IEC 60216-3

Edition 3.0 2021-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 17.220.99; 19.020

ISBN 978-2-8322-9440-6

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms 6
3.1 Terms and definitions 6
3.2 Symbols and abbreviated terms 8
4 Principles of calculations 10
4.1 General principles 10
4.2 Preliminary calculations 10
4.2.1 General 10
4.2.2 Non-destructive tests 11
4.2.3 Proof tests 11
4.2.4 Destructive tests 11
4.3 Variance calculations 12
4.4 Statistical tests 12
4.5 Results 13
5 Requirements and recommendations for valid calculations 13
5.1 Requirements for experimental data 13
5.1.1 General 13
5.1.2 Non-destructive tests 13
5.1.3 Proof tests 13
5.1.4 Destructive tests 13
5.2 Precision of calculations 14
6 Calculation procedures 14
6.1 Preliminary calculations 14
6.1.1 Temperatures and x-values 14
6.1.2 Non-destructive tests 14
6.1.3 Proof tests 14
6.1.4 Destructive tests 14
6.1.5 Incomplete data 18
6.2 Main calculations 18
6.2.1 Calculation of group means and variances 18
6.2.2 General means and variances 19
6.2.3 Regression calculations 20
6.3 Statistical tests 21
6.3.1 Variance equality test 21
6.3.2 Linearity test (F-test) 21
6.3.3 Confidence limits of X and Y estimates 22
6.4 Thermal endurance graph 23
7 Calculation and requirements for results 23
7.1 Calculation of thermal endurance characteristics 23
7.2 Summary of statistical tests and reporting 24
7.3 Reporting of results 24
8 Test report 24
Annex A (normative) Decision flow chart 26

Annex B (normative) Decision table 27
Annex C (informative) Statistical tables 28
Annex D (informative) Worked examples 38
Annex E (informative) Computer program 46
E.1 General 46
E.1.1 Overview 46
E.1.2 Convenience program execution 47
E.2 Structure of data files used by the program 48
E.2.1 Text file formats 48
E.2.2 Office Open XML formats 50
E.3 Data files for computer program 51
E.4 Output files and graph 56
Bibliography 57

Figure 1 – Example of groups selection 15
Figure A.1 – Decision flow chart 26
Figure D.1 – Thermal endurance graph 42
Figure D.2 – Example 3: Property-time graph 44
Figure E.1 – Shortcut property dialog for program launch 47
Figure E.2 – Thermal endurance graph of example N3 56

Table B.1 – Decisions and actions according to tests 27
Table C.1 – Coefficients for censored data calculations 28
Table C.2 – Fractiles of the F-distribution, $F(0{,}95, f_n, f_d)$ 34
Table C.3 – Fractiles of the F-distribution, $F(0{,}995, f_n, f_d)$ 35
Table C.4 – Fractiles of the t-distribution, $t_{0,95}$ 37
Table C.5 – Fractiles of the χ^2-distribution 37
Table D.1 – Worked example 1 – Censored data (proof tests: file CENEX3.DTA) 38
Table D.2 – Worked example 2 – Complete data (non-destructive tests: file TEST2.DTA) 40
Table D.3 – Worked example 3 – Destructive tests 43
Table D.4 – Worked example 3 – Selection of groups 44
Table E.1 – Non-destructive test data 49
Table E.2 – Destructive test data 49
Table E.3 – Non-destructive test data 50
Table E.4 – Destructive test data 50

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
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.

IEC 60216-3 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) a new computer program has been included;
b) Annex E " has been completely reworked.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
112/475/CDV	112/495/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60216 series, published under the general title *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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 used for deriving thermal endurance characteristics from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2 [1][1], using fixed ageing temperatures and variable ageing times.

The experimental data can be obtained using non-destructive, destructive or proof tests. Data obtained from non-destructive or proof tests can be incomplete, in that it is possible that measurement of times taken to reach the end-point will 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 documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60216-1:2013, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

[1] Numbers in square brackets refer to the bibliography.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 60
1 Domaine d'application 62
2 Références normatives 62
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés 62
3.1 Termes et définitions 62
3.2 Symboles et termes abrégés 64
4 Principes des calculs 66
4.1 Principes généraux 66
4.2 Calculs préliminaires 67
4.2.1 Généralités 67
4.2.2 Essais non destructifs 67
4.2.3 Essais d'épreuve 67
4.2.4 Essais destructifs 67
4.3 Calculs de la variance 68
4.4 Essais statistiques 69
4.5 Résultats 69
5 Exigences et recommandations pour obtenir des calculs valables 70
5.1 Exigences pour des données expérimentales 70
5.1.1 Généralités 70
5.1.2 Essais non destructifs 70
5.1.3 Essais d'épreuve 70
5.1.4 Essais destructifs 70
5.2 Précision des calculs 70
6 Méthodes de calcul 70
6.1 Calculs préliminaires 70
6.1.1 Températures et valeurs de x 70
6.1.2 Essais non destructifs 71
6.1.3 Essais d'épreuve 71
6.1.4 Essais destructifs 71
6.1.5 Données incomplètes 75
6.2 Calculs principaux 75
6.2.1 Calcul des moyennes et des variances de groupes 75
6.2.2 Moyennes et variances générales 76
6.2.3 Calculs de régression 77
6.3 Essais statistiques 78
6.3.1 Essai d'égalité de variance 78
6.3.2 Essai de linéarité (essai F) 78
6.3.3 Limites de confiance des estimations de X et Y 79
6.4 Graphique d'endurance thermique 80
7 Calcul et exigences pour les résultats 80
7.1 Calcul des caractéristiques d'endurance thermique 80
7.2 Synthèse des essais statistiques et compte rendu des résultats 80
7.3 Compte rendu des résultats 81
8 Rapport d'essai 81
Annexe A (normative) Organigramme décisionnel 82

Annexe B (normative) Tableau décisionnel 83
Annexe C (informative) Tableaux statistiques 84
Annexe D (informative) Exemples pratiques 94
Annexe E (informative) Programme informatique 102
E.1 Généralités 102
E.1.1 Vue d'ensemble 102
E.1.2 Exécution d'un programme pratique 103
E.2 Structure des fichiers de données utilisés par le programme 104
E.2.1 Formats de fichiers textes 104
E.2.2 Formats Office Open XML 106
E.3 Fichiers de données pour le programme informatique 107
E.4 Fichiers de sortie et graphique 112
Bibliographie 113

Figure 1 – Exemple de choix de groupes 72
Figure A.1 – Organigramme décisionnel 82
Figure D.1 – Graphique d'endurance thermique 98
Figure D.2 – Exemple 3: Graphique de la propriété en fonction du temps 100
Figure E.1 – Boîte de dialogue des propriétés de raccourci pour lancement de programme 104
Figure E.2 – Graphique d'endurance thermique de l'exemple N3 112

Tableau B.1 – Décisions et actions selon les essais 83
Tableau C.1 – Coefficients pour les calculs de données censurées 84
Tableau C.2 – Fractiles de la loi de F, $F(0{,}95, f_n, f_d)$ 90
Tableau C.3 – Fractiles de la loi de F, $F(0{,}995, f_n, f_d)$ 91
Tableau C.4 – Fractiles de la loi de t, $t_{0{,}95}$ 93
Tableau C.5 – Fractiles de la loi de χ^2 93
Tableau D.1 – Exemple pratique n° 1 – Données censurées (essais d'épreuve: fichier CENEX3.DTA) 94
Tableau D.2 – Exemple pratique n° 2 – Données complètes (essais non destructifs: fichier TEST2.DTA) 96
Tableau D.3 – Exemple pratique n° 3 – Essais destructifs 99
Tableau D.4 – Exemple pratique n° 3 – Choix de groupes 100
Tableau E.1 – Données d'essais non destructifs 105
Tableau E.2 – Données d'essais destructifs 105
Tableau E.3 – Données d'essais non destructifs 106
Tableau E.4 – Données d'essais destructifs 107

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 Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60216-3 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Évaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) un nouveau programme informatique est inclus;
b) l'Annexe E a été complètement remaniée.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
112/475/CDV	112/495/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60216, publiées sous le titre général *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

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 l'IEC 60216 spécifie les méthodes de calcul utilisées pour obtenir les caractéristiques d'endurance thermique à partir des données expérimentales obtenues conformément aux instructions de l'IEC 60216-1 et de l'IEC 60216-2 [1][1], en utilisant des températures de vieillissement fixes et des temps de vieillissement variables.

Les données expérimentales peuvent être obtenues en utilisant des essais non destructifs, des essais destructifs ou des essais d'épreuve. Les données obtenues à partir d'essais non destructifs ou d'essais d'épreuve peuvent être incomplètes, en ce sens que le mesurage des temps mis pour atteindre le point limite peut avoir été interrompu 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 suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60216-1:2013, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

---

1 Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.