

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 251-1
Deuxième édition — Second edition
1978

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 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 251-1

Deuxième édition — Second edition

1978

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 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
INTRODUCTION	10
Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Notes générales concernant les essais	10
4. Dimensions	12
5. Résistance électrique	14
6. Allongement	14
7. Effet de ressort	14
8. Souplesse et adhérence	18
9. Essai de choc thermique	22
10. Essai de thermoplasticité	22
11. Résistance à l'abrasion	24
12. Essai aux solvants	26
13. Tension de claquage	28
14. Continuité de l'isolant	34
15. Endurance thermique	36
16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants	36
17. Essai de soudabilité	42
18. Essais de thermoadhérence et de solvoadhérence	44
19. Facteur de dissipation diélectrique	46
20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau	46
21. Perte de masse	46
22. Essai de claquage à haute température	48
FIGURES	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	11
Clause	
1. Scope	11
2. Object	11
3. General notes on tests	11
4. Dimensions	13
5. Electrical resistance	15
6. Elongation	15
7. Springiness	15
8. Flexibility and adherence	19
9. Heat shock	23
10. Cut-through test	23
11. Resistance to abrasion	25
12. Solvent test	27
13. Breakdown voltage	29
14. Continuity of covering	35
15. Thermal endurance	37
16. Tests for wires for use in refrigerants	37
17. Solder test	43
18. Heat and solvent bonding tests	45
19. Dielectric loss tangent	47
20. Resistance to transformer oil in the presence of water	47
21. Loss of mass	47
22. High temperature failure test	49
FIGURES	52

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 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

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

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

PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION

La deuxième édition, qui paraît comme norme de la CEI, a été préparée par le Comité d'Etudes N° 55: Fils de bobinage.

Depuis que la première édition a été publiée en 1968, l'expérience acquise lors des essais des fils de bobinage a permis d'améliorer ces méthodes. Cette norme incorpore des méthodes d'essai dont la technique a été modifiée pour les essais suivants:

- résistance électrique;
- souplesse et adhérence;
- choc thermique;
- résistance à l'abrasion;
- tension de claquage;
- endurance thermique;
- résistance aux réfrigérants;
- perte de masse;
- essai de soudabilité;
- claquage à haute température.

La rédaction de la plupart des autres méthodes d'essai a été revue en tenant compte de ce qui avait été accepté pour d'autres documents concernant les méthodes d'essai.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1: Enamelled round 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. 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	Germany	South Africa (Republic of)
Austria	Israel	Sweden
Belgium	Italy	Switzerland
Canada	Japan	Turkey
Czechoslovakia	Korea (Republic of)	Union of Soviet Socialist Republics
Denmark	Netherlands	United Kingdom
Finland	Poland	United States of America
France	Romania	Yugoslavia

PREFACE TO THE SECOND EDITION

The second edition, now known as an IEC standard, was prepared by Technical Committee No. 55, Winding Wires.

Since the first edition was published in 1968, improved methods of test have been developed due to improved experience in testing of winding wires. This standard incorporates technically modified methods of test for the following properties of enamelled winding wires:

- electrical resistance;
- flexibility and adherence;
- heat shock;
- resistance to abrasion;
- breakdown voltage;
- thermal endurance;
- resistance to refrigerants;
- loss of mass;
- solder test;
- high temperature failure.

Most of the other methods of test have been revised editorially taking into account modified wordings accepted in connection with other documents on methods of test.

Article 5: Résistance électrique

Un premier projet relatif au coefficient de température pour le cuivre et l'aluminium fut discuté lors de la réunion tenue à Zurich en 1977. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)206 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1978.

Article 8: Souplesse et adhérence

Un premier projet a été remplacé par une méthode d'essai améliorée qui a été discutée lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion, le document 55(Bureau Central)117 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, des modifications, document 55(Bureau Central)165, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Une nouvelle définition du terme «craquelure» fut discutée à la réunion tenue à Athènes en 1972 et à la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)126 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

Article 9: Choc thermique

Un premier projet fut remplacé par une méthode d'essai améliorée qui a été discutée lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)118 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973. A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, des modifications document 55(Bureau Central)166, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Article 11: Résistance à l'abrasion

Lors de la Réunion tenue à Athènes en 1972, un projet fut discuté. On proposait de supprimer «l'essai d'abrasion alterné» et de le remplacer par «l'essai d'abrasion unidirectionnelle» tel qu'il est décrit dans l'article 11 de la Publication 251-1A (1973) de la CEI. Cette modification, document 55(Bureau Central)176 fut soumise à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1975.

Article 13: Tension de claquage

Lors de la réunion tenue à Athènes en 1972 on proposait de modifier la limite entre l'essai avec cylindre et l'essai en torsade en passant du diamètre nominal 0,040 mm au diamètre nominal 0,100 mm. Cette modification, document 55(Bureau Central)119, fut soumise à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

Un premier projet relatif à l'essai de tension de claquage à température élevée fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1974. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)163 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975.

Article 15: Endurance thermique

Un premier projet relatif à un additif pour l'article 15 de la Publication 251-1A (1973) de la CEI fut discuté lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)128 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973. Des modifications, document 55(Bureau Central)167, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Article 16: Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants — Paragraphe 16.2: Extraction par les réfrigérants de la Publication 251-1A de la CEI: Premier complément de la Publication 251-1: Méthodes d'essai des fils de bobinages, Première partie: Fils émaillés à section circulaire.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1974. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau central)168 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975.

Article 17: Essai de soudabilité

Un premier projet relatif à la méthode d'essai pour les diamètres nominaux compris entre 0,05 mm et 0,1 mm inclus fut discuté lors de la réunion tenue à Zurich en 1977. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)201 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1977.

Clause 5: Electrical resistance

A first draft on temperature coefficients for copper and aluminium was discussed at the meeting held in Zurich in 1977. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)206 was submitted to the National Committees for approval under Six Months' Rule in December 1978.

Clause 8: Flexibility and adherence

A first draft was replaced by an improved method of test which was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)117, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

As a result of the meeting held in London in 1974, amendments, Document 55(Central Office)165, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

A revised definition of the term "crack" was discussed at the meeting held in Athens in 1972 and as a result of this meeting Document 55(Central Office)126 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

Clause 9: Heat shock

A first draft was replaced by an improved method of test which was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)118 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973. As a result of the meeting held in London in 1974 amendments, Document 55(Central Office)166, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

Clause 11: Resistance to abrasion

At the meeting held in Athens in 1972, a proposal was discussed to delete the "repeated scrape test" and to replace it by the "Unidirectional scrape resistance test", as described in Clause 11 of IEC Publication 251-1A (1973). This modification, Document 55(Central Office)176, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1975.

Clause 13: Breakdown voltage

At the meeting held in Athens in 1972, a proposal was discussed to modify the change-over point between the cylinder test and the twist test from nominal diameter 0.040 mm to nominal diameter 0.100 mm. This modification, Document 55(Central Office)119, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

A first draft on test of breakdown voltage at elevated temperatures was discussed at the meeting held in London in 1974. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)63 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975.

Clause 15: Thermal endurance

A first draft of an Addendum to Clause 15 of IEC Publication 251-1A (1973) was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)128 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973. Amendments, Document 55(Central Office)167, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

Clause 16: Test for wires for use in refrigerants — Sub-clause 16.2: Extraction with refrigerants of IEC Publication 251-1A, First supplement of Publication 251-1, Methods of Test for Winding Wires, Part 1: Enamelled Round Wires.

A first draft was discussed at the meeting held in London in 1974. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)168 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975.

Clause 17: Solder test

A first draft on a method of test for nominal diameters over 0.05 mm up to and including 0.1 mm was discussed at the meeting held in Zurich in 1977. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)201 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1977.

*Article 21: Perte de masse**

Un premier projet, «essai complémentaire de perte de poids» fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1968. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)80 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1970. Ce projet fut discuté lors de la réunion tenue à Washington en 1970 et un projet modifié, document 55(Bureau Central)132, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en décembre 1973.

Article 22: Essai de claquage à haute température

Un premier projet, «essai de surcharge pour déterminer la résistance au grillage des fils émaillés de section circulaire» fut discuté lors de la réunion tenue à Athènes en 1972.

A la suite de cette réunion un nouveau projet, document 55(Bureau Central)116, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1973. A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, une version modifiée, document 55(Bureau Central)177, fut soumise à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en septembre 1975.

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

Afrique du Sud (République d') (excepté articles 11 et 13)	Iran (seulement article 21)
Allemagne (excepté article 21)	Israël (excepté articles 5 et 17)
Australie (excepté article 22)	Italie (excepté article 22)
Autriche (excepté article 22)	Japon (excepté articles 11 et 21)
Belgique	Norvège (excepté article 16)
Brésil (paragraphes 13.3.2/13.4.2 et article 15)	Pakistan (articles 8, 9, 13 et 15)
Canada	Pays-Bas (excepté article 17)
Chine (article 5)	Pologne (excepté article 21)
Corée (République démocratique populaire de) (article 21)	Roumanie (excepté article 13)
Danemark	Royaume-Uni
Egypte (articles 5, 8, 11, 13 et 15)	Suède
Espagne	Suisse (excepté article 13)
États-Unis d'Amérique (excepté articles 16, 17 et 22)	Tchécoslovaquie
Finlande (article 11, paragraphes 13.3.2, 13.4.2, articles 16 et 21)	Turquie
France (excepté article 22)	Union des Républiques Socialistes Soviétiques (excepté articles 5, 13, 16 et 22).
Hongrie (articles 8, 9, 13, 15 et 21)	Yougoslavie (articles 8, 9, 13, 15, 21 et 22)
Inde (articles 13, 15 et 22)	

La prochaine édition de la Publication 251 paraîtra sous forme de fascicules séparés comprenant chacun un essai ou un petit groupe d'essais.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications nos	172:	Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des fils émaillés par l'abaissement de la rigidité diélectrique entre les fils torsadés.
	182:	Dimensions de base des fils de bobinage.
	251:	Méthodes d'essai des fils de bobinages.
	264:	Conditionnement des fils de bobinage.
	317:	Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage.

* La référence au tétrachlorure de carbone comme solvant de dégraissage fut remplacée par une référence à «un solvant qui n'affecte pas l'émail». Ce changement fut justifié par la connaissance récente d'une plus grande toxicité du tétrachlorure de carbone.

*Clause 21: Loss of mass**

A first draft, "Additional test on weight loss", was discussed at the meeting held in Stockholm in 1968. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)80 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1970. This draft was discussed at the meeting held in Washington in 1970 and a revised draft, Document 55(Central Office)132 was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in December 1973.

Clause 22: High temperature failure test

A first draft, "Overload test to determine the burnout resistance of enamelled round winding wires", was discussed at the meeting held in Athens in 1972.

As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)116, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1973. As the result of the meeting held in London in 1974, a modified version, Document 55(Central Office)177, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in September 1975.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia (except Clause 22)	Japan (except Clauses 11 and 21)
Austria (except Clause 22)	Korea (Democratic People's Republic of) (Clause 21)
Belgium	Netherlands (except Clause 17)
Brazil (Sub-clauses 13.3.2/13.4.2 and Clause 15)	Norway (except Clause 16)
Canada	Pakistan (articles 8, 9, 13 and 15)
China (only Clause 5)	Poland (except Clause 21)
Czechoslovakia	Romania (except Clause 13)
Denmark	South Africa (Republic of) (except Clauses 11 and 13)
Egypt (Clauses 5, 8, 11, 13 and 15).	Spain
Finland (Clause 11, Sub-clauses 13.3.2/13.4.2, Clauses 16 and 21)	Sweden
France (except Clause 22)	Switzerland (except Clause 13)
Germany (except Clause 21)	Turkey
Hungary (Clauses 8, 9, 13, 15 and 21)	Union of Soviet Socialist Republics (except Clauses 5, 13, 16 and 22)
India (Clauses 13, 15 and 22)	United Kingdom
Iran (only Clause 21)	United States of America (except Clauses 16, 17 and 22)
Israel (except Clauses 5 and 17)	Yugoslavia (Clauses 8, 9, 13, 15, 21 and 22)
Italy (except Clause 22)	

The next edition of Publication 251 is to be in the form of separate booklets, each containing a test or a small group of tests.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 172: Test Procedure for the Evaluation of the Thermal Endurance of Enamelled Wire by the Lowering of the Electric Strength between Twisted Wires.
182: Basic Dimensions of Winding Wires.
251: Methods of Test for Winding Wires.
264: Packaging of Winding Wires.
317: Specifications for Particular Types of Winding Wires.

* The reference to carbontetrachloride as degreasing solvent has been replaced by a reference to "a solvent which does not affect the enamel"; this change was influenced by recent knowledge of increased toxicity of carbontetrachloride.

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

INTRODUCTION

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

- 1) Les dimensions de base (Publication 182 de la CEI: Dimensions de base des fils de bobinage).
- 2) Les méthodes d'essai (Publication 251 de la CEI: Méthodes d'essai des fils de bobinages).
- 3) Les spécifications pour des types particuliers de fils (Publication 317 de la CEI: Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage).
- 4) Le conditionnement (Publication 264 de la CEI: Conditionnement des fils de bobinage).

1. Domaine d'application

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

2. Objet

Normaliser 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 sont effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45% à 75%. Avant exécution des mesures, le fil est préconditionné sous ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour qu'il atteigne la stabilité.

Le fil* à essayer est prélevé de son conditionnement de façon qu'il 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, Publication 317 de la CEI, et la présente norme, la feuille de spécification prévaut.

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

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1: Enamelled round wires

INTRODUCTION

This standard is one of a series which deals with insulated wires used for windings of electrical equipment. The series has four groups describing:

- 1) Basic dimensions (IEC Publication 182, Basic Dimensions of Winding Wires).
- 2) Methods of test (IEC Publication 251, Methods of Test for Winding Wires).
- 3) Specifications for particular types of wire (IEC Publication 317, Specifications for Particular Types of Winding Wires).
- 4) Packaging (IEC Publication 264, Packaging of Winding Wires).

1. Scope

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

2. Object

To standardize 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 intended only to illustrate one possible arrangement for conducting the test.

In case of inconsistencies between the specification sheet, IEC Publication 317, and this standard, 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 insulation.

4. Dimensions

4.1 Appareil de mesure

4.1.1 Diamètres nominaux jusqu'à 0,02 mm

A l'étude.

4.1.2 Diamètres nominaux supérieurs ou égaux à 0,02 mm

La mesure est effectuée avec une précision supérieure à 2 μm . Si on se sert d'un micromètre, on s'assure que la force, lors de la mesure, est dans la gamme de 0,75 N à 1,25 N. Les touches du micromètre doivent avoir un diamètre de 5 mm à 8 mm.

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

4.2 Diamètre extérieur du fil

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

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

4.3 Diamètre du conducteur*

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

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

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

4.4 Ovalisation du conducteur

L'ovalisation est définie comme étant la plus grande différence entre les diamètres maximal et minimal pour chaque section droite, comme déterminés au paragraphe 4.3.

4.5 Accroissement de diamètre dû à l'isolant

La différence entre le diamètre extérieur, déterminé selon les modalités du paragraphe 4.2, et le diamètre du conducteur, déterminé selon les modalités du paragraphe 4.3, est appelée «accroissement de diamètre dû à l'isolant».

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

Diamètre nominal (mm)	Procédé de mesure
$d < 0,071$	Résistance
$0,071 \leq d \leq 1$	Résistance et dimension
$d > 1$	Dimension

4. Dimensions

4.1 Measuring equipment

4.1.1 Nominal diameter up to 0.02 mm

Under consideration.

4.1.2 Nominal diameter over and including 0.02 mm

The measurement shall be made with an accuracy better than 2 μm . 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 nominal diameter over 0.5 mm, a force of 1 N to 3 N may be used.

4.2 Over-all diameter

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

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

4.3 Conductor diameter*

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

4.4 Out-of-roundness of the conductor

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

4.5 Increase in diameter due to the insulation

The difference between the over-all diameter, as determined according to Sub-clause 4.2, and the conductor diameter, as determined according to Sub-clause 4.3, shall be reported as “increase in diameter due to insulation”.

* For determination of diameter in specification sheets, the following applies:

Nominal diameter (mm)	Measurement
$d < 0.071$	Resistance
$0.071 \leq d \leq 1$	Resistance and dimension
$d > 1$	Dimension

5. Résistance électrique

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%.

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

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

où:

t = température réelle en degrés Celsius pendant la mesure

α = coefficient de température

- pour le cuivre: $\alpha_{20^\circ\text{C}} = 3,96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- pour l'aluminium: $\alpha_{20^\circ\text{C}} = 4,07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- pour les températures comprises entre 15 °C et 25 °C.

Un seul essai est effectué.

6. Allongement

6.1 Diamètres nominaux jusqu'à 0,02 mm

A l'étude

6.2 Diamètres nominaux supérieurs ou égaux à 0,02 mm

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 doit être de 5 mm/s $\pm$ 20%. 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

7.1 Diamètres nominaux compris entre 0,05 mm et 1,6 mm

7.1.1 Méthode d'essai

Une longueur de fil est enroulée sur un mandrin de façon à former cinq spires. La feuille de spécification particulière donne le diamètre du mandrin et la traction qui doit être appliquée. On mesure la grandeur du retour de l'extrémité des cinq spires.

7.1.2 Appareil d'essai

La disposition générale de l'appareil d'essai est décrite à la figure 1, page 52. Les détails du mandrin sont représentés au tableau I et à la figure 2, page 52. (Une gorge en hélice, comme indiqué à la figure 2, peut être utilisée pour faciliter l'enroulement mais son usage est facultatif.)

Le cadran porte 72 divisions équidistantes de façon que le retour soit lu directement. Le nombre lu correspond au nombre de degrés du retour pour chaque tour.

5. Electrical resistance

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%.

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 = actual temperature in Celsius degrees during the measurement

α = temperature coefficient

- for copper: $\alpha_{20\text{ °C}} = 3.96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- for aluminium: $\alpha_{20\text{ °C}} = 4.07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- for the temperature range from 15 °C to 25 °C.

One measurement shall be made.

6. Elongation

6.1 Nominal diameter up to 0.02 mm

Under consideration.

6.2 Nominal diameter over and including 0.02 mm

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 specimen shall be stretched at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%. The elongation shall be expressed as a percentage of the free measuring length.

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

7. Springiness

7.1 Nominal diameter over 0.05 mm up to and including 1.6 mm

7.1.1 Method of test

A specimen of wire is wound five times round a mandrel with a diameter specified in the relevant specification sheet under a tension also given there. The amount by which the end of the five turns recoils is measured.

7.1.2 Test apparatus

The general arrangement of the test apparatus is shown in Figure 1, page 52. The details of the mandrel are given in Table I and in Figure 2, page 52. (A helical groove, as indicated in Figure 2 may be used to facilitate winding, but the use of this groove is optional.)

The dial is marked with 72 equally spaced divisions so that the spring-back is read directly. The number read corresponds to the number of degrees each turn springs back.

7.1.3 Mode opératoire

Le mandrin du dispositif d'essai conforme à la feuille de spécification particulière doit être monté à axe horizontal, il est verrouillé dans cette position, de façon que la rainure (ou le trou) d'attache du fil (et le départ de la gorge hélicoïdale, le cas échéant) corresponde(nt) au repère zéro du cadran.

Le mandrin doit être talqué pour empêcher le fil de coller à la surface du mandrin.

La charge spécifiée est attachée à une des extrémités du fil, d'une longueur d'environ 1 m. Le système mandrin-manivelle est déverrouillé afin qu'il tourne librement. L'autre extrémité du fil est engagée dans la rainure ou dans le trou de façon qu'il traverse suffisamment le mandrin pour être fixé. L'extrémité est recourbée pour qu'elle puisse être solidement attachée au mandrin. La charge doit être abaissée doucement pour appliquer la traction au fil. Celui-ci descend alors verticalement au-dessous du mandrin, le repère zéro du cadran et la rainure ou le trou pointant verticalement vers le bas.

L'extrémité libre du fil ayant été attachée solidement, le mandrin doit être entraîné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (le cadran étant vu de face) au moyen de la manivelle, de façon à former cinq spires complètes du fil sur le mandrin (ou dans la gorge le cas échéant).

Le mandrin doit être entraîné jusqu'à ce que le zéro du cadran soit tourné verticalement vers le haut. Il est alors verrouillé dans cette position. Le fil est maintenu en place sur le mandrin et la charge enlevée. Le fil doit être coupé à environ 25 mm au-delà de l'extrémité de la cinquième spire. Ces 25 mm doivent être pliés à la verticale devant le zéro du cadran pour faire office d'aiguille.

On doit placer un crayon à gauche de l'élément de fil vertical pour empêcher tout retour en arrière soudain. On doit laisser ensuite la bobine se dérouler lentement, sans à-coups. Si le fil se détend brusquement, les résultats obtenus sont erronés.

Le mandrin et le cadran sont alors libérés et entraînés pour amener de nouveau l'aiguille vers le haut. Le bas de la bobine peut être doucement soulevé une ou deux fois avec le doigt pour s'assurer que la détente est complète.

La lecture du cadran avec l'aiguille indique l'effet de ressort du fil.

Dans le cas d'un fil très nerveux, l'aiguille peut faire plus d'un tour. Il est alors nécessaire d'ajouter 72 à la lecture sur le cadran pour chaque révolution complète.

TABLEAU I

Diamètre d'enroulement (à fond de gorge le cas échéant)	Dimension*				Profondeur des gorges*	Largeur des gorges*
	a	b	c	d	e	f
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3,0	6,0	6,0	30	0,25	0,04	0,15
5,0	6,0	7,5	32	0,25	0,08	0,30
7,0	6,0	9,0	34	0,40	0,12	0,50
10,0	6,0	9,0	34	0,60	0,16	0,70
12,5	6,0	9,0	40	0,80	0,20	0,80
19,0	10,0	11,0	45	1,20	0,30	1,20
25,0	12,5	12,5	45	2,00	0,15	0,75
37,5	12,5	14,5	47	2,40	0,25	1,25
50,0	12,5	17,5	50	2,80	0,40	2,00

* Voir la figure 2, page 52.

7.1.3 Test procedure

The apparatus shall be mounted with the mandrel given in the relevant specification sheet locked in position with its axis horizontal, and so that the slot (or hole) for fastening the wire (and commencement of the helical groove, if used) correspond with “zero” of the dial.

The mandrel shall be dusted with powdered talc (french chalk) to prevent the wire clinging to the mandrel.

The specified load is attached to one end of the specimen of wire of about 1 m long. The handle is unlatched for free rotation. The other end of the wire is inserted into the slot or hole so that sufficient wire projects on the other side of the mandrel. The end is bent over to enable it to be held firmly to the mandrel. The weight shall be lowered carefully to apply tension to the wire. The wire is then hanging vertically below the mandrel with the dial zero and the slot or hole pointing vertically downward.

The free end of the wire being held securely, the mandrel shall be rotated anti-clockwise (looking at the face of the dial) by means of the handle, until five complete turns have been wound onto the mandrel (or into the groove, if used).

The mandrel shall be rotated further until the dial zero is vertically upwards and shall then be latched in this position. The wire shall be held in place on the mandrel, the load shall be removed and the wire shall be cut about 25 mm beyond the end of the fifth turn. This short piece of wire at the end of the fifth turn shall be bent into a vertical position in line with the dial zero to act as a pointer.

A pencil shall be placed to the left of the vertical piece of wire to prevent any sudden springback. The coil shall then be allowed to unwind slowly without jerking. If the wire springs back suddenly, erroneous results are obtained.

The mandrel and the dial are then unlatched and rotated to bring the pointer vertically upwards again. The bottom of the coil may be gently lifted once or twice with a finger to ensure that springback is complete.

The reading on the dial in line with the pointer indicates the springiness of the wire.

In the case of very springy wires, the pointer may recoil more than one complete revolution. It is then necessary to add 72 to the dial reading for each completed revolution of recoil.

TABLE I

Mandrel diameter (to bottom of groove where used)	Dimension*				Depth of groove*	Width of groove*
	a	b	c	d	e	f
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3.0	6.0	6.0	30	0.25	0.04	0.15
5.0	6.0	7.5	32	0.25	0.08	0.30
7.0	6.0	9.0	34	0.40	0.12	0.50
10.0	6.0	9.0	34	0.60	0.16	0.70
12.5	6.0	9.0	40	0.80	0.20	0.80
19.0	10.0	11.0	45	1.20	0.30	1.20
25.0	12.5	12.5	45	2.00	0.15	0.75
37.5	12.5	14.5	47	2.40	0.25	1.25
50.0	12.5	17.5	50	2.80	0.40	2.00

* See Figure 2, page 52.

7.2 Diamètres nominaux supérieurs à 1,6 mm

A l'étude.

8. Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin

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 est régulièrement allongée au pourcentage voulu, à une vitesse de 5 mm/s $\pm$ 20%.

Après enroulement, on examine l'éprouvette avec une loupe en vue de déceler les craquelures* éventuelles avec un grossissement:

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Trois essais sont effectués.

8.2 Essais d'allongement

Une éprouvette ayant une longueur comprise entre 200 mm et 250 mm entre les mordaches de la machine d'essai est allongée au pourcentage voulu à une vitesse de 5 mm/s $\pm$ 20% à valeur spécifiée.

Après allongement, l'éprouvette est examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles ou pertes d'adhérence sous un grossissement:

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Trois essais sont effectués.

8.3 Essai de traction brusque

Une éprouvette ayant une longueur de 250 mm entre les mordaches de l'appareil d'essai, représenté par la figure 3, page 53, est étirée brusquement jusqu'à rupture ou jusqu'à allongement indiqué dans la feuille de spécification particulière.

L'éprouvette est examinée en vue de déceler les craquelures ou pertes d'adhérence sous un grossissement:

* Une «craquelure» est une fente dans l'isolant qui rend visible le conducteur nu sous un grossissement donné.

7.2 Nominal diameter over 1.6 mm

Under consideration.

8. Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test

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

The mandrel shall be rotated 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 calls for pre-stretching (before the wire is wound on the mandrel), a specimen of wire 200 mm to 250 mm long between grips shall be stretched to the specified percentage at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%.

After winding, the specimen shall be examined for cracks* under a magnification of:

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm;
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm;
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

Three tests shall be made

8.2 Stretching test

A specimen of wire having a length of 200 mm to 250 mm between grips shall be stretched to the specified percentage at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%.

After stretching, the specimen shall be examined for cracks or loss of adhesion under a magnification of:

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm;
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm;
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

Three tests shall be made.

8.3 Jerk test

A specimen of wire having a length of 250 mm between the clamps of the testing apparatus, shown in Figure 3, page 53, 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:

* A "crack" is an opening in the insulation which exposes the bare conductor to view at the stated magnification.