

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 172

Deuxième édition — Second edition
1981

**Méthode d'essai pour la détermination de l'indice
de température des fils de bobinage émaillés**

**Test procedure for the determination of the temperature
index of enamelled winding wires**



© CEI 1981

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 172

Deuxième édition — Second edition

1981

**Méthode d'essai pour la détermination de l'indice
de température des fils de bobinage émaillés**

**Test procedure for the determination of the temperature
index of enamelled winding wires**

Mots clés: fils de bobinage;
fils émaillés circulaires;
méthodes d'essai thermiques

Key words: winding wires;
circular enamelled wires;
thermal methods of testing.



© CEI 1981

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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
3. Terminologie	10
4. Résumé du mode opératoire	10
5. Eprouvettes d'essai	10
6. Température d'exposition	14
7. Tension d'épreuve et son application	16
8. Calculs	18
9. Rapport	22
FIGURES	24
ANNEXE A — Méthode de calcul simplifiée pour le calcul de la droite de régression	30
ANNEXE B — Coefficient de corrélation	40

Without Charge

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
3. Definition of terms	11
4. Summary of procedure	11
5. Test specimens	11
6. Temperature exposure	15
7. Test voltage and its application	17
8. Calculations	19
9. Report	23
FIGURES	24
APPENDIX A — Simplified method for calculation of the regression line	31
APPENDIX B — Correlation coefficient	41

Withold.com

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION
DE L'INDICE DE TEMPÉRATURE DES FILS DE BOBINAGE ÉMAILLÉS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Cette recommandation a été établie par le Comité d'Etudes n° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

La rédaction de cette publication avait été commencée pendant la réunion de Philadelphie en 1954. A la suite de la réunion tenue à Västerås en 1958, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1959.

Une rectification à ce projet fut soumise à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en mai 1962.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël

Italie
Japon
Pays-Bas
Pologne
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION
OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED WINDING WIRES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE TO THE FIRST EDITION

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No.15: Insulating Materials.

The work was started during the meeting in Philadelphia, in 1954. As a result of the meeting held in Västerås, in 1958, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1959.

An amendment to this draft was circulated to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in May 1962.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Israel
Italy

Japan
Netherlands
Poland
Romania
South Africa (Republic of)
Sweden
Switzerland
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
United States of America

PRÉFACE À LA DEUXIÈME ÉDITION

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Des projets furent discutés lors de la réunion tenue à Londres en 1974. A la suite de cette réunion, un projet, document 55(Bureau Central)169, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975. Lors de la réunion tenue à Nice en 1976, il fut décidé, étant donné la nature fondamentale de la modification concernant la suppression d'un seul essai, qu'un autre projet serait diffusé suivant la Règle des Six Mois. Aussi un projet révisé, document 55(Bureau Central)193, fut-il soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1977.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République de)	France
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Roumanie
Brésil	Royaume-Uni
Canada	Suède
China	Tchécoslovaquie
Danemark	Turquie
Egypte	Union des Républiques
Espagne	Socialistes Soviétiques
Etats-Unis d'Amérique	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 216-1: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques, Première partie: Méthodes générales pour la détermination des propriétés d'endurance thermique, des indices de température et des profils d'endurance thermique.
- 216-3: Troisième partie: Méthodes statistiques.

PREFACE TO THE SECOND EDITION

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 55: Winding Wires.

Drafts were discussed at the meeting held in London in 1974. As a result of this meeting, a draft, Document 55(Central Office)169, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975. At the meeting held in Nice in 1976, it was decided that, in view of the basic nature of the modification concerning deletion of the single point test, a revised draft should be circulated under the Six Months' Rule. Accordingly, a revised draft, Document 55(Central Office)193, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1977.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Poland
Brazil	Romania
Canada	South Africa (Republic of)
China	Spain
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Turkey
Egypt	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 216-1: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials, Part 1: General Procedures for the Determination of Thermal Endurance Properties, Temperature Indices and Thermal Endurance Profiles.
216-3. Part 3: Statistical Methods.

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

1. Domaine d'application

Cette procédure d'essai spécifie, conformément aux dispositions de la Publication 216-1 de la CEI: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques, une méthode pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés de section circulaire. Elle n'est pas applicable aux fils de section rectangulaire ni aux fils à revêtement fibreux.

Afin d'éviter l'emploi d'éprouvettes trop fragiles, l'expérience a montré qu'il était généralement préférable d'employer des fils de dimensions comprises entre 0,8 mm et 1,5 mm pour cet essai.

2. Objet

Cette procédure d'essai a pour objet de déterminer l'endurance thermique des fils émaillés de section circulaire dans l'air à la pression atmosphérique. L'endurance thermique, caractérisée par l'Indice de Température, est spécifiée dans la plupart des feuilles de caractéristiques pour fils émaillés. Les résultats obtenus sur les caractéristiques à long terme des fils de bobinage émaillés fournissent à l'ingénieur d'étude et de développement les informations permettant le choix des matériaux des fils de bobinage en vue d'une évaluation ultérieure dans les systèmes isolants et dans les essais d'équipement.

Cette procédure d'essai ne concerne que l'évaluation de l'endurance thermique appréciée par l'évolution de la tension de claquage; pour évaluer les changements des autres propriétés, d'autres procédures d'essai sont nécessaires.

L'exposition de quelques types de fils émaillés à la chaleur dans une ambiance gazeuse ou liquide en l'absence d'air peut donner des caractéristiques d'endurance thermique différentes de celles obtenues dans l'air. Ce fait doit être pris en considération lorsqu'on interprète les résultats obtenus par chauffage dans l'air, sans perdre de vue les applications où le fil n'y sera pas exposé en service. Des dimensions autres que celles spécifiées dans l'article 15 relatif à l'endurance thermique de la spécification particulière peuvent donner des caractéristiques d'endurance thermique différentes. Le métal du conducteur en contact avec l'émail peut affecter les caractéristiques d'endurance thermique.

La bonne adaptation ou compatibilité d'un vernis d'imprégnation et de l'émail peut aussi être vérifiée et des indices de température des associations peuvent être comparés grâce à cette méthode.

Les contraintes électriques appliquées pendant des périodes de longue durée à un niveau supérieur ou voisin de la tension d'apparition de décharges peuvent modifier de façon significative l'endurance thermique des fils de bobinage émaillés imprégnés ou non imprégnés. Sous de telles contraintes, les comparaisons entre divers matériaux peuvent aussi être différentes de celles obtenues en partant de cette méthode.

Il convient de préciser que l'Indice de Température déterminé par cette méthode est le nombre correspondant à la température en degrés Celsius à laquelle la droite de régression coupe la droite des 20 000 h. La température en degrés Celsius correspondant à l'Indice de Température n'est pas nécessairement celle sous laquelle il est recommandé de se servir du fil. Cela dépend de nombreux facteurs, dont le type d'équipement considéré.

TEST PROCEDURE FOR THE DETERMINATION OF THE TEMPERATURE INDEX OF ENAMELLED WINDING WIRES

1. Scope

This test procedure specifies, in accordance with the provisions of IEC Publication 216-1: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials, a method for evaluating the Temperature Index of round enamelled winding wires. It is not applicable to rectangular winding wires or to fibre-insulated winding wires.

In order to avoid undue fragility of the test specimens, experience has shown that sizes from 0.8 mm to 1.5 mm are generally found convenient to handle and test.

2. Object

This test procedure is to determine the thermal endurance of enamelled round wires in air at atmospheric pressure. The thermal endurance, characterized by Temperature Index, is specified in most performance specifications for enamelled wires. The data obtained on the long-term characteristics of enamelled winding wires also provide the designer and development engineer with information for the selection of winding wire for further evaluation in insulation systems and equipment tests.

This test procedure covers only the evaluation of thermal endurance by changes in electric strength; to evaluate the changes of other properties, further test procedures are needed.

Exposure of some types of enamelled wire to heat in gaseous or liquid environments in the absence of air may give thermal endurance characteristics different from those obtained in air. This fact shall be considered when interpreting the results obtained by heating in air with respect to applications where the wire will not be exposed to air in service. Sizes other than those specified in Clause 15 of the relevant specification sheet dealing with thermal endurance may give different thermal endurance characteristics. The conductor material in contact with the enamel insulation may affect the thermal endurance characteristics.

The suitability or compatibility of an insulating varnish with enamel insulation can also be tested and temperature indices of combinations can be compared by using this method.

Electric stress applied for extended periods at a level exceeding or even approaching the discharge inception voltage may significantly change the thermal endurance of enamelled winding wires, varnished or unvarnished. Under such electric stress conditions, comparisons between materials may also differ from those developed using this method.

It should be made clear that the Temperature Index determined by this method is the number corresponding to the temperature in degrees Celsius at which the regression line intersects the 20 000 h line. The temperature in degrees Celsius corresponding to the Temperature Index is not necessarily that at which the wire is recommended to be operated. This depends on many factors, including the type of equipment involved.

Des facteurs d'ambiance, tels que l'humidité, la contamination chimique et les contraintes mécaniques ou vibrations, sont des facteurs qui peuvent provoquer une défaillance après que le fil émaillé a été affaibli par dégradation thermique; il est plus approprié d'évaluer ces facteurs au cours d'essais sur le système d'isolation.

3. Terminologie

Indice de Température

Le nombre correspondant à la température en degrés Celsius dérivé du graphique d'endurance thermique à 20 000 h calculé par l'équation (6) de l'annexe A.

Durée de la vie de l'éprouvette

Le temps en heures à la température d'exposition pendant lequel une éprouvette résiste à l'essai diélectrique (voir paragraphe 8.1).

Temps jusqu'à défaillance

Temps en heures calculé d'après les durées de vie d'un groupe d'éprouvettes soumises à une température d'exposition conformément au paragraphe 8.2.

4. Résumé du mode opératoire

Un groupe d'éprouvettes conformes à l'article 5 est soumis à un cycle d'essais. Ce cycle comprend une période de maintien à la chaleur à une température donnée dans l'article 6, suivie par une épreuve sous tension à la température ambiante conformément à l'article 7.

On répète le cycle jusqu'à ce qu'on obtienne un nombre suffisant d'éprouvettes défaillantes et le temps jusqu'à défaillance est calculé conformément à l'article 8. Cet essai est réalisé à trois températures au moins. Une droite de régression est calculée conformément au paragraphe 8.4 et les temps jusqu'à défaillance sont reportés sur un graphique d'endurance thermique en fonction de la température d'exposition.

La température, en degrés Celsius, correspondant au point d'intersection de la droite de régression avec l'ordonnée d'endurance à 20 000 h représente l'indice de température du fil de bobinage essayé.

5. Eprouvettes d'essai

5.1 Préparation

- a) Une longueur de fil d'environ 400 mm est torsadée sur elle-même, sur une distance de 125 mm avec l'appareil indiqué à la figure 1, page 24; la force exercée sur les brins pendant la torsion et le nombre de tours sont donnés dans le tableau I.

Environmental factors such as moisture, chemical contamination, and mechanical stresses, or vibration are factors that may result in failure after the enamelled wire has been weakened by thermal deterioration and are more appropriately evaluated in insulation system tests.

3. Definition of terms

Temperature Index

The number corresponding to the temperature in degrees Celsius derived from the thermal endurance graph at 20 000 h as calculated by equation (6) of Appendix A.

Specimen failure time

The hours at the exposure temperature that have resulted in a specimen failing the proof test (see Sub-clause 8.1).

Time to failure

The hours to failure calculated from the specimen failure times for a set of specimens at one exposure temperature in accordance with Sub-clause 8.2.

4. Summary of procedure

A set of specimens in accordance with Clause 5 is subjected to a testing cycle. This cycle consists of a heat-storing period at a temperature given in Clause 6 followed by a proof voltage test at room temperature in accordance with Clause 7.

This cycle is repeated until a sufficient number of specimens has failed and the time to failure is calculated in accordance with Clause 8. The test is carried out at three or more temperatures. A regression line is calculated in accordance with Sub-clause 8.4 and the time to failure values plotted on thermal endurance graph paper as a function of the exposure temperature.

The temperature, in degrees Celsius, corresponding to the point of intersection of the regression line with the ordinate of 20 000 h endurance represents the Temperature Index of the winding wire under test.

5. Test specimens

5.1 Preparation

- a) A piece of wire approximately 400 mm in length shall be twisted together for a distance of 125 mm with a device as shown in Figure 1, page 24. The force (weight) applied to the wire pair while being twisted and the number of twists are given in Table I.

TABLEAU I

Force et nombre de tours des éprouvettes

Diamètre nominal (mm)		Force totale appliquée sur les deux fils (N)	Nombre de tours par 125 mm
De	Jusqu'à et y compris		
0,10	0,25	0,85	33
0,25	0,35	1,70	23
0,35	0,50	3,40	16
0,50	0,75	7,00	12
0,75	1,05	13,50	8
1,05	1,50	27,00	6
1,50	2,15	54,00	4
2,15	3,50	108,00	3

- b) Les séparateurs peuvent être préparés suivant la figure 2, page 25. On peut utiliser des matériaux isolants, thermiquement stables, tels que la céramique ou les stratifiés silicone – fibre de verre. Les séparateurs sont marqués d'une lettre ou d'un numéro de code.
- c) Les éprouvettes peuvent être mises en forme dans un gabarit dont un dessin est donné à la figure 3, page 25. Un séparateur est placé entre les fils de sortie de la torsade et poussé jusqu'à la butée, comme il est montré à la figure 4, page 26. Les fils de sortie sont repliés parallèlement entre eux de façon à maintenir le séparateur en place. Les séparateurs ne sont pas nécessaires si un porte-éprouvettes est utilisé.
- d) La boucle à l'extrémité de la section torsadée est coupée en deux endroits (et non un seul) afin d'obtenir un espacement maximal entre les extrémités coupées (figure 5, page 26). A cette extrémité ou à l'extrémité non torsadée, les fils sont recourbés de manière à assurer un écartement approprié entre eux et de façon à éviter toute courbure aiguë et toute détérioration de l'isolation.
- e) Pour assurer l'homogénéité du lot d'éprouvettes, il est recommandé de les soumettre à une tension d'épreuve qui correspond à trois fois la valeur donnée dans le tableau III pendant 1 s.

5.2 Imprégnation

L'expérience a montré que les fils émaillés et les vernis ou résines isolants pouvaient avoir une action réciproque au cours du vieillissement thermique. L'interaction entre vernis ou résine et émail peut conférer à l'ensemble fil émaillé-vernis d'imprégnation une durée de vie supérieure ou inférieure à celle du fil émaillé essayé isolément. La présente méthode d'essai peut donner des indications sur l'endurance thermique d'un ensemble de fil émaillé et de vernis ou résine d'imprégnation.

Le vernis est à diluer avec un solvant approprié pour obtenir l'épaisseur de revêtement désirée. Les éprouvettes torsadées sont plongées de façon à recouvrir le séparateur pendant 30 s au minimum puis lentement retirées à une vitesse uniforme d'environ 100 mm/min. Les éprouvettes sont alors mises à l'étuve à la température et pendant le temps recommandés par le fabricant de vernis. Si l'utilisation l'exige ou si des comparaisons spécifiques sont faites entre des vernis, les éprouvettes doivent normalement être replongées dans le vernis et mises dans l'autre sens, dans l'étuve. Les vernis doivent être dilués séparément de manière à fournir la même épaisseur de revêtement. On a noté que deux applications de vernis, plongées et étuvées dans les deux sens, fournissent un revêtement plus uniforme et des valeurs plus cohérentes.