

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60216-6

Deuxième édition
Second edition
2006-05

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

**Partie 6:
Détermination des indices d'endurance
thermique (TI et RTE) d'un matériau isolant
en utilisant la méthode de «trame de durées
fixes (fixed time frame)»**

**Electrical insulating materials –
Thermal endurance properties –**

**Part 6:
Determination of thermal endurance indices
(TI and RTE) of an insulating material using
the fixed time frame method**

© IEC 2006 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	12
3.1 Termes, abréviations et définitions	12
3.2 Symboles et termes abrégés	18
4 Protocole FTFM	20
4.1 Principes et objectifs	20
5 Détermination de TI	22
5.1 Méthodes de vieillissement	22
5.2 Durées et températures de vieillissement	22
5.3 Epruvettes d'essai	24
5.4 Essais de diagnostic	26
5.5 Choix des fins de vie	26
5.6 Etablissement de valeur de propriété initiale	28
5.7 Conditions de vieillissement	28
5.8 Méthode de vieillissement	28
6 Méthodes de calcul	30
6.1 Principes généraux	30
6.2 Précision des calculs	32
6.3 Dérivation des températures équivalentes aux valeurs de propriété	32
6.4 Analyse de régression (température en fonction du temps)	38
6.5 Essais statistiques	42
6.6 Graphique d'endurance thermique	46
7 Calcul et exigences pour résultats	46
7.1 Calcul des caractéristiques d'endurance thermique	46
7.2 Ecriture des résultats	48
8 Rapport	48
9 Détermination du RTE	50
9.1 Objectifs de la détermination du RTE	50
10 Symboles additionnels	50
11 Méthodes expérimentales	52
11.1 Choix du matériau de contrôle	52
11.2 Choix d'un essai de diagnostic pour l'importance du vieillissement	52
11.3 Méthodes de vieillissement	52
12 Méthodes de calcul	52
12.1 Principes généraux	52
12.2 Données d'entrée	54
12.3 RTE	54
12.4 Limites de confiance	54
12.5 Extrapolation	58

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	13
3.1 Terms, abbreviations and definitions	13
3.2 Symbols and abbreviated terms.....	19
4 FTFM protocol	21
4.1 Principles and objectives	21
5 TI determination	23
5.1 Ageing procedures	23
5.2 Ageing times and temperatures	23
5.3 Test specimens	25
5.4 Diagnostic tests.....	27
5.5 Selection of end-points.....	27
5.6 Establishment of initial property value	29
5.7 Ageing conditions.....	29
5.8 Procedure for ageing.....	29
6 Calculation procedures.....	31
6.1 General principles	31
6.2 Precision of calculations.....	33
6.3 Derivation of temperatures equivalent to property values.....	33
6.4 Regression analysis (temperature on time).....	39
6.5 Statistical tests.....	43
6.6 Thermal endurance graph	47
7 Calculation and requirements for results.....	47
7.1 Calculation of thermal endurance characteristics.....	47
7.2 Reporting of results.....	49
8 Report	49
9 RTE determination.....	51
9.1 Objectives of RTE determination	51
10 Additional symbols	51
11 Experimental procedures.....	53
11.1 Selection of control material	53
11.2 Selection of diagnostic test for extent of ageing.....	53
11.3 Ageing procedures	53
12 Calculation procedures.....	53
12.1 General principles	53
12.2 Input data.....	55
12.3 RTE.....	55
12.4 Confidence limits.....	55
12.5 Extrapolation	59

13 Résultats et rapport	58
13.1 Résultats des essais statistiques et numériques	58
13.2 Résultats	58
13.3 Rapport	60
 Annexe A (normative) Organigramme de décision	62
Annexe B (normative) Tableau de décision	64
Annexe C (informative) Tableaux statistiques	66
Annexe D (informative) Durées et températures de vieillissement suggérées	72
Annexe E (informative) Figures	76
Annexe F (normative) Signification statistique de la différence entre deux estimations de régression	82
Annexe G (informative) Programmes informatiques pour la CEI 60216-6	84
 Figure E.1 – Graphique de la propriété en fonction de la température avec droite de régression	76
Figure E.2 – Graphique d'endurance thermique	76
Figure E.3 – Durées de vieillissement en fonction des températures en relation avec l'endurance thermique	78
Figure E.4 – Durées de vieillissement en fonction des températures en relation avec l'endurance thermique	78
Figure E.5 – Durées de vieillissement en fonction des températures en relation avec l'endurance thermique	80
Figure G.1 – Graphique d'endurance thermique	94
 Tableau B.1 – Tableau de décision	64
Tableau C.1 – Fonction χ^2	66
Tableau C.2 – Fonction t	66
Tableau C.3 – Fonction F , $P = 0,05$	68
Tableau C.4 – Fonction F , $P = 0,005$	70

13 Results and report	59
13.1 Results of statistical and numerical tests	59
13.2 Result	59
13.3 Report	61
Annex A (normative) Decision flow chart	63
Annex B (normative) Decision table	65
Annex C (informative) Statistical tables	67
Annex D (informative) Suggested ageing times and temperatures	73
Annex E (informative) Figures	77
Annex F (normative) Statistical significance of the difference between two regression estimates	83
Annex G (informative) Computer programs for IEC 60216-6	85
Figure E.1 – Property-temperature graph with regression line	77
Figure E.2 – Thermal endurance graph	77
Figure E.3 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph	79
Figure E.4 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph	79
Figure E.5 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph	81
Figure G.1 – Thermal endurance graph	95
Table B.1 – Decision table	65
Table C.1 – χ^2 -Function	67
Table C.2 – t -Function	67
Table C.3 – F -function, $P = 0,05$	69
Table C.4 – F -function, $P = 0,005$	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (TI et RTE) d'un matériau isolant en utilisant la méthode de «trame de durées fixes (fixed time frame)»

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 60216-6 a été établie par le comité d'études 112 de la CEI: Evaluation et quantification des matériels et des systèmes d'isolation électrique.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, les modifications techniques majeures sont les suivantes.

- Cette édition a été complétée par l'Annexe G et le logiciel correspondant.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATING MATERIALS –
THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –****Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTE)
of an insulating material using the fixed time frame method**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60216-6 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2003. This edition constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are as follows.

- This new edition has been supplemented by Annex G and the corresponding software.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/28/FDIS	112/32/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 2.

La CEI 60216, présentée sous le titre général *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*, comprend les parties suivantes:

- Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai
- Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai
- Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique
- Partie 4: Etuves de vieillissement
- Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant
- Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (TI et RTE) d'un matériau isolant en utilisant la méthode de trame de durées fixes

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

FDIS	Report on voting
112/28/FDIS	112/32/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 2.

IEC 60216, under the general title *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*, consists of the following parts:

- Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results
- Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria
- Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics
- Part 4: Ageing ovens
- Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material
- Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTE) of an insulating material using the fixed time frame protocol

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (TI et RTE) d'un matériau isolant en utilisant la méthode de «trame de durées fixes (fixed time frame)»

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60216 spécifie les méthodes expérimentales et de calcul à utiliser pour en extraire les caractéristiques d'endurance thermique, l'indice de température (TI) et l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau en utilisant la méthode de «trame de durées fixes (fixed time frame)».

Avec ce protocole, le vieillissement se produit après un petit nombre de durées déterminées, en utilisant le nombre approprié de températures de vieillissement tout au long de chaque durée pertinente, les propriétés des éprouvettes étant mesurées à la fin de chaque intervalle de temps. Cela diffère de la méthode de la CEI 60216-1, dans laquelle le vieillissement est effectué à un petit nombre de températures déterminées, la mesure des propriétés des éprouvettes se produisant après des durées de vieillissement variables en fonction de la progression du vieillissement.

Les essais de diagnostic employés dans la méthode de trame de durées fixes sont limités aux essais destructifs. La méthode n'a pas encore été appliquée aux essais non destructifs ni aux procédures d'essais d'épreuves.

Les deux indices d'endurance thermique TI et RTE déterminés selon le protocole FTFM (fixed time frame method), sont déduits des données expérimentales obtenues conformément aux instructions de la CEI 60216-1 et de la CEI 60216-2, et conformément aux modifications de la présente norme. Les méthodes de calcul et les essais statistiques sont différents de ceux de la CEI 60216-3 et de la CEI 60216-5.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

CEI 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

CEI 60216-3:2002, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTE) of an insulating material using the fixed time frame method

1 Scope

This part of IEC 60216 specifies the experimental and calculation procedures for deriving the thermal endurance characteristics, temperature index (TI) and relative thermal endurance index (RTE) of a material using the “fixed time frame method (FTFM)”.

In this protocol, the ageing takes place for a small number of fixed times, using the appropriate number of ageing temperatures throughout each time, the properties of the specimens being measured at the end of the relevant time interval. This differs from the procedure of IEC 60216-1, where ageing is conducted at a small number of fixed temperatures, property measurement taking place after ageing times dependent on the progress of ageing.

The diagnostic tests employed in the fixed time frame method are restricted to destructive tests. The method has not as yet been applied to non-destructive or proof test procedures.

Both the TI and the RTE determined according to the FTFM protocol are derived from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2 as modified in this standard. The calculation procedures and statistical tests are modified from those of IEC 60216-3 and IEC 60216-5.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60216-3:2002, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

CEI 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

CEI 60216-4-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-2: Etuves de vieillissement – Etuves de précision pour des utilisations pouvant atteindre 300 °C*

CEI 60216-4-3, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-3: Etuves de vieillissement – Etuves à chambres multiples*

CEI 60216-5, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

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*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60216-4-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C*

IEC 60216-4-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material*

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*