

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60216-3

Première édition
First edition
2002-02

**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 3:
Instructions for calculating thermal
endurance characteristics**

© IEC 2002 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 Varembe 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 **XB**

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	10
1 Domaine d'application.....	12
2 Références normatives	12
3 Termes, définitions, symboles et abréviations	14
3.1 Termes et définitions	14
3.2 Symboles et abréviations.....	16
4 Principes des calculs	20
4.1 Principes généraux.....	20
4.2 Calculs préliminaires	22
4.2.1 Essais non destructifs.....	22
4.2.2 Essais d'épreuve	22
4.2.3 Essais destructifs.....	22
4.3 Calculs de la variance	24
4.4 Essais statistiques	26
4.5 Résultats	26
5 Prescriptions et recommandations pour obtenir des calculs valables	28
5.1 Prescriptions pour des données expérimentales	28
5.1.1 Essais non destructifs.....	28
5.1.2 Essais d'épreuve	28
5.1.3 Essais destructifs.....	28
5.2 Précision des calculs	28
6 Méthodes de calculs	30
6.1 Calculs préliminaires	30
6.1.1 Températures et valeurs de x	30
6.1.2 Essais non destructifs.....	30
6.1.3 Essais d'épreuve	30
6.1.4 Essais destructifs.....	30
6.1.5 Données incomplètes.....	36
6.2 Calculs principaux	36
6.2.1 Calcul des moyennes et des variances de groupe.....	36
6.2.2 Moyennes et variances générales	38
6.2.3 Calculs de régression	40
6.3 Essais statistiques	42
6.3.1 Essai d'égalité de variance	42
6.3.2 Essai de linéarité (essai- F)	42
6.3.3 Limites de confiance des estimations de X et Y	44
6.4 Graphique d'endurance thermique	46
7 Calcul et prescriptions pour les résultats.....	46
7.1 Calcul des caractéristiques d'endurance thermique	46
7.2 Résumé des tests statistiques et rapport	48
7.3 Compte rendu des résultats	48
8 Rapport d'essai.....	48

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	11
1 Scope	13
2 Normative references.....	13
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms	15
3.1 Terms and definitions	15
3.2 Symbols and abbreviated terms	17
4 Principles of calculations	21
4.1 General principles.....	21
4.2 Preliminary calculations	23
4.2.1 Non-destructive tests	23
4.2.2 Proof tests	23
4.2.3 Destructive tests	23
4.3 Variance calculations.....	25
4.4 Statistical tests	27
4.5 Results	27
5 Requirements and recommendations for valid calculations	29
5.1 Requirements for experimental data	29
5.1.1 Non-destructive tests	29
5.1.2 Proof tests	29
5.1.3 Destructive tests	29
5.2 Precision of calculations	29
6 Calculation procedures	31
6.1 Preliminary calculations	31
6.1.1 Temperatures and x -values.....	31
6.1.2 Non-destructive tests	31
6.1.3 Proof tests	31
6.1.4 Destructive tests	31
6.1.5 Incomplete data	37
6.2 Main calculations	37
6.2.1 Calculation of group means and variances	37
6.2.2 General means and variances.....	39
6.2.3 Regression calculations	41
6.3 Statistical tests	43
6.3.1 Variance equality test	43
6.3.2 Linearity test (F -test).....	43
6.3.3 Confidence limits of X and Y estimates.....	45
6.4 Thermal endurance graph.....	47
7 Calculation and requirements for results	47
7.1 Calculation of thermal endurance characteristics	47
7.2 Summary of statistical tests and reporting.....	49
7.3 Reporting of results	49
8 Test report.....	49

Annexe A (normative) Organigramme des décisions	50
Annexe B (normative) Tableau des décisions	52
Annexe C (informative) Tableaux de statistiques	54
Annexe D (informative) Exemples développés	70
Annexe E (informative) Fichiers de données pour programme informatique	84
 Bibliographie	 124
 Figure D.1 – Graphique d'endurance thermique	 78
Figure D.2 – Exemple 3: Graphique de la propriété en fonction du temps (données d'essai destructif)	82
 Tableau B.1 – Décisions et actions en fonction des essai	 52
Tableau C.1 – Coefficients pour les calculs de données censurées	54
Tableau C.2 – Fractiles de F -distribution, $F_{0,95}$	66
Tableau C.3 – Fractiles de F -distribution, $F_{0,995}$	66
Tableau C.4 – Fractiles de t -distribution, $t_{0,95}$	68
Tableau C.5 – Fractiles de χ^2 -distribution	68
Tableau D.1 – Exemple développé n°1 – Données censurées (essais d'épreuve)	70
Tableau D.2 – Exemple développé n°2 – Données complètes (essais non destructifs)	74
Tableau D.3 – Exemple développé n°3 – Essais destructifs	80
Tableau E.1 – Données d'essais non destructifs	112
Tableau E.2 – Données d'essais destructifs	114

Annex A (normative) Decision flow chart	51
Annex B (normative) Decision table	53
Annex C (informative) Statistical tables	55
Annex D (informative) Worked examples	71
Annex E (informative) Data files for computer programme	85
 Bibliography	 125
 Figure D.1 – Thermal Endurance graph	 79
Figure D.2 – Example 3: Property-time graph – (destructive test data)	83
 Table B.1 – Decisions and actions according to tests	 53
Table C.1 – Coefficients for censored data calculations	55
Table C.2 – Fractiles of the F -distribution, $F_{0,95}$	67
Table C.3 – Fractiles of the F -distribution, $F_{0,995}$	67
Table C.4 – Fractiles of the t -distribution, $t_{0,95}$	69
Table C.5 – Fractiles of the χ^2 -distribution	69
Table D.1 – Worked example 1 – Censored data (proof tests)	71
Table D.2 – Worked example 2 – Complete data (non-destructive tests)	75
Table D.3 – Worked example 3 – Destructive tests	81
Table E.1 – Non-destructive test data	113
Table E.2 – Destructive test data	115

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique

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 60216-3 a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essais, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Cette première édition annule et remplace la troisième édition de la CEI 60216-3-1 parue en 1990 et la première édition de la CEI 60216-3-2 parue en 1993. Elle constitue une révision technique des éditions annulées et remplacées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15E/162/FDIS	15E/170/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 –
THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –****Part 3: Instructions for calculating
thermal endurance characteristics**

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 60216-3 has been prepared by subcommittee 15E, Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

This first edition cancels and replaces the third edition of IEC 60216-3-1 published in 1990 and the first edition of IEC 60216-3-2 published in 1993. It constitutes a technical revision of the cancelled and replaced editions.

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

FDIS	Report on voting
15E/162/FDIS	15E/170/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 et B font partie intégrante de cette norme.

Les annexes C, D et E 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.

Une disquette comportant le programme informatique indiqué dans l'annexe E est jointe à la dernière page de cette publication.

Le contenu du corrigendum d'août 2002 a été pris en considération dans cet exemplaire.

Annexes A and B form an integral part of this standard.

Annexes C, D and E 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.

A diskette containing the computer programme given in Annex E is affixed to the back cover of this publication.

The contents of the corrigendum of August 2002 have been included in this copy.

INTRODUCTION

La série de publications CEI 60216-3 avait d'abord été prévue comporter quatre sections. Deux ont été publiées, la CEI 60216-3-1 et la CEI 60216-3-2. Les deux autres sont demeurées à l'étude. Parmi ces dernières, la section 4 n'est plus nécessaire puisque l'indice de température relatif n'est plus inclus dans la caractéristique d'endurance thermique. La présente partie de la CEI 60216 regroupe les trois sections en une seule norme, avec élimination substantielle de duplications.

Dans le même temps le domaine d'application a été élargi pour couvrir une plus grande gamme de caractéristiques de données, en particulier en ce qui concerne les résultats incomplets comme cela est souvent le cas pour les données obtenues à partir de critères d'essai d'épreuve. Cette plus grande souplesse d'utilisation devrait conduire à un emploi plus efficace du temps disponible pour les essais de vieillissement.

Quelques légères erreurs dans le traitement mathématique ont également été éliminées.

Les méthodes spécifiées dans cette partie de la CEI 60216 ont été largement testées et ont été utilisées pour calculer les résultats à partir d'un grand nombre de données expérimentales obtenues conformément aux autres parties de la norme.

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 élargie. En ce qui concerne les révisions et les nouvelles parties, voir le catalogue en vigueur des publications CEI afin de mettre la liste à jour.

INTRODUCTION

IEC 60216-3 series of publications was previously conceived as having four sections. Two of these have been published, i.e. IEC 60216-3-1 and IEC 60216-3-2. The remaining two sections were under consideration. Of these, section 4 is not now required, since the relative temperature index is no longer included in the thermal endurance characteristics. This part of IEC 60216 is now combining the three sections into one standard, with substantial elimination of replicated matter.

At the same time, the scope has been extended to cover a greater range of data characteristics, particularly with regard to incomplete data, as often obtained from proof test criteria. The greater flexibility of use should lead to more efficient employment of the time available for ageing purposes.

Some minor errors in mathematical usage have also been eliminated.

The procedures specified in this part of IEC 60216 have been extensively tested and have been used to calculate results from a large body of experimental data obtained in accordance with other parts of the standard.

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 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60216 spécifie les méthodes de calcul à utiliser pour obtenir les caractéristiques d'endurance thermique à partir des données expérimentales obtenues conformément aux instructions de la CEI 60216-1 et de la CEI 60216-2.

Les données expérimentales peuvent être obtenues en utilisant des essais non destructifs, des essais destructifs et des essais d'épreuve. Les données obtenues à partir d'essais non destructifs ou d'essais d'épreuve peuvent être incomplètes, car la mesure des temps mis pour atteindre le point limite peut avoir été arrêtée à un moment situé après le temps médian mais avant que toutes les éprouvettes n'aient atteint le point limite.

Les méthodes sont illustrées par des exemples pratiques, et des programmes informatiques adaptés sont recommandés pour faciliter les calculs.

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 en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

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

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*

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

1 Scope

This part of IEC 60216 specifies the calculation procedures to be used for deriving thermal endurance characteristics from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2.

The experimental data may be obtained using non-destructive, destructive or proof tests. Data obtained from non-destructive or proof tests may be incomplete, in that measurement of times taken to reach the endpoint may have been terminated at some point after the median time but before all specimens have reached end-point.

The procedures are illustrated by worked examples, and suitable computer programs are recommended to facilitate the calculations.

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

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

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*