

Electrical insulating materials - Properties of thermal endurance - Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results

This document is a preview generated by EVS

EESTI STANDARDI EESSÕNA

NATIONAL FOREWORD

Käesolev Eesti standard EVS-EN 60216-1:2003 sisaldab Euroopa standardi EN 60216-1:2001 ingliskeelset teksti.

Standard on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 15.01.2003 käskkirjaga ja jõustub sellekohase teate avaldamisel EVS Teatajas.

Euroopa standardimisorganisatsioonide poolt rahvuslikele liikmetele Euroopa standardi teksti kättesaadavaks tegemise kuupäev on 22.10.2001.

Standard on kättesaadav Eesti standardiorganisatsioonist.

This Estonian standard EVS-EN 60216-1:2003 consists of the English text of the European standard EN 60216-1:2001.

This standard is ratified with the order of Estonian Centre for Standardisation dated 15.01.2003 and is endorsed with the notification published in the official bulletin of the Estonian national standardisation organisation.

Date of Availability of the European standard text 22.10.2001.

The standard is available from Estonian standardisation organisation.

ICS 17.220.99, 29.035.01

Standardite reprodutseerimis- ja levitamiseõigus kuulub Eesti Standardikeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonilisse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel on keelatud ilma Eesti Standardikeskuse poolt antud kirjaliku loata.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, palun võtke ühendust Eesti Standardikeskusega:
Aru 10 Tallinn 10317 Eesti; www.evs.ee; Telefon: 605 5050; E-post: info@evs.ee

Right to reproduce and distribute Estonian Standards belongs to the Estonian Centre for Standardisation

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, without permission in writing from Estonian Centre for Standardisation.

If you have any questions about standards copyright, please contact Estonian Centre for Standardisation:
Aru str 10 Tallinn 10317 Estonia; www.evs.ee; Phone: +372 605 5050; E-mail: info@evs.ee

EUROPEAN STANDARD

EN 60216-1

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

October 2001

ICS 17.220.99;29.035.01

Supersedes HD 611.1 S1:1992

English version

**Electrical insulating materials -
Properties of thermal endurance
Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results
(IEC 60216-1:2001)**

Matériaux isolants électriques -
Propriétés d'endurance thermique
Partie 1: Méthodes de vieillissement et
évaluation des résultats d'essai
(CEI 60216-1:2001)

Elektroisolierstoffe -
Eigenschaften hinsichtlich des
thermischen Langzeitverhaltens
Teil 1: Warmlagerungsverfahren und
Auswertung von Prüfergebnissen
(IEC 60216-1:2001)

This European Standard was approved by CENELEC on 2001-10-01. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CENELEC

European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels

Foreword

The text of document 15E/153/FDIS, future edition 5 of IEC 60216-1, prepared by SC 15E, Methods of test, of IEC TC 15, Insulating materials, was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and was approved by CENELEC as EN 60216-1 on 2001-10-01.

This European Standard supersedes HD 611.1 S1:1992.

The following dates were fixed:

- latest date by which the EN has to be implemented
at national level by publication of an identical
national standard or by endorsement (dop) 2002-07-01
- latest date by which the national standards conflicting
with the EN have to be withdrawn (dow) 2004-10-01

Annexes designated "normative" are part of the body of the standard.

Annexes designated "informative" are given for information only.

In this standard, annex ZA is normative and annexes A, B and C are informative.

Annex ZA has been added by CENELEC.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 60216-1:2001 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

Annex ZA (normative)

Normative references to international publications with their corresponding European publications

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

NOTE When an international publication has been modified by common modifications, indicated by (mod), the relevant EN/HD applies.

<u>Publication</u>	<u>Year</u>	<u>Title</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Year</u>
IEC 60050-212	1990	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases	-	-
IEC 60212	1971	Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials	HD 437 S1	1984
IEC 60216-2	1990	Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials Part 2: Choice of test criteria	HD 611.2 S1	1992
IEC 60216-3	1)	Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics	-	-
IEC 60216-4-1	1990	Part 4: Ageing ovens -- Section 1: Single-chamber ovens	HD 611.4.1 S1	1992
IEC 60493-1	1974	Guide for the statistical analysis of ageing test data - Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results	-	-
ISO 291	1997	Plastics - Standard atmospheres for conditioning and testing	-	-
ISO 2578	1993	Plastics Determination of time-temperature limits after prolonged exposure to heat	EN ISO 2578	1998
ISO 11346	1997	Rubber, vulcanized or thermoplastic Estimation of life-time and maximum temperature of use from an Arrhenius plot	-	-

1) To be published.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60216-1

Cinquième édition
Fifth edition
2001-07

**Matériaux isolants électriques –
Propriétés d'endurance thermique –**

**Partie 1:
Méthodes de vieillissement et
évaluation des résultats d'essai**

**Electrical insulating materials –
Properties of thermal endurance –**

**Part 1:
Ageing procedures and
evaluation of test results**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60216-1:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60216-1

Cinquième édition
Fifth edition
2001-07

**Matériaux isolants électriques –
Propriétés d'endurance thermique –**

**Partie 1:
Méthodes de vieillissement et
évaluation des résultats d'essai**

**Electrical insulating materials –
Properties of thermal endurance –**

**Part 1:
Ageing procedures and
evaluation of test results**

© IEC 2001 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé, Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site: <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application.....	14
2 Références normatives	14
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	16
3.1 Termes et définitions	16
3.2 Symboles et abréviations	20
4 Résumés des méthodes	22
4.1 Méthodes d'évaluation complète	22
4.2 Méthodes d'évaluation simplifiées et graphiques.....	22
5 Méthodes expérimentales détaillées	24
5.1 Choix des méthodes d'essai	24
5.1.1 Considérations générales.....	24
5.1.2 Instructions particulières pour la détermination de l'indice de température	24
5.1.3 Détermination de l'indice de température pour des temps autres que 20 000 h.....	24
5.2 Choix des points limites	24
5.3 Préparation et nombre d'éprouvettes	26
5.3.1 Préparation	26
5.3.2 Nombre d'éprouvettes	26
5.4 Détermination de la valeur de la propriété initiale.....	28
5.5 Températures et temps d'exposition.....	28
5.6 Etuves de vieillissement.....	30
5.7 Conditions d'environnement.....	30
5.7.1 Conditions atmosphériques pendant le vieillissement.....	30
5.7.2 Conditions pour la mesure des propriétés	30
5.8 Méthode de vieillissement.....	32
5.8.1 Méthode utilisant un essai non destructif.....	32
5.8.2 Méthode utilisant un essai d'épreuve	32
5.8.3 Méthode utilisant un essai destructif	34
6 Evaluation.....	34
6.1 Analyse numérique des données d'essai.....	34
6.2 Caractéristiques d'endurance thermique et formats.....	34
6.3 Temps jusqu'au point limite, valeurs de x et de y	36
6.3.1 Essais non destructifs	36
6.3.2 Essais d'épreuve.....	38
6.3.3 Essais destructifs.....	38
6.4 Moyennes et variances	38
6.4.1 Données complètes.....	38
6.4.2 Données incomplètes (censurées)	40

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
1 Scope	15
2 Normative references	15
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms	17
3.1 Terms and definitions	17
3.2 Symbols and abbreviated terms	21
4 Synopsis of procedures	23
4.1 Full procedures	23
4.2 Simplified numerical and graphical evaluation procedures	23
5 Detailed experimental procedures	25
5.1 Selection of test procedures	25
5.1.1 General considerations	25
5.1.2 Specific instructions for determination of T _I	25
5.1.3 Determination of T _I for times other than 20 000 h	25
5.2 Selection of end-points	25
5.3 Preparation and number of test specimens	27
5.3.1 Preparation	27
5.3.2 Number of specimens	27
5.4 Establishment of initial property value	29
5.5 Exposure temperatures and times	29
5.6 Ageing ovens	31
5.7 Environmental conditions	31
5.7.1 Atmospheric conditions during ageing	31
5.7.2 Conditions for property measurement	31
5.8 Procedure for ageing	33
5.8.1 Procedure using a non-destructive test	33
5.8.2 Procedure using a proof test	33
5.8.3 Procedure using a destructive test	35
6 Evaluation	35
6.1 Numerical analysis of test data	35
6.2 Thermal endurance characteristics and formats	35
6.3 Times to end-point, x - and y -values	37
6.3.1 Non-destructive tests	37
6.3.2 Proof tests	39
6.3.3 Destructive tests	39
6.4 Means and variances	39
6.4.1 Complete data	39
6.4.2 Incomplete (censored) data	41

6.5	Généralités sur les moyennes et les variances, et analyse de régression	40
6.6	Essais statistiques et exigences concernant les données.....	40
6.6.1	Données de tous types.....	40
6.6.2	Essais d'épreuve.....	42
6.6.3	Essais destructifs.....	42
6.7	Graphique et caractéristiques d'endurance thermique.....	44
6.8	Rapport d'essai.....	44
7	Méthodes simplifiées	46
7.1	Description sommaire des méthodes.....	46
7.2	Méthodes expérimentales	46
7.2.1	Choix de l'essai de diagnostic.....	46
7.2.2	Choix du point limite	46
7.2.3	Eprouvettes.....	46
7.3	Températures d'exposition.....	48
7.4	Etuves de vieillissement.....	48
7.5	Méthodes.....	48
7.5.1	Valeurs initiales de la propriété	48
7.5.2	Méthodes de vieillissement	50
7.6	Méthodes de calculs simplifiés.....	50
7.6.1	Temps jusqu'au point limite.....	50
7.6.2	Calcul de la droite de régression.....	50
7.6.3	Calcul des écarts de linéarité.....	52
7.6.4	Indice de température et intervalle de division par deux.....	54
7.6.5	Validité des calculs simplifiés.....	54
7.6.6	Rapport d'essai.....	54
	Annexe A (informative) Dispersion et non-linéarité	66
	Annexe B (informative) Température et temps d'exposition	70
	Annexe C (informative) Concepts existant dans les éditions précédentes	76
	Figure 1 – Variation de la propriété – Détermination du temps jusqu'au point limite pour chaque température (essais destructif et non destructif).....	58
	Figure 2 – Estimations des temps jusqu'au point limite – Valeur de la propriété (en ordonnée, unités quelconques) en fonction du temps (en abscisse, échelle logarithmique, unités quelconques)	60
	Figure 3 – Essais destructifs – Estimation du temps jusqu'au point limite	62
	Figure 4 – Graphique d'endurance thermique	64
	Figure C.1 – Indice relatif de température	78
	Tableau 1 – Températures et durée d'exposition suggérées	56
	Tableau B.1 – Groupes	74

6.5	General means and variances and regression analysis	41
6.6	Statistical tests and data requirements	41
6.6.1	Data of all types	41
6.6.2	Proof tests	43
6.6.3	Destructive tests	43
6.7	Thermal endurance graph and thermal endurance characteristics	45
6.8	Test report	45
7	Simplified procedures	47
7.1	Outline description of procedures	47
7.2	Experimental procedures	47
7.2.1	Choice of diagnostic test	47
7.2.2	Choice of end-point	47
7.2.3	Test specimens	47
7.3	Exposure temperatures	49
7.4	Ageing ovens	49
7.5	Procedure	49
7.5.1	Initial property values	49
7.5.2	Ageing procedure	51
7.6	Simplified calculation procedures	51
7.6.1	Times to end-point	51
7.6.2	Calculation of the regression line	51
7.6.3	Calculation of deviation from linearity	53
7.6.4	Temperature index and halving interval	55
7.6.5	Validity of simplified calculations	55
7.6.6	Test report	55
Annex A (informative)	Dispersion and non-linearity	67
Annex B (informative)	Exposure temperatures and times	71
Annex C (informative)	Concepts in earlier editions	77
Figure 1	Property variation – Determination of time to end-point at each temperature (destructive and non-destructive tests)	59
Figure 2	Estimation of times to end-point – Property value (ordinate, arbitrary units) versus time (abscissa, log scale, arbitrary units)	61
Figure 3	Destructive tests – Estimation of time to end-point	63
Figure 4	Thermal endurance graph	65
Figure C.1	Relative temperature index	79
Table 1	Suggested exposure temperatures and times	57
Table B.1	Groups	75

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60216-1 a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essais, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 1990 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15E/153/FDIS	15E/155/RVD

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

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

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATING MATERIALS –
PROPERTIES OF THERMAL ENDURANCE –****Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60216-1 has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 1990 and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
15E/153/FDIS	15E/155/RVD

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

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

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next revision.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Le relevé des propriétés thermiques des matériaux isolants électriques, fondé sur l'expérience en service, s'est révélé irréaliste en raison de l'évolution rapide de la technologie des polymères et de l'isolation électrique, et du temps nécessaire pour acquérir l'expérience en service appropriée. Des méthodes de vieillissement accéléré et d'essai étaient par conséquent nécessaires afin d'obtenir l'information requise. La série 60216 a été développée pour formaliser ces méthodes et pour interpréter leurs résultats.

Les processus de vieillissement proposés comme relevant de modèles physicochimiques ont conduit à décrire la vitesse de vieillissement selon les hypothèses presque universelles des équations d'Arrhenius. Il en est ressorti le concept de l'indice de température (IT) comme point caractéristique unique basé sur des données de vieillissement accéléré. Cet indice est une valeur numérique de la température en °C pour laquelle le temps mis pour que la détérioration d'une propriété sélectionnée atteigne un point limite est défini (généralement 20 000 h).

NOTE Le terme «Arrhenius» est largement utilisé (et compris) pour indiquer qu'il existe une relation linéaire entre le logarithme d'un temps et l'inverse de la température thermodynamique (absolue ou kelvin). L'utilisation correcte se limite à une telle relation existant entre une vitesse de réaction constante et la température thermodynamique. L'utilisation habituelle est celle qui est retenue tout au long de cette norme.

La grande dispersion statistique des données d'essai qui a été constatée, en même temps que la fréquente apparition d'écarts substantiels par rapport au comportement idéal a démontré qu'il était nécessaire d'effectuer des essais pour établir la validité du modèle physico-chimique de base. L'application des essais statistiques conventionnels comme ceux qui sont établis dans la CEI 60493 a satisfait à cette exigence, conduisant à la «limite de confiance» (TC) de l'indice IT. Mais on a considéré qu'un seul point unique IT était inadapté à la description des possibilités des matériaux. Ceci a conduit au concept du «profil d'endurance thermique» (PET) indiqué dans la deuxième édition de cette partie de la CEI 60216, incorporant l'indice de température, ses variations selon la durée de vieillissement spécifiée, ainsi qu'une limite de confiance.

Un facteur de complication réside dans le fait que les propriétés d'un matériau soumis au vieillissement thermique peuvent ne pas toutes se détériorer à la même vitesse, et que différents points limites peuvent être pertinents pour différentes applications. Par conséquent, ce matériau peut correspondre à plus d'un indice de température résultant, par exemple, des mesures des différentes propriétés et de l'utilisation de différents points limites.

Un complément utile à la norme a été l'indice relatif de température (IRT), obtenu par vieillissement simultané d'un matériau de référence connu avec le matériau d'essai, en éliminant certaines des incertitudes associées, par exemple, à la commande en température des étuves.

On a constaté par la suite que l'indice statistique de confiance inclus dans le profil d'endurance thermique (PET) n'était pas largement compris et utilisé. Cependant, on a considéré comme essentiels les essais statistiques, en particulier après quelques modifications mineures destinées à les rendre plus adaptés à la pratique. Le concept de l'intervalle de division par deux (IDC) a été introduit pour indiquer la vitesse des modifications du temps de vieillissement en fonction de la température. Le profil PET a alors été abandonné, en même temps que l'indice IT et l'intervalle IDC étaient pris en compte, de façon à indiquer si les essais statistiques étaient ou non totalement satisfaits. En même temps, les méthodes de calcul ont été rendues plus compréhensibles, permettant pleinement le traitement statistique des données obtenues à partir de propriétés de diagnostic de n'importe quel type, y compris le cas particulier des données partiellement incomplètes. Les méthodes de calcul (à ce jour plutôt complexes) ont été rendues plus acceptables grâce à l'utilisation de programmes informatiques adaptés aux ordinateurs personnels peu coûteux.

INTRODUCTION

The listing of the thermal capabilities of electrical insulating materials, based on service experience, was found to be impractical, owing to the rapid development of polymer and insulation technologies and the long time necessary to acquire appropriate service experience. Accelerated ageing and test procedures were therefore required to obtain the necessary information. The IEC 60216 series has been developed to formalize these procedures and the interpretation of their results.

Physico-chemical models postulated for the ageing processes led to the almost universal assumption of the Arrhenius equations to describe the rate of ageing. Out of this arose the concept of the temperature index (TI) as a single-point characteristic based upon accelerated ageing data. This is the numerical value of the temperature in °C at which the time taken for deterioration of a selected property to reach an accepted end-point is that specified (usually 20 000 h).

NOTE The term Arrhenius is widely used (and understood) to indicate a linear relationship between the logarithm of a time and the reciprocal of the thermodynamic (absolute or kelvin) temperature. The correct usage is restricted to such a relationship between a reaction rate constant and the thermodynamic temperature. The common usage is employed throughout this standard.

The large statistical scatter of test data which was found, together with the frequent occurrence of substantial deviations from the ideal behaviour, demonstrated the need for tests to assess the validity of the basic physico-chemical model. The application of conventional statistical tests, as set out in IEC 60493, fulfilled this requirement, resulting in the "confidence limit", (TC) of TI, but the simple, single-point TI was found inadequate to describe the capabilities of materials. This led to the concept of the "Thermal Endurance Profile" (TEP) given in the second edition of this part of IEC 60216, incorporating the temperature index, its variation with specified ageing time, and a confidence limit.

A complicating factor is that the properties of a material subjected to thermal ageing may not all deteriorate at the same rate, and different end-points may be relevant for different applications. Consequently, a material may be assigned more than one temperature index, derived, for example, from the measurement of different properties and the use of different end-point times.

A useful addition to the standard was the relative temperature index (RTI) obtained by simultaneous ageing of a known reference material with the test material, eliminating some of the uncertainties associated with, for example, oven temperature control.

It was subsequently found that the statistical confidence index included in the TEP was not widely understood or used. However, the statistical tests were considered essential, particularly after minor modifications to make them relate better to practical circumstances: the concept of the halving interval (HIC) was introduced to indicate the rate of change of ageing time with temperature. TEP was then abandoned, with the TI and HIC being reported in a way which indicated whether or not the statistical tests had been fully satisfied. At the same time, the calculation procedures were made more comprehensive, enabling full statistical testing of data obtained using a diagnostic property of any type, including the particular case of partially incomplete data. The calculation procedures (by now quite complex) were made more acceptable by the provision of computer programmes suitable for low-price personal computers.

Au moment de la préparation de la présente édition, il a été décidé qu'il convenait que l'indice IRT fasse l'objet d'une norme distincte.

En même temps que l'élaboration de la série 60216, d'autres normes ont été développées à l'ISO. Elles sont destinées à satisfaire une exigence similaire pour les matériaux en plastique et en caoutchouc. Ces normes sont respectivement l'ISO 2578 et l'ISO 11346, qui utilisent des méthodes statistiques moins rigoureuses et des techniques expérimentales plus limitées. Il est possible d'espérer qu'une pratique plus large des possibilités des ordinateurs, déjà mentionnée, ainsi que l'introduction d'une section comparant les méthodes simplifiées créeront le besoin de disposer de normes distinctes.

La CEI 60216, traitant de la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux isolants électriques est constituée de plusieurs parties:

- Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai;
- Partie 2: Choix de critères d'essai;
- Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique;
- Partie 4-1: Etuves de vieillissement – Section 1: Etuves à une seule chambre;
- Partie 4-2: Etuves de vieillissement – Etuves de précision pour des utilisations pouvant atteindre 300 °C;
- Partie 4-3: Etuves de vieillissement – Etuves à chambres multiples;
- Partie 5: Guide pour l'utilisation des caractéristiques d'endurance thermique.

NOTE Cette série peut être étendue. Pour ce qui concerne les révisions et les nouvelles parties, voir le catalogue en vigueur des publications CEI afin de mettre la liste à jour.

At the time of preparation of the present edition, it was decided that RTI should be made the subject of a separate standard.

Simultaneously with the development of the IEC 60216 series, other standards were being developed in ISO, intended to satisfy a similar requirement for plastics and rubber materials. These are ISO 2578 and ISO 11346 respectively, which use less rigorous statistical procedures and more restricted experimental techniques. It is hoped that the wide availability of the computer facilities mentioned above and the inclusion of a section of simplified procedures will remove the need for these separate standards.

IEC 60216, which deals with the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials is composed of several parts:

- Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results;
- Part 2: Choice of test criteria;
- Part 3: Instruction for calculating thermal endurance characteristics;
- Part 4-1: Ageing ovens – Section 1: Single-chamber ovens;
- Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C;
- Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens;
- Part 5: Guidelines for the application of thermal endurance characteristics.

NOTE This series may be extended. For revisions and new parts, see the current catalogue of IEC publications for an up-to-date list.

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60216 spécifie les conditions générales de vieillissement et les méthodes à utiliser pour en extraire les caractéristiques d'endurance thermique, et fixe des orientations pour l'utilisation des instructions détaillées et des directives précisées dans les autres parties de la norme.

Des méthodes simplifiées sont également données, avec les conditions dans lesquelles ces méthodes peuvent être utilisées.

Même si à l'origine elles ont été développées pour être utilisées sur les matériaux isolants électriques et des combinaisons simples de tels matériaux, ces méthodes sont considérées comme étant applicables plus généralement et sont largement utilisées pour vérifier des matériaux non destinés à être utilisés comme isolants électriques.

Dans l'application de cette norme, on suppose qu'une relation pratiquement linéaire existe entre le logarithme du temps nécessaire pour provoquer la modification prédéterminée de la propriété, et l'inverse de la température absolue correspondante (relation d'Arrhenius).

Pour que la norme soit valable, il convient qu'il n'y ait pas de transition, en particulier de transition du premier ordre, dans la gamme de températures à l'étude.

Dans le reste du texte de cette norme, le terme «matériaux isolants» est toujours pris dans le sens «matériaux isolants et combinaisons simples de tels matériaux».

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60216. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60216 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif de référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(212):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

CEI 60212:1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60216-2:1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Deuxième partie: Choix de critères d'essai*

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – PROPERTIES OF THERMAL ENDURANCE –

Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results

1 Scope

This part of IEC 60216 specifies the general ageing conditions and procedures to be used for deriving thermal endurance characteristics and gives guidance in using the detailed instructions and guidelines in the other parts of the standard.

Simplified procedures are also given, with the conditions under which these procedures may be used.

Although originally developed for use with electrical insulating materials and simple combinations of such materials, the procedures are considered to be of more general applicability and are widely used in the assessment of materials not intended for use as electrical insulation.

In the application of this standard, it is assumed that a practically linear relationship exists between the logarithm of the time required to cause the predetermined property change and the reciprocal of the corresponding absolute temperature (Arrhenius relationship).

For the valid application of the standard, no transition, in particular no first-order transition, should occur in the temperature range under study.

Throughout the rest of this standard the term "insulating materials" is always taken to mean "insulating materials and simple combinations of such materials".

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60216. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60216 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(212):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases*

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60216-2:1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 2: Choice of test criteria*

CEI 60216-3, *Matériaux isolants électriques – Propriété d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*

CEI 60216-4-1:1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Quatrième partie: Etuves de vieillissement – Section 1: Etuves à une seule chambre*

CEI 60493-1:1974, *Guide pour l'analyse statistique de données d'essai de vieillissement – Première partie: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués*

ISO 291:1997, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 2578:1993, *Plastiques – Détermination des limites temps-températures après exposition à l'action prolongée de la chaleur*

ISO 11346:1997, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Estimation de la durée de vie et de la température maximale d'utilisateur au moyen d'un diagramme d'Arrhenius*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60216, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1.1

indice de température

IT

valeur numérique de la température en degrés Celsius, déduite de la relation d'endurance thermique pour un temps correspondant à 20 000 h (ou autre temps spécifié)

[VEI 212-02-08, modifié]

3.1.2

intervalle de division par deux

IDC

valeur numérique de l'intervalle de température en kelvins, qui exprime la division par deux du temps pour atteindre le point limite, pris à la température de l'indice IT

[VEI 212-02-10, modifié]

3.1.3

graphique d'endurance thermique

graphique sur lequel le logarithme du temps pour atteindre un point limite spécifié, lors d'un essai d'endurance thermique, est porté en fonction de l'inverse de la température thermodynamique (absolue) d'essai

[VEI 212-02-07]

3.1.4

papier pour graphique d'endurance thermique

papier graphique disposant d'une échelle de temps logarithmique en ordonnée, gradué en puissance de dix (la gamme utile est souvent de 10 h à 100 000 h). Les valeurs en abscisse sont proportionnelles à l'inverse de la température thermodynamique (absolue). Les abscisses sont habituellement graduées dans une échelle de température non linéaire (degrés Celsius), classée selon des températures croissantes, augmentant de la gauche vers la droite

3.1.5

données ordonnées

ensemble de données classées en séquence, de façon que, dans la direction appropriée de la séquence, chaque membre soit plus grand ou égal à son prédécesseur

NOTE Dans cette norme, un ordre croissant implique que les données sont ordonnées de cette façon, la première en statistique d'ordre étant la plus petite