isolation principale est provoqué essentiellement par des contraintes électriques continues à fréquence industrielle. En outre, l'isolation doit supporter des surtensions transitoires provenant des surtensions de manoeuvres, etc. Toutefois, l'aptitude de l'isolation principale à supporter des surtensions transitoires peut être démontrée par la performance des systèmes sous une contrainte à fréquence industrielle (voir la CEI 34-15). Dans le cadre de cette section, le vieillissement de l'isolation principale est effectué avec une contrainte à fréquence industrielle ou à une fréquence accrue (jusqu'à 10 fois la fréquence industrielle).

3.4.2 *Vieillissement électrique de l'isolation entre spires*

Le vieillissement électrique de l'isolation entre spires peut survenir en raison de la contrainte constante appliquée à travers l'isolation principale. Cela peut être particulièrement significatif aux bords des conducteurs où la contrainte électrique est maximale.

Lorsque des bobines multispikes ou des barres sont utilisées, la tension à fréquence industrielle entre les spires est suffisamment basse pour que le vieillissement dû à cette contrainte électrique ne soit pas très significatif, mais des surtensions à front raide sur l'enroulement, provoquées par des manoeuvres et autres perturbations, peuvent générer

All the above tests are carried out at room temperature. However, if they are to be performed at any other temperature (see 5.2.2) then the test procedure designation shall be given the suffix T: IEC 34-18-32 Procedure NT. Each of the procedures may be used for the full evaluation according to 3.5.1 or for the reduced evaluation according to 3.5.2.

3.3 *Reference insulation system*

A reference insulation system shall be tested using a test procedure equivalent to that used for the candidate system (see IEC 34-18-1). The reference insulation system shall have service experience of not less than 75 % of the intended maximum rated voltage of the candidate system. When any extrapolation of the insulation thickness is used, then some information should be available showing the correlation between electrical lifetime and electrical stress for the different insulation thicknesses.

3.4 *General characteristics of test procedures*

Functional electrical endurance tests are usually performed in cycles, where each cycle consists of an ageing sub-cycle and a diagnostic sub-cycle, except when the ageing voltage acts simultaneously as the only diagnostic test. The insulation of test objects is aged at fixed voltage levels until failure following the recommendations of IEC 727-1. From such tests characteristic times to failure at each voltage level are obtained, and the results may be reported on a graph, as shown by the example of figure 1, and be compared with those of a reference system. At the present time there is no proven physical basis for extrapolation of this characteristic to the service voltage level $U_N/\sqrt{3}$, where U_N is the rated voltage in r.m.s.

NOTE – A step-by-step procedure for applying the ageing voltage may be used for screening purposes following the recommendations of IEC 727-1, for those procedures which have no diagnostic tests.

3.4.1 *Electrical ageing of the main insulation*

In service, electrical ageing of the main insulation is primarily caused by continuous electrical stress at power frequency. In addition, the insulation is required to withstand transient over-voltages arising from switching surges, etc. However, the ability of the main insulation to withstand transient over-voltages may be demonstrated by the systems performance under power frequency stress (see IEC 34-15). Within this section the ageing of the main insulation is carried out under power or increased frequency (up to 10 times power frequency) stress.

3.4.2 *Electrical ageing of the interturn insulation*

Electrical ageing of the interturn insulation can arise due to the steady-state stress applied across the main insulation. This could be particularly significant at the edges of the conductors where the electrical stress has its maximum.

Where multiturn coils or bars are used, the power frequency voltage between turns is sufficiently low that ageing due to this electric stress is not of major significance, but steep-fronted surges on the winding caused by switching and other disturbances can

une contrainte suffisante entre les spires pour provoquer le vieillissement. Comme les formes d'ondes et la fréquence d'apparition sont extrêmement variables, et qu'elles dépendent des paramètres du circuit, cette section recommande que, aux fins de comparaison, le vieillissement électrique de l'isolation entre spires puisse être réalisé à fréquence industrielle ou à une fréquence accrue, conformément à la pratique établie (voir la CEI 34-15).

3.5 *Importance des essais*

L'importance des essais d'endurance électrique dépendra du but de l'évaluation.

3.5.1 *Evaluation complète*

Lorsqu'il existe des différences substantielles dans les compositions du système de référence et du système candidat, une évaluation complète sera nécessaire. Pour cela il faudra un nombre adéquat d'échantillons, à chacun d'au moins trois niveaux de tension (voir 4.3).

3.5.2 *Evaluation réduite*

Il y a des situations dans lesquelles il sera suffisant d'effectuer une évaluation réduite, en utilisant des échantillons moins nombreux et un niveau de tension.

La comparaison d'un système d'isolation candidat à un système de référence, lorsque les différences de composition ne sont pas voulues ou sont mineures, peut être réalisée en utilisant un seul niveau de tension, mais avec le nombre minimum recommandé d'échantillons (voir 4.3). Une évaluation réduite n'est permise que si les tensions assignées des deux systèmes sont les mêmes.

4 *Epreuves*

4.1 *Construction des épreuves*

Les épreuves doivent être fabriquées de façon à représenter de manière adéquate la configuration du composant d'enroulement fini devant être évalué, et doivent être soumises aux procédés de fabrication complets, normaux ou prévus, autant que faire se peut. Lorsque des bobines ou des barres unitaires sont utilisées comme modèles, les lignes de fuite et les systèmes répartiteurs de tension, si nécessaire, doivent être adaptés aux contraintes appliquées pendant les essais. Une électrode devra s'étendre sur toute la longueur de l'encoche du modèle et entourer la totalité de la circonférence de la section de la bobine. Il convient que les détails fournis dans la CEI 727-1 soient observés.

4.2 *Nombre de spires*

En général, pour examiner l'isolation entre spires, il est nécessaire d'utiliser des bobines complètes afin d'inclure les effets possibles de la mise en forme et du renforcement du conducteur. Le nombre de spires et l'épaisseur de l'isolation entre spires seront tels que, lorsque la tension d'essai choisie conformément à 6.1.2 est appliquée, la contrainte diélectrique entre spires n'est pas inférieure au niveau le plus élevé qui serait imposé en appliquant la tension d'essai appropriée (généralement différente) à toute forme de bobine pour laquelle le système d'isolation peut être utilisé.

cause sufficient stress between turns to cause ageing. Since the waveforms and frequency of occurrence are extremely variable and dependent upon circuit parameters, this section recommends that, for comparison purposes, electrical ageing of the interturn insulation may be performed at power or increased frequency, in line with established practice (see IEC 34-15).

3.5 *Extent of tests*

The extent of the electrical endurance tests will depend upon the purpose of the evaluation.

3.5.1 *Full evaluation*

Where there are substantial differences in the compositions of the reference and candidate systems then a full evaluation will be needed. This will require an adequate number of test specimens at each of three or more voltage levels (see 4.3).

3.5.2 *Reduced evaluation*

There are situations when it will be sufficient to carry out reduced evaluation using fewer test specimens and one voltage level.

Comparison of a candidate insulation system to a reference system where there are no intended or only minor differences in composition may be carried out using only one voltage level, but with the recommended minimum number of test specimens (see 4.3). Reduced evaluation is allowed only if the rated voltages are the same for both systems.

4 **Test objects**

4.1 *Construction of test objects*

Test objects shall be constructed to adequately represent the configuration of the finished winding component to be evaluated and shall be subjected to the full normal or intended manufacturing processes as far as possible. When using separate coils or bars as models, creepage distances and voltage grading means, where required, are to be appropriate to the stresses applied during testing. An electrode shall extend the full slot length of the model and encircle the entire circumference of the coil cross-section. The details given in IEC 727-1 should be observed.

4.2 *Number of turns*

In general, to examine the interturn insulation, it is necessary to use complete coils in order to include the possible effects of shaping and conductor reinforcement. The number of turns and the thickness of the interturn insulation should be such that when the test voltage chosen in accordance with 6.1.2 is applied, the interturn dielectric stress is not less than the highest that would be imposed by applying the appropriate (usually different) test voltage to any design of coil for which the insulation system can be used.

Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une tension à fréquence industrielle entre les spires, il convient que la bobine soit alors, de préférence, roulée avec deux conducteurs parallèles (bifilaire), chacun étant isolé avec l'isolation entre spires, ou la bobine sera coupée au niveau des développantes. Lorsque des bobines isolées sous vide et pression sont utilisées, la découpe et la séparation des conducteurs dans cette zone doivent être effectuées avant l'imprégnation. Si la procédure d'essai choisie (voir 3.2) ne prévoit pas d'appliquer une tension à fréquence industrielle entre les spires, l'éprouvette peut alors être une bobine multispire bobinée normalement avec un seul conducteur (ou un conducteur divisé).

4.3 *Nombre d'échantillons*

Un nombre adéquat d'échantillons doit être vieilli à chaque niveau de tension d'essai afin d'obtenir une confiance statistique satisfaisante. Il convient que le nombre d'échantillons ne soit pas inférieur à cinq.

4.4 *Essais de vérification de la qualité*

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

- inspection visuelle des échantillons;
- essais haute tension, selon la CEI 34-1.

4.5 *Essais de diagnostic préliminaires*

Avant le début du premier sous-cycle de vieillissement, chaque échantillon terminé doit être soumis à tous les essais de diagnostic prévus dans la procédure d'essai.

5 *Sous-cycle de vieillissement électrique*

5.1 *Niveaux de tension et durées prévues pour les essais*

Pour une évaluation complète, telle que décrite en 3.5.1, il faut choisir au moins trois niveaux de tension, de façon que le temps moyen avant défaillance attendu soit d'environ 100 h au niveau de tension le plus élevé, et d'environ 10 000 h au niveau de tension le plus bas, à la fréquence industrielle normale. Pour une évaluation réduite, où un seul niveau de tension est demandé (voir 3.5.2), il convient de choisir ce niveau de façon que le temps moyen avant défaillance attendu soit d'environ 1 000 h. La tension alternative appliquée aux éprouvettes doit être maintenue dans les tolérances stipulées dans la CEI 727-1 et doit être conforme aux prescriptions de la CEI 60-1.

5.2 *Températures d'essai pendant les essais d'endurance électrique*

Dans le cadre de cette section, le vieillissement électrique est, de préférence, réalisé dans l'air à température ambiante, à des tensions et/ou des fréquences plus élevées que les conditions de fonctionnement en régime établi, afin d'accélérer les effets des contraintes électriques. Comme alternative, l'essai peut être réalisé à des températures élevées.

5.2.1 *Vieillissement électrique à température ambiante*

Les essais de vieillissement électrique sur un système d'isolation sont normalement effectués à température ambiante en utilisant la contrainte de tension comme seul facteur de vieillissement.

Where it is required to apply a power frequency voltage between the turns then the coil should preferably be wound with two parallel conductors (bifilar), each insulated with the interturn insulation, or the coil has to be cut in the endwindings. When using vacuum pressure impregnation (VPI) coils, the cut-through and separation of the conductors in this area have to be done before impregnation. If the test procedure chosen (see 3.2) does not apply a power frequency voltage between the turns then the test object can be a multiturn coil wound in the normal manner with a single (or stranded) conductor.

4.3 *Number of test specimens*

An adequate number of test specimens shall be aged at each test voltage level in order to obtain statistical confidence. This number should not be less than five.

4.4 *Quality assurance tests*

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

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

4.5 *Initial diagnostic tests*

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

5 **Electrical ageing sub-cycle**

5.1 *Voltage levels and intended test lives*

For full evaluation as described in 3.5.1, at least three voltage levels shall be selected so that the intended median time to failure at the highest voltage level is about 100 h, and at the lowest voltage level about 10 000 h at the normal power frequency. For reduced evaluation where only one voltage level is required (see 3.5.2) it should be chosen so that the intended median time to failure is about 1 000 h. The alternating voltage applied to the test objects shall be maintained within the tolerance stated in IEC 727-1 and shall comply with the requirements of IEC 60-1.

5.2 *Test temperatures during electrical endurance testing*

Within this section electrical ageing is preferably carried out in air at room temperature at voltages and/or frequencies higher than the steady-state operating conditions in order to accelerate the effects of electrical stress. Alternatively, the test may be carried out at elevated temperatures.

5.2.1 *Electrical ageing at room temperature*

Electrical ageing tests on an insulation system are normally performed at room temperature using voltage stress as the only ageing factor.

5.2.2 Vieillessement électrique à température élevée

Lorsque les essais de vieillissement électrique sont effectués à des températures élevées, tout moyen de chauffage approprié peut alors être utilisé. L'élévation de température due à la contrainte électrique appliquée peut affecter les résultats, en particulier lorsqu'on utilise une fréquence plus élevée, et déterminée et enregistrée. Les essais à températures élevées ne sont permis que si ces températures n'entraînent pas un vieillissement thermique notable. Si un vieillissement thermique survient, il convient que les essais soient réalisés suivant la section 33 qui traite des essais à plusieurs facteurs.

5.3 Procédure de vieillissement

Chaque sous-cycle de vieillissement peut comprendre un sous-cycle pour le vieillissement de l'isolation principale et un sous-cycle pour le vieillissement de l'isolation entre spires.

5.3.1 Sous-cycle pour le vieillissement de l'isolation principale

Pour toutes les procédures d'essai excepté 3AA (voir tableau 1), la tension de vieillissement électrique est appliquée entre le circuit magnétique du stator ou la couche conductrice externe sur la surface de l'échantillon et les conducteurs. Si l'éprouvette est une bobine multispikes, l'isolation principale et l'isolation entre spires sont alors vieilles toutes les deux pendant l'application de la contrainte électrique. Il convient que la durée de ces sous-cycles soit telle qu'environ dix sous-cycles sont effectués sur un échantillon dont la durée de vie est située dans la moyenne. Afin de réduire la durée de l'essai, une fréquence plus élevée peut être utilisée. Toutefois, il faut veiller à ce que les pertes diélectriques n'augmentent pas la température de l'isolation dans des proportions telles que les résultats en soient affectés. Cela est particulièrement important à des températures élevées. La même fréquence doit être utilisée pour le système d'isolation candidat et le système d'isolation de référence.

NOTE - Les résultats des essais avec des fréquences plus élevées ne peuvent être utilisés pour une comparaison directe que si les durées de vie des systèmes sont affectées de manière similaire par l'augmentation de la fréquence.

5.3.2 Sous-cycle pour le vieillissement de l'isolation entre spires

Dans le cas des procédures 2AA à 2BC (voir tableau 1), lorsque l'évaluation souhaitée d'un système porte sur le vieillissement de l'isolation entre spires résultant de surtensions transitoires répétitives, le sous-cycle de vieillissement de l'isolation principale est suivi d'un sous-cycle de vieillissement de l'isolation entre spires consistant en l'application d'une tension à fréquence industrielle entre les spires pendant 10 min. Il convient que cette tension soit:

$$1,5 \times \frac{U_N}{n}$$

où n est le nombre de spires, mais cette tension ne sera pas inférieure à $0,3 \times U_N$.

L'élévation de température due à la contrainte électrique appliquée peut affecter les résultats, en particulier lorsqu'on utilise une fréquence plus élevée, et il convient qu'elle soit déterminée et enregistrée.

NOTE - Les résultats des essais avec des fréquences plus élevées ne peuvent être utilisés pour une comparaison directe que si les durées de vie des systèmes sont affectées de manière similaire par l'augmentation de la fréquence.

5.2.2 *Electrical ageing at elevated temperature*

Where the electrical ageing tests are performed at elevated temperatures then any appropriate means of heating may be used. The temperature rise due to the applied electrical stress can affect the results, especially when using increased frequency, and should be determined and recorded. Testing at elevated temperatures is permitted only if these temperatures do not result in any detectable thermal ageing. If thermal ageing does occur, the testing should be following the guidelines in section 33 for multifactor testing.

5.3 *Ageing procedure*

Each ageing sub-cycle may consist of a sub-cycle for ageing of the main insulation and a sub-cycle for ageing of the interturn insulation.

5.3.1 *Sub-cycle for ageing of the main insulation*

For all test procedures except 3AA (see table 1) the electrical ageing voltage is applied between the stator core or the outer conductive layer on the surface of the test specimen and the conductors. If the test object is a multiturn coil, then both the main insulation and the interturn insulation are aged by the electrical stress during this period. The duration of these sub-cycles should be such that approximately ten sub-cycles will be performed on a test specimen having a median life. To reduce the duration of the test, increased frequency may be used. However, care shall be taken that the dielectric losses do not increase the temperature of the insulation so much that the results are affected. This is especially important at elevated temperatures. The same frequency shall be used for the candidate and reference insulation system.

NOTE – Increased frequency test results may only be used for direct comparison if the lives of the systems are affected similarly by the increase of frequency.

5.3.2 *Sub-cycle for ageing of the interturn insulation*

For test procedures 2AA to 2BC (see table 1), where it is desired to evaluate a system with regard to ageing of the interturn insulation due to repetitive transient over-voltages, the main insulation ageing sub-cycle is followed by an interturn insulation ageing sub-cycle consisting of the application of a power frequency voltage between turns for 10 min. This voltage should be

$$1,5 \times \frac{U_N}{n}$$

where n is the number of turns, but not less than $0,3 \times U_N$.

The temperature rise due to the applied electrical stress can affect the results, especially when using increased frequency, and should be determined and recorded.

NOTE – Increased frequency test results may only be used for direct comparison if the lives of the systems are affected similarly by the increase of frequency.

6 Sous-cycle de diagnostic

Les sous-cycles de diagnostic sont effectués à la suite des sous-cycles de vieillissement. La défaillance d'une partie quelconque de l'échantillon pendant un essai de diagnostic constitue une défaillance de tout le système et doit être mentionnée comme telle.

6.1 Essais de tension

Les essais de tension appropriés sont choisis selon la procédure d'essai sélectionnée en 3.2.

6.1.1 Isolation principale

6.1.1.1 Essai de choc

L'essai de diagnostic sur l'isolation principale consiste en trois applications successives d'une tension de choc de forme 1,2/50 μ s avec une valeur de crête de $(4 U_N + 5 \text{ kV})$, où U_N est la tension assignée de l'isolation en kilovolts.

6.1.1.2 Essai à fréquence industrielle

Une tension efficace $(2 U_N + 1 \text{ kV})$ ou la tension d'essai de vieillissement la plus élevée, en prenant la valeur la plus forte doit être appliquée pendant 1 min entre les extrémités de la bobine et la terre, puis être immédiatement réduite à zéro à raison d'au moins 1 kV/s.

NOTE – Cet essai à fréquence industrielle peut contribuer au vieillissement électrique des échantillons.

6.1.2 Isolation entre spires

6.1.2.1 Essai de choc

Pour les éprouvettes comprenant des bobines multispaires roulées avec un conducteur seul ou divisé, l'essai de diagnostic de l'isolation entre spires est effectué au moyen d'un essai de tension de choc. L'amplitude (en valeur de crête) sera donnée par la formule $U_p = 0,65 (4 U_N + 5 \text{ kV})$ où U_N est la tension assignée en kilovolts (voir la CEI 34-15). Le temps de montée de la forme d'onde de tension doit être fixé de manière à obtenir une distribution de tension uniforme dans les spires de la bobine. Pour les bobines individuelles, la valeur sera comprise entre 0,5 μ s et 1,2 μ s.

6.1.2.2 Essai à fréquence industrielle

Pour les éprouvettes comprenant des conducteurs parallèles isolés, une tension à fréquence industrielle de valeur appropriée doit être appliquée entre les spires pendant 1 min.

NOTE – Il convient que la tension de valeur appropriée soit plus élevée ou égale à la tension de vieillissement la plus élevée.

6.2 Autres essais de diagnostic

Des mesures de diagnostic peuvent être utilisées pour information ou pour déterminer la fin de vie en essai, soit en complétant les essais de tension soit en les remplaçant. Des facteurs tels que la résistance d'isolement, l'angle de pertes et les décharges partielles sont des exemples. Un critère de fin de vie peut être établi pour chaque essai de diagnostic, en donnant une justification adéquate.