

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 251-1

Première édition — First edition

1968

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

Methods of test for winding wires

Part 1: Enamelled round wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 251-1

Première édition — First edition

1968

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

Methods of test for winding wires

Part 1: Enamelled round wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de ce livre 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 book 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
Introduction	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Notes générales concernant les essais	6
4. Diamètre	8
5. Résistance électrique	8
6. Allongement	10
7. Effet de ressort	10
8. Souplesse et adhérence	10
9. Essai de choc thermique	12
10. Essai de thermoplasticité	12
11. Résistance à l'abrasion	16
12. Essais aux solvants	18
13. Tension de claquage	20
14. Continuité de l'isolation	24
15. Endurance thermique	24
16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants	26
17. Essai de soudabilité	26
18. Essai de thermoadhérence	26
19. Tangente de l'angle de pertes diélectriques	26
FIGURES	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Introduction	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General notes on tests	7
4. Diameter	9
5. Electrical resistance	9
6. Elongation	11
7. Springiness.	11
8. Flexibility and adherence	11
9. Heat shock.	13
10. Cut-through test	13
11. Resistance to abrasion	17
12. Solvent tests	19
13. Breakdown voltage	21
14. Continuity of covering	25
15. Thermal endurance	25
16. Tests for wires for use in refrigerants	27
17. Solder test	27
18. Heat and solvent bonding test	27
19. Dielectric loss tangent	27
FIGURES	30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Première partie : Fils émaillés à section circulaire

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 cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 55 de la CEI: Fils de bobinages.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bucarest en 1962. Un nouveau projet fut discuté lors de la réunion tenue à Vienne en 1963 à la suite de laquelle il fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1964. Les commentaires reçus furent discutés lors de la réunion tenue à La Haye en 1965 et un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en mars 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette première partie:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1 : Enamelled round wires

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 55, Winding Wires.

A first draft was discussed at the meeting held in Bucharest in 1962. A new draft was discussed at the meeting held in Vienna in 1963, as a result of which it was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1964. Comments received were discussed at the meeting held in The Hague in 1965 and an amended draft was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 1:

Australia	Korea (Republic of)
Austria	Netherlands
Belgium	Poland
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Première partie : Fils émaillés à section circulaire

INTRODUCTION

La présente recommandation constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série doit comporter quatre groupes définissant respectivement:

- 1) Les dimensions de base.
- 2) Les méthodes d'essai.
- 3) Les spécifications pour des types particuliers de fils.
- 4) Le conditionnement.

Le système d'unités utilisé est le système SI; dans ce système le Newton (symbole N) est l'unité de force; 1 Newton: 0,102 kilogramme-force.

1. Domaine d'application

La présente recommandation concerne les méthodes d'essai des fils de bobinages émaillés de section circulaire.

2. Objet

Recommander des méthodes d'essai et de mesure applicables aux fils de bobinages à section circulaire en vue de déterminer la conformité aux conditions requises pour leurs caractéristiques.

3. Notes générales concernant les essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45 % à 75 %. Le fil doit, avant exécution des mesures, être préconditionné sous ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que le fil atteigne la stabilité.

Le fil * à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon que le fil ne soit pas soumis à une tension ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr que les échantillons ne comportent aucun fil endommagé.

Toutes les conditions obligatoires pour une méthode d'essai sont normalement indiquées dans le texte. Les dessins ont seulement pour but de représenter une disposition possible pour conduire l'essai.

En cas de divergences entre la feuille de spécification et la présente recommandation, la feuille de spécification prévaut.

* Lorsque le terme *fil* est utilisé, il indique le matériau isolé à l'état de livraison; lorsque le terme *conducteur* est utilisé, il indique le métal nu après enlèvement de l'émail.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1 : Enamelled round wires

INTRODUCTION

This Recommendation is one of a series which will deal with insulated wires used for windings of electrical equipment. The series will have four groups describing:

- 1) Basic dimensions.
- 2) Methods of test.
- 3) Specifications for particular types of wire.
- 4) Packaging.

The SI system of units will be used, in which the Newton (symbol N) is the unit of force; 1 Newton = 0.102 kilogramme-force.

1. Scope

This Recommendation relates to methods of test for enamelled round winding wires.

2. Object

To recommend methods for testing and measuring round winding wires to determine conformity with established performance requirements for their properties.

3. General notes on tests

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out within a range of 15 °C to 35 °C and a relative humidity of 45 % to 75 %. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the wire to reach stability.

The wire* to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the wire will not be subjected to tension or to unnecessary bends. Before each test, discard sufficient wire to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

Normally all mandatory requirements for a method of test are given in the description, and diagrams are only intended to illustrate one possible arrangement for conducting the test.

In case of inconsistencies between the specification sheet and this Recommendation, the specification sheet shall prevail.

* Where the word *wire* is used, it means the insulated material as received; where the word *conductor* is used, it means the bare metal after removal of the enamel.

4. Diamètre

4.1 Appareil de mesure

La mesure sera faite avec une précision meilleure que 0,002 mm. Si on se sert d'un micromètre, on s'assurera que la force, lors de la mesure, est dans la gamme de 0,75 N à 1,25 N. Les touches du micromètre auront un diamètre de 5 mm à 8 mm.

En variante, pour les fils de diamètre supérieur à 0,5 mm on pourra utiliser une force de 1 N à 3 N.

4.2 Diamètre extérieur du fil (applicable à tous les diamètres)

On fera trois mesures également réparties sur la circonférence du fil en deux points à 1 m l'un de l'autre.

La moyenne des six mesures sera considérée comme « diamètre extérieur ».

4.3 Diamètre du conducteur (applicable aux diamètres supérieurs ou égaux à 0,071 mm) *

Par un moyen qui n'endommage pas le conducteur, on enlève l'émail en deux points situés à 1 m l'un de l'autre.

Trois mesures seront effectuées également réparties sur la circonférence du conducteur en ces deux points.

La moyenne des six mesures sur le diamètre nu sera considérée comme « diamètre du conducteur ».

4.4 Faux rond du conducteur (applicable aux diamètres supérieurs ou égaux à 0,071 mm)

Le faux rond est défini comme étant la plus grande différence entre les lectures maximale et minimale pour chaque section droite, comme prévu au paragraphe 4.3.

5. Résistance électrique (applicable aux fils de tous diamètres) *

La résistance du fil est définie comme la résistance en courant continu à 20 °C. La méthode utilisée doit donner une précision de 0,5 %.

Une seule mesure sera faite.

Si la résistance est mesurée à une température t autre que 20 °C (R_t), la résistance R_{20} à 20 °C sera calculée à l'aide de la formule:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

où:

t est la température réelle en degrés Celsius pendant la mesure

α est le coefficient de température (dans le cas particulier du cuivre: 0,003 93)

* Pour la vérification des diamètres, dans la feuille de spécification, on applique le tableau suivant:

Diamètre mm	Procédé de mesure
$d < 0,071$ $0,071 \leq d \leq 1$ $d > 1$	Résistance Résistance et diamètre Diamètre

4. Diameter

4.1 Measuring equipment

This measurement shall be made with an accuracy better than 0.002 mm. If a micrometer is used, it shall be ensured that the measuring force is in the range of 0.75 N to 1.25 N. The spindle and the anvil of the micrometer shall have a diameter of 5 mm to 8 mm.

Alternatively, for wires over 0.5 mm, a force of 1 N to 3 N may be used.

4.2 Over-all diameter of the wire (applicable to all sizes)

Three measurements shall be made evenly distributed around the circumference of the wire at each of two places 1 m apart.

The average of the six results shall be reported as “over-all diameter”.

4.3 Conductor diameter (applicable to sizes over and including 0.071 mm)*

The enamel shall be removed at two places 1 m apart by any method that does not damage the conductor.

Three measurements shall be made evenly distributed around the circumference of the conductor at these places.

The average of the six results for the bare diameter shall be reported as “conductor diameter”.

4.4 Out-of-roundness of the conductor (applicable to sizes over and including 0.071 mm)

The out-of-roundness is defined as the greatest difference between the maximum and minimum readings at each cross-section, as determined in Sub-clause 4.3.

5. Electrical resistance (applicable to all sizes) *

The resistance of the wire shall be expressed as the d.c. resistance at 20 °C. The method used shall provide an accuracy of 0.5 %.

One measurement shall be made.

If the resistance is measured at a temperature t other than 20 °C (R_t), the resistance R_{20} at 20 °C shall be calculated by means of the formula:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

where:

t is the actual temperature in Celsius degrees during the measurement

α is the temperature coefficient (for the particular case of copper = 0.003 93)

* For control of sizes in specification sheets, the following applies:

Size mm	Measurement
$d < 0.071$ $0.071 \leq d \leq 1$ $d > 1$	Resistance Resistance and diameter Diameter

6. **Allongement (applicable aux fils de tous diamètres)**

L'allongement est mesuré sur un appareil d'allongement ou sur une machine d'essai de traction. La longueur libre d'essai doit être comprise entre 200 mm et 250 mm.

La vitesse d'allongement de l'éprouvette ne doit pas dépasser 5 mm/s. L'allongement est exprimé en pourcentage de la longueur libre essayée.

On effectue trois mesures et l'on prend comme valeur d'allongement la moyenne des valeurs obtenues.

7. **Effet de ressort**

A l'étude.

8. **Souplesse et adhérence**

8.1 *Essai d'enroulement sur mandrin (applicable aux fils de tous diamètres)*

Une éprouvette est constituée par une longueur de fil enroulée de façon à former dix spires jointives sur un mandrin métallique bien poli dont le diamètre est donné dans la feuille de spécification particulière.

La vitesse d'enroulement doit être de 1 tr/s à 3 tr/s, la traction exercée sur le fil étant telle que celui-ci soit maintenu en contact avec le mandrin et que l'enroulement soit effectué sans allongement ni torsion.

Si la feuille de spécification correspondante exige un pré-allongement (avant enroulement du fil sur le mandrin), une éprouvette d'une longueur de 200 mm à 250 mm entre mors sera régulièrement allongée au pourcentage voulu, à une vitesse inférieure à 5 mm/s.

Après enroulement, on examine l'éprouvette avec une loupe ayant un grossissement compris entre 6 et 10, en vue de déceler les craquelures éventuelles.

Trois essais sont effectués.

8.2 *Essai de traction brusque (applicable aux fils de diamètre jusqu'à et y compris 1,0 mm)*

Une éprouvette, ayant une longueur de 250 mm entre les mordaches de la machine d'essai représentée par la figure 1, page 30, est étirée brusquement jusqu'à rupture ou jusqu'à allongement indiqué dans la feuille de spécification particulière.

On examine alors l'éprouvette avec une loupe ayant un grossissement compris entre 6 et 10, en vue de déceler les craquelures * ou les décollements de l'émail éventuels. Il ne sera pas tenu compte des deux parties du fil s'étendant jusqu'à 2 mm de part et d'autre du point de rupture.

Trois essais sont effectués.

8.3 *Essai de torsion (applicable aux fils de diamètre supérieur à 1,0 mm)*

Une éprouvette d'une longueur d'environ 600 mm est placée dans la machine d'essai (figure 2a, page 31) consistant en deux dispositifs de fixation distants de 500 mm sur le même axe. L'un de ces dispositifs peut tourner, l'autre ne peut tourner, mais peut se déplacer suivant l'axe; ce deuxième dispositif est chargé suivant le tableau I pour appliquer une traction au fil lorsque ce dernier tourne.

* Une « craquelure » signifie toute discontinuité qui excède les imperfections de surface en pénétrant de façon significative sous la surface et qui est visible sous un grossissement donné.

6. Elongation (applicable to all sizes)

The elongation shall be measured with an elongation tester or a tensile test machine. The free measuring length shall be between 200 mm and 250 mm.

The wire shall be stretched at a rate of not more than 5 mm/s. The elongation shall be expressed as a percentage of the free measuring length.

Three measurements shall be made and the mean value taken as “elongation”.

7. Springiness

Under consideration.

8. Flexibility and adherence

8.1 Mandrel test (applicable to all sizes)

A sample of wire shall be wound for ten contiguous turns round a polished metal mandrel of a diameter given in the relevant specification sheet.

The mandrel shall be rotated at between 1 rev/s and 3 rev/s, the tension of the wire being just sufficient to keep it in contact with the mandrel. Elongation or twisting of the wire shall be avoided.

If the relevant specification sheet asks for pre-stretching (before the wire is wound on the mandrel), a specimen of the wire, 200 - 250 mm long between grips, shall be stretched to the specified percentage at a rate of not more than 5 mm/s.

After winding, the specimen shall be examined for cracks* under a magnification of 6 to 10 times.

Three tests shall be made.

8.2 Jerk test (applicable to sizes up to and including 1.0 mm)

A specimen of wire having a length of 250 mm between the clamps of the testing machine shown in Figure 1, page 30, shall be suddenly stretched to the breaking point or to an elongation given in the relevant specification sheet.

The specimen shall be examined for cracks* or loss of adhesion under a magnification of 6 to 10 times. The distance of 2 mm from the broken ends shall be disregarded.

Three tests shall be made.

8.3 Peel test (applicable to sizes over 1.0 mm)

A specimen of wire of about 600 mm length shall be placed in a tester (Figure 2a, page 31) consisting of two fixing devices 500 mm apart on the same axis. One of these is able to rotate, the other cannot rotate but can be displaced axially, the latter is loaded according to Table I to apply tension to the rotating wire.

* A “crack” denotes any discontinuity which exceeds surface crazing by penetrating significantly below the surface and which is visible at the stated magnification.

Au moyen d'un grattoir comme celui de la figure 2b, page 31, l'émail est enlevé sur des génératrices opposées du fil jusqu'au conducteur nu. La pression doit être suffisante pour enlever l'émail et donner une surface propre et lisse (en particulier à la limite émail/cuivre) sans enlever une quantité appréciable de cuivre. L'enlèvement de l'émail ne doit pas s'étendre jusqu'aux dispositifs de fixation, mais commencer à environ 10 mm de chacun d'eux.

Le dispositif de fixation tournant doit être actionné à une vitesse d'environ 60 tr/min à 100 tr/min jusqu'à ce que le nombre de révolutions fixé par la feuille de spécification soit atteint.

Les éprouvettes doivent être examinées :

- au point de vue souplesse de la couche d'émail (craquelures * spontanées); et
- au point de vue adhérence de l'émail.

L'émail qui peut être enlevé du fil sans difficulté (par exemple avec l'ongle du pouce) doit être considéré comme ayant perdu son adhérence même s'il ne se montre pas complètement détaché du fil.

Un seul essai est effectué.

TABEAU I

Diamètre nominal mm		Charge
De	Jusqu'à et y compris	N
1,00	1,40	25
1,40	1,80	40
1,80	2,24	60
2,24	2,80	100
2,80	3,55	160
3,55	4,50	250
4,50		400

9. Essai de choc thermique (applicable aux fils de tous diamètres)

Une éprouvette préparée conformément aux dispositions du paragraphe 8.1 est introduite dans une étuve à circulation d'air forcée, chauffée électriquement. Elle est maintenue 30 min dans cette étuve dont la température a été portée préalablement à la valeur donnée dans la feuille de spécification particulière. Après avoir retiré l'éprouvette de l'étuve, on la laisse refroidir à la température ambiante et on l'examine ensuite avec une loupe ayant un grossissement de 6 à 10, afin de détecter les craquelures *.

Trois essais sont effectués.

10. Essai de thermoplasticité (applicable aux fils de tous diamètres)

10.1 Méthode d'essai

Une éprouvette est constituée par deux longueurs de fil se croisant à angle droit qui sont placées dans un appareil comportant un bloc préchauffé à une température déterminée.

* Une « craquelure » signifie toute discontinuité qui excède les imperfections de surface en pénétrant de façon significative sous la surface et qui est visible sous un grossissement donné.