IEC 60172

Edition 5.0 2020-11
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled and tape wrapped winding wires

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-9123-8

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms and definitions 6
4 Summary of procedure 7
5 Test specimens 7
5.1 Preparation 7
5.1.1 ~~Enamelled round wire with a nominal conductor diameter of 0,224 mm up to and including 2,65 mm~~ Enamelled non-tape wrapped round wire 7
5.1.2 Tape wrapped round wire and enamelled or tape wrapped rectangular wire 11
5.2 Varnish impregnation 13
5.3 Notes on number of test specimens 14
5.4 Specimen holder 14
5.4.1 For specimens according to 5.1.1 14
5.4.2 For specimens according to 5.1.2 15
6 Temperature exposure 15
7 Test voltage and its application 17
8 Calculations 17
8.1 Specimen failure time 17
8.2 Time to failure 18
8.3 Linearity of data 18
8.4 Calculating and plotting thermal endurance and temperature index 18
9 Report 19
Annex A (normative) Method for calculation of the regression line 20
Annex B (normative) Correlation coefficient 25
Bibliography 26

Figure 1 – Device used to form enamelled round wire test specimen 8
Figure 2 – Spacer 9
Figure 3 – Twist forming jig 9
Figure 4 – Test specimen set up in forming jig 10
Figure 5 – Test specimen formed with loop cut 10
Figure 6 – Jig for bending large magnet wire, dielectric test specimen 12
Figure 7 – Forming jig and test specimen 13
Figure 8 – Specimen holder 14
~~Figure 9 – Specimen holder and electrical connection fixture .....~~
Figure 9 – Thermal endurance graph – Temperature index 19
Figure A.1 – Plot of regression line based on sample calculation (Table A.2) 24

Table 1 – Force and number of twists for specimens 8
Table 2 – Proof voltage for round enamelled wire 10
Table 3 – Recommended exposure times in days per cycle 16

Table 4 – Proof voltage for tape-wrapped round and for enamelled or tape-wrapped rectangular wire 17
Table A.1 – Commonly used test temperatures in degrees Celsius and the corresponding kelvins with its reciprocal and reciprocal squared values 22
Table A.2 – Sample calculation 23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED AND TAPE WRAPPED WINDING WIRES

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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

International Standard IEC 60172 has been prepared by IEC Technical Committee 55: Winding wires.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2015. This edition constitutes a technical revision.

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

– revision of 3.1, definition of thermal index;
– revision of 3.3, time to failure;
– revisions to 5.1.1 for clarity and to reduce the range wire size range to which the test applies;
– revisions to 5.1.2 for tape wrapped round and enamelled or tape wrapped rectangular wire for clarity;
– revision to Clause 9 to add the correlation coefficient, r to the report.

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

FDIS	Report on voting
55/1876/FDIS	55/1893/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "http://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.

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED AND TAPE WRAPPED WINDING WIRES

1 Scope

This International Standard specifies, in accordance with the provisions of IEC 60216-1, a method for evaluating the temperature index of enamelled wire, varnished or unvarnished with an impregnating agent, and of tape wrapped round and rectangular wire, in air at atmospheric pressure by periodically monitoring changes in response to AC proof voltage tests. This procedure does not apply to fibre-insulated wire or wire covered with tapes containing inorganic fibres.

NOTE The data obtained according to this test procedure provide the designer and development engineer with information for the selection of winding wire for further evaluation of insulation systems and equipment tests.

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, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

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

IEC 60172

Edition 5.0 2020-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled and tape wrapped winding wires

Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés et enveloppés de ruban



IEC 60172:2020-11(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope 6
2 Normative references 6
3 Terms and definitions 6
4 Summary of procedure 7
5 Test specimens 7
5.1 Preparation 7
5.1.1 Enamelled non-tape wrapped round wire 7
5.1.2 Tape wrapped round wire and enamelled or tape wrapped rectangular wire 10
5.2 Varnish impregnation 12
5.3 Notes on number of test specimens 13
5.4 Specimen holder 13
5.4.1 For specimens according to 5.1.1 13
5.4.2 For specimens according to 5.1.2 13
6 Temperature exposure 14
7 Test voltage and its application 15
8 Calculations 16
8.1 Specimen failure time 16
8.2 Time to failure 16
8.3 Linearity of data 16
8.4 Calculating and plotting thermal endurance and temperature index 17
9 Report 18
Annex A (normative) Method for calculation of the regression line 19
Annex B (normative) Correlation coefficient 24
Bibliography 25

Figure 1 – Device used to form enamelled round wire test specimen 8
Figure 2 – Spacer 8
Figure 3 – Twist forming jig 9
Figure 4 – Test specimen set up in forming jig 9
Figure 5 – Test specimen formed with loop cut 10
Figure 6 – Jig for bending large magnet wire, dielectric test specimen 11
Figure 7 – Forming jig and test specimen 12
Figure 8 – Specimen holder 13
Figure 9 – Thermal endurance graph – Temperature index 17
Figure A.1 – Plot of regression line based on sample calculation (Table A.2) 23

Table 1 – Force and number of twists for specimens 8
Table 2 – Proof voltage for round enamelled wire 10
Table 3 – Recommended exposure times in days per cycle 14
Table 4 – Proof voltage for tape-wrapped round and for enamelled or tape-wrapped rectangular wire 15

Table A.1 – Commonly used test temperatures in degrees Celsius and the corresponding kelvins with its reciprocal and reciprocal squared values 21
Table A.2 – Sample calculation 22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED AND TAPE WRAPPED WINDING WIRES

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.

International Standard IEC 60172 has been prepared by IEC Technical Committee 55: Winding wires.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2015. This edition constitutes a technical revision.

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

– revision of 3.1, definition of thermal index;
– revision of 3.3, time to failure;
– revisions to 5.1.1 for clarity and to reduce the range wire size range to which the test applies;
– revisions to 5.1.2 for tape wrapped round and enamelled or tape wrapped rectangular wire for clarity;
– revision to Clause 9 to add the correlation coefficient, r to the report.

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

FDIS	Report on voting
55/1876/FDIS	55/1893/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "http://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.

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED AND TAPE WRAPPED WINDING WIRES

1 Scope

This International Standard specifies, in accordance with the provisions of IEC 60216-1, a method for evaluating the temperature index of enamelled wire, varnished or unvarnished with an impregnating agent, and of tape wrapped round and rectangular wire, in air at atmospheric pressure by periodically monitoring changes in response to AC proof voltage tests. This procedure does not apply to fibre-insulated wire or wire covered with tapes containing inorganic fibres.

NOTE The data obtained according to this test procedure provide the designer and development engineer with information for the selection of winding wire for further evaluation of insulation systems and equipment tests.

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, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 28
1 Domaine d'application 30
2 Références normatives 30
3 Termes et définitions 30
4 Résumé du mode opératoire 31
5 Éprouvettes d'essai 31
5.1 Préparation 31
5.1.1 Fil de section circulaire émaillé sans ruban 31
5.1.2 Fil de section circulaire enveloppé d'un ruban et fil de section rectangulaire émaillé ou enveloppé d'un ruban 34
5.2 Imprégnation 36
5.3 Notes sur le nombre d'éprouvettes 37
5.4 Porte-éprouvettes 37
5.4.1 Pour les éprouvettes conformes à 5.1.1 37
5.4.2 Pour les éprouvettes conformes à 5.1.2 38
6 Température d'exposition 38
7 Tension d'essai et son application 39
8 Calculs 40
8.1 Durée de vie de l'éprouvette 40
8.2 Durée de fonctionnement avant défaillance 40
8.3 Linéarité des données 41
8.4 Calcul et graphique de l'endurance thermique et de l'indice de température 41
9 Rapport 42
Annexe A (normative) Méthode pour le calcul de la droite de régression 43
Annexe B (normative) Coefficient de corrélation 48
Bibliographie 49

Figure 1 –Dispositif pour la réalisation des éprouvettes de fil émaillé de section circulaire 32
Figure 2 –Séparateur 32
Figure 3 – Gabarit pour la préparation des torsades 33
Figure 4 – Éprouvette disposée dans le gabarit de formage 33
Figure 5 – Éprouvette réalisée, boucle coupée 34
Figure 6 – Gabarit pour le formage d'un gros fil de bobinage, essai diélectrique 35
Figure 7 – Gabarit de formage et éprouvette d'essai 36
Figure 8 – Porte-éprouvettes 37
Figure 9 – Graphique d'endurance thermique – Indice de température 42
Figure A.1 – Tracé de la droite de régression fondé sur un exemple de calcul (Tableau A.2) 47

Tableau 1 – Force et nombre de tours des éprouvettes 32
Tableau 2 – Tension d'essai pour le fil émaillé de section circulaire 34
Tableau 3 – Durées d'exposition recommandées en jours par cycle 38

Tableau 4 – Tension d'essai pour le fil de section circulaire enveloppé d'un ruban et pour le fil de section rectangulaire émaillé ou enveloppé d'un ruban 40
Tableau A.1 – Températures d'essai habituelles en degrés Celsius et en kelvins correspondants, avec valeurs inverses et inverses au carré 45
Tableau A.2 – Exemple de calcul 46

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MÉTHODE D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE L'INDICE DE TEMPÉRATURE DES FILS DE BOBINAGE ÉMAILLÉS ET ENVELOPPÉS DE RUBAN

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 de la présente Publication 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60172 a été établie par le comité d'études 55 de l'IEC: Fils de bobinage.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique.

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

– révision du 3.1, définition d'indice thermique;
– révision du 3.3, durée de fonctionnement avant défaillance;
– révisions du 5.1.1 à des fins de clarification et pour limiter la plage des dimensions de fils à laquelle l'essai s'applique;

– révisions à des fins de clarification du 5.1.2 relatif au fil de section circulaire enveloppé d'un ruban et au fil de section rectangulaire émaillé ou enveloppé d'un ruban;
– révision de l'Article 9 afin d'ajouter le coefficient de corrélation, r au rapport.

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

FDIS	Rapport de vote
55/1876/FDIS	55/1893/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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 "http://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 cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MÉTHODE D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE L'INDICE DE TEMPÉRATURE DES FILS DE BOBINAGE ÉMAILLÉS ET ENVELOPPÉS DE RUBAN

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie, conformément aux dispositions de l'IEC 60216-1, une méthode pour l'évaluation de l'indice de température du fil émaillé, imprégné ou non imprégné avec un matériau d'imprégnation, et du fil de section circulaire ou rectangulaire, enveloppé de ruban, dans l'air à la pression atmosphérique, en contrôlant périodiquement les variations de réponse aux essais de tension d'épreuve en courant alternatif. Cette méthode ne concerne pas le fil avec revêtement fibreux ou le fil recouvert de rubans contenant des fibres non organiques.

NOTE Les données obtenues au moyen de cette méthode d'essai fournissent à l'ingénieur d'étude et de développement les informations pour sélectionner le fil de bobinage et obtenir une meilleure évaluation des systèmes isolants et des essais d'équipement.

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

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