

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 251-3

Première édition — First edition

1978

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Troisième partie: Fils isolés de section rectangulaire

Methods of test for winding wires

Part 3: Insulated rectangular wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

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 251-3

Première édition — First edition

1978

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Troisième partie: Fils isolés de section rectangulaire

Methods of test for winding wires

Part 3: Insulated rectangular 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	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Notes générales concernant les essais	6
4. Dimensions	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	14
12. Essais aux solvants	14
13. Tension de claquage	16
14. Continuité de l'isolant	18
15. Endurance thermique	20
16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants	20
17. Essai de soudabilité	20
18. Essais de thermoadhérence et solvoadhérence	20
19. Tangente de l'angle de pertes diélectriques	20
20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau	22
21. Perte de masse	22
22. Essai de claquage à haute température	22
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General notes on tests	7
4. Dimensions	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	15
12. Solvent tests	15
13. Breakdown voltage	17
14. Continuity of covering	19
15. Thermal endurance	19
16. Tests for wires for use in refrigerants	19
17. Solder test	19
18. Heat and solvent bonding tests	21
19. Dielectric loss tangent	21
20. Resistance to transformer oil in the presence of water	23
21. Loss of mass	23
22. High temperature failure test	23
FIGURES	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Troisième partie: Fils isolés de section rectangulaire

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

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

Les premiers projets relatifs aux méthodes d'essai des fils de bobinage de section rectangulaire, furent discutés lors de la réunion tenue à Washington en 1970. Ces discussions ont abouti à un document unique concernant les méthodes d'essai pour les fils émaillés et pour les fils à revêtement fibreux de section rectangulaire. Ce projet, document 55(Bureau Central)95, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1971 et a été étudié à la réunion tenue à Athènes en 1972. Des modifications, document 55(Bureau Central)136, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en août 1974.

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

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

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 n°s 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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 3: Insulated rectangular 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

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 95, Winding Wires.

First drafts on test methods of rectangular winding wires were discussed at the meeting held in Washington in 1970. As a consequence of these discussions it was agreed that the documents on test methods for enamelled and for fibre covered rectangular wires should be combined in one standard. This combined draft, Document 55(Central Office)95, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1971 and considered at the meeting held in Athens in 1972. Amendments, Document 55(Central Office)136, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' procedure in August 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Israel	Spain
Austria	Japan	Sweden
Belgium	Korea (Democratic People's	Switzerland
Czechoslovakia	Republic of)	Turkey
Denmark	Netherlands	Union of Soviet Socialist
Finland	Norway	Republics
France	Poland	United Kingdom
Germany	Romania	United States of America
India	South Africa (Republic of)	Yugoslavia

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.

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Troisième partie: Fils isolés de section rectangulaire

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 isolés de section rectangulaire.

2. Objet

Normaliser des méthodes d'essai et de mesure applicables aux fils de bobinages de section rectangulaire émaillés ou à revêtement fibreux 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 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 *isolant* est utilisé, il indique l'émail ou le revêtement fibreux; lorsque le terme *conducteur* est utilisé, il indique le métal nu après enlèvement de l'isolant.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 3: Insulated rectangular 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 insulated rectangular winding wires.

2. Object

To standardize methods for testing and measuring rectangular winding wires with enamel or with fibre insulation 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 standard, the specification sheet shall prevail.

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

4. Dimensions

4.1 Appareil de mesure

La mesure est effectuée avec une précision supérieure à 2 μm . 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 3,00 N. Les touches du micromètre doivent avoir un diamètre de 5 mm à 8 mm.

4.2 Dimensions extérieures du fil

Les mesures sont effectuées sur les deux dimensions, en trois endroits espacés d'au moins 100 mm, sur des parties de fil absolument droites.

Lorsqu'une dimension du fil est supérieure au diamètre des touches du micromètre, on effectue une mesure dans la partie médiane de cette dimension et une autre sur les bords. Si les valeurs sont différentes, on ne retient que la plus élevée.

Les moyennes des trois résultats de chaque dimension sont la «largeur hors tout» et l'«épaisseur hors tout».

4.3 Dimensions du conducteur

Par un moyen qui n'endommage pas le conducteur, on enlève l'isolant aux trois endroits retenus pour les mesures du paragraphe 4.2 et on mesure le conducteur à ces endroits.

Les moyennes des résultats sont la «largeur du conducteur» et l'«épaisseur du conducteur».

4.4 Arrondi des angles

La vérification des arrondis des angles est effectuée en préparant des sections droites du fil et en les examinant sous un grossissement approprié.

Pour cette vérification, par exemple, on peut utiliser la méthode suivante:

Trois éprouvettes, prélevées à intervalles d'au moins 200 mm, sont redressées avec un allongement approximatif de 1%, puis enrobées dans une résine appropriée n'altérant pas l'isolant. La couleur de la résine doit contraster avec celle de l'isolant.

Après polymérisation, éprouvettes et résine sont coupées perpendiculairement au fil et soigneusement polies pour examen avec un grossissement suffisant.

4.5 Accroissement de dimension dû à l'isolant

La différence entre la largeur hors tout et la largeur du conducteur est l'«accroissement d'épaisseur sur chant».

La différence entre l'épaisseur hors tout et l'épaisseur du conducteur est l'«accroissement d'épaisseur sur plat».

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%.

Une seule mesure est faite.

4. Dimensions

4.1 Measuring equipment

The measurement shall be made with an accuracy better than $2\mu\text{m}$. If a micrometer is used, it shall be ensured that the measuring force is in the range of 0.75 N to 3.00 N. The spindle and the anvil of the micrometer shall have a diameter of 5 mm to 8 mm.

4.2 Over-all dimensions

Measurements shall be made of both dimensions of the wire at three positions not less than 100 mm apart. The measurements shall be made on completely straight parts of the specimen.

Where the dimension of the specimen is greater than the diameter of the micrometer spindle, measurements shall be made both at the centre of the face of the specimen and over the edges. If the values differ, the highest value only shall be noted.

The mean values of the results for each dimension shall be reported as the “over-all width” and “over-all thickness”.

4.3 Conductor dimensions

The insulation shall be removed at the three positions used for measurements in Sub-clause 4.2 by any method which does not damage the conductor, and the conductor measured at these positions.

The mean value of the results for each dimension shall be reported as “conductor width” and “conductor thickness”.

4.4 Rounding of corners

This test is performed by preparing cross-sections of the wire and examining under suitable magnification.

For this test, for example, the following method may be employed:

Three carefully straightened specimens, (straightening may be accomplished by stretching the specimen approximately 1%) taken at least 200 mm apart, shall be cast in a suitable resin that will not affect the insulation. The resin shall have a colour which contrasts with the colour of the insulation.

After curing, the resin and the specimens shall be cut at right angles to the length of the specimen and carefully polished for examination under a sufficient magnification.

4.5 Increase in dimensions due to insulation

The difference between the over-all width and the conductor width shall be reported as the “increase in width”.

The difference between the over-all thickness and the conductor thickness shall be reported as “increase in thickness”.

5. Electrical resistance

The resistance of the wire shall be expressed as the d.c. resistance at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. The method used shall provide an accuracy of 0.5%.

One measurement shall be made.

Si la résistance est mesurée à une température t autre que $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (R_t), la résistance R_{20} à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ est 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

pour le cuivre: $\alpha_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 3,96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

pour l'aluminium: $\alpha_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 4,07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

6. Allongement

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 $5 \text{ mm/s} \pm 20\%$. 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

A l'étude.

8. Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin

Une éprouvette est courbée à 180° sur un mandrin dont le diamètre est donné dans la feuille de spécification particulière dans deux directions en forme de S allongé. La partie droite entre les deux formes en U doit être de 150 mm.

Il faut éviter que l'éprouvette se voile ou prenne une courbure irrégulière. La figure 2, page 25, montre un appareil de cintrage approprié.

On examine le fil en vue de déceler des craquelures* dans le cas des fils émaillés ou des ouvertures dans le cas des fils à isolant fibreux sous un grossissement de 6 à 10.

Dans le cas des fils à isolant fibreux, si aucune ouverture n'est constatée, l'éprouvette doit subir un essai de tension de claquage, conformément aux dispositions du paragraphe 13.2.2.

Deux éprouvettes différentes sont courbées, une sur plat (sur l'épaisseur), une sur chant (sur la largeur).

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

If the resistance is measured at a temperature t other than $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (R_t), the resistance R_{20} at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 copper: $\alpha_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 3.96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

for aluminium: $\alpha_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = 4.07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

6. Elongation

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 $5 \text{ mm/s} \pm 20\%$. The elongation shall be expressed as a percentage of the free measuring length.

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

7. Springiness

Under consideration.

8. Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test

A specimen shall be bent through 180° round a mandrel of the diameter as given in the relevant specification sheet in two directions to form an elongated S-shape. The straight part between the U-shape bends shall be at least 150 mm.

Care should be taken to ensure that the specimen does not buckle or depart from a uniform bend. A suitable apparatus is shown in Figure 2, page 25.

The insulation shall be examined for cracks* in the case of enamelled wires, and for openings in the case of fibre insulated wires under a magnification of 6 to 10 times.

In the case of fibre insulated wires only, if no opening can be seen, the specimen shall be subjected to the breakdown voltage test of Sub-clause 13.2.2.

Two specimens shall be bent, one flatwise (on the thickness), and one edgewise (on the width).

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

8.2 Essai d'adhérence

8.2.1 Fils émaillés

Une éprouvette est allongée à l'aide d'un appareil d'allongement ou d'une machine d'essai de traction. La longueur libre de mesure est comprise entre 200 mm et 250 mm. L'éprouvette est allongée à la vitesse de $5 \text{ mm/s} \pm 20\%$ jusqu'à la valeur d'allongement prescrite dans la feuille de spécification particulière.

On coupe le film d'émail selon le périmètre d'une section droite, au milieu de la longueur libre qui sera soumise à l'allongement.

Après l'allongement, l'isolant est examiné pour sa perte d'adhérence. La longueur maximale sur laquelle le revêtement s'est retiré, mesurée longitudinalement à partir de l'incision, est notée comme étant la «longueur de perte d'adhérence». Cette distance est mesurée dans une direction à partir de l'incision et la valeur à noter est la valeur maximale relevée après avoir examiné les deux côtés de l'éprouvette.

Une mesure est effectuée.

8.2.2 Fils isolés avec un revêtement fibreux (types imprégnés seulement)

Une éprouvette de 300 mm de long est redressée par un allongement égal à 1% au maximum.

L'isolant est retiré sur toute la longueur à l'exception de la partie centrale sur 100 mm.

L'éprouvette est allongée à l'aide d'un appareil d'allongement ou d'une machine d'essai de traction. La longueur libre de mesure est comprise entre 200 mm et 250 mm. L'éprouvette est allongée à la vitesse de $5 \text{ mm/s} \pm 20\%$ jusqu'à la valeur d'allongement prescrite dans la feuille de spécification particulière.

On examine la perte d'adhérence de l'isolant en vérifiant s'il glisse sur le conducteur.

Une mesure est effectuée.

9. Essai de choc thermique (applicable aux fils émaillés seulement)

Une éprouvette est courbée à plat (sur l'épaisseur) à 180° sur un mandrin dont le diamètre est donné dans la feuille de spécification particulière dans deux directions en forme de S allongé. La partie droite entre les deux formes en U doit être d'au moins 150 mm.

L'éprouvette est introduite dans une étuve à circulation d'air forcée, chauffée électriquement. Elle est maintenue pendant 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; elle est examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles * sous un grossissement de 6 à 10.

Deux éprouvettes sont courbées sur plat (sur l'épaisseur).

10. Essai de thermoplasticité (applicable aux fils émaillés seulement)

A l'étude.

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

8.2 Adherence test

8.2.1 Enamelled wires

A specimen shall be elongated in an elongation tester or a tensile test machine. The free measuring length shall be between 200 mm and 250 mm. The specimen shall be elongated at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20% until it has been elongated to the percentage required in the relevant specification sheet.

Before being elongated, the enamel shall be cut circumferentially through to the conductor at a point approximately half way along the measured length.

After elongation the insulation shall be examined for loss of adhesion. The maximum distance over which the enamel has lost adhesion, measured longitudinally from the cut, is reported. This distance shall be measured in one direction from the cut and the value reported shall be the maximum observed after examining both sides of the specimen.

One test shall be made.

8.2.2 Fibre insulated wires (for impregnated fibre insulated wires only)

A specimen approximately 300 mm long shall be straightened by slight elongation (maximum 1%).

The insulation shall be removed from all but the central 100 mm of the specimen.

The specimen shall be elongated in an elongation tester or a tensile test machine. The free measuring length shall be between 200 mm and 250 mm. The specimen shall be elongated at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20% until it has been elongated to the percentage required in the relevant specification sheet.

The insulation shall then be examined for loss of adhesion as shown by it being able to slide the insulation along the conductor.

One test shall be made.

9. Heat shock (applicable to enamelled wires only)

A specimen shall be bent flatwise (on the thickness) through 180° round a mandrel of a diameter as given in the relevant specification sheet in two directions to form an elongated S-shape. The straight part between the U-shape bends shall be at least 150 mm.

The specimen shall be placed in a hot, electrically heated forced-air-circulated oven, having a temperature as given in the relevant specification sheet for a period of 30 min. After removal from the oven, the specimen shall be allowed to cool to room temperature and then shall be examined for cracks* under a magnification of 6 to 10 times.

Two specimens shall be bent flatwise (on the thickness).

10. Cut through test (applicable to enamelled wires only)

Under consideration.

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

11. Résistance à l'abrasion (applicable aux fils émaillés seulement)

A l'étude.

12. Essais aux solvants (applicables aux fils émaillés seulement)

12.1 Solvants

L'essai doit être effectué en utilisant:

- le solvant standard spécifié ci-dessous; ou
- un solvant agréé entre l'acheteur et le fournisseur.

Le solvant standard sera:

- 60% en volume de white spirit contenant au maximum 18% d'aromatiques;
- 30% en volume de xylène;
- 10% en volume de butanol.

12.2 Mode opératoire

Une longueur de fil dressée de 150 mm est chauffée pendant 10 min à 130 °C.

On utilise un récipient cylindrique en verre contenant assez de solvant pour immerger une partie substantielle des éprouvettes essayées. La température du solvant doit être de 60 ± 3 °C. L'éprouvette est plongée pendant 30 min dans le solvant dont la température pendant l'essai sera maintenue dans les limites prévues.

Après traitement, l'éprouvette est sortie du solvant et la dureté de l'isolant est déterminée par une dureté-crayon. Le temps écoulé entre la sortie du solvant et l'essai ne doit pas dépasser 30 s, sans quoi on pourrait obtenir des résultats erronés.

Avant chaque essai, la pointe du crayon utilisé est affûtée avec une lime douce pour former un angle de 60° symétriquement par rapport à l'axe de la mine (voir figure 3, page 26).

L'éprouvette à essayer est fixée fermement sur une plaque de verre ou sur un dispositif de façon que l'essai puisse être réalisé sur le côté plat du fil de section rectangulaire.

La mine du crayon, de dureté prévue dans la feuille de spécification particulière correspondante, est placée suivant un angle de 60° sur le côté plat du fil. La pointe affûtée du crayon est pressée lentement le long de la surface du fil avec une force d'environ 5 N.

Trois essais sont effectués. L'émail ne doit pas être enlevé du conducteur au cours de l'un quelconque des trois essais.

Notes 1. — Cette méthode peut être employée pour vérifier la résistance à d'autres fluides, par exemple à l'huile.

2. — Si on désire déterminer la dureté de l'isolant, l'indice de dureté de l'émail est pris égal à celui de la mine de plus grande dureté avec laquelle on ne peut pas enlever l'émail.

La série des duretés-crayon est la suivante:

6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

11. Resistance to abrasion (applicable to enamelled wires only)

Under consideration.

12. Solvent tests (applicable to enamelled wires only)

12.1 Solvents

The test shall be carried out by using:

- the standard solvent, specified below; or
- a solvent as agreed between purchaser and supplier.

The standard solvent shall be:

- 60% by volume white spirit with maximum aromatic content of 18%;
- 30% by volume xylene;
- 10% by volume butanol.

12.2 Method of test

A straight piece of wire, 150 mm in length, shall be heated for 10 min at 130 °C.

A glass cylinder containing sufficient solvent to immerse a substantial portion of the test specimens is used. The temperature of the solvent shall be 60 ± 3 °C. The specimen shall be immersed for 30 min in the solvent, the temperature of which shall be maintained within the specified limits during testing.

After treatment, the specimen shall be removed from the solvent and the hardness of the insulation shall be determined as pencil hardness. The period between removal from the solvent and the test shall not exceed 30 s; otherwise erroneous results may be obtained.

Before each test, the point of the pencil shall be sharpened with a smooth-cut file to form an angle of 60° symmetrical about the axis of the lead (see Figure 3, page 26).

The specimen to be tested shall be laid firmly on a glass plate or on a device so that the test can be carried out on the flat side of the rectangular wire.

The lead pencil with the hardness called for in the relevant specification sheet shall be placed on the flat side at an angle of 60°. The sharpened edge of the pencil shall be pressed slowly along the flat side of the specimen with a force of approximately 5 N.

Three tests shall be made. The enamel shall not be removed down to the conductor in any one of the three.

Notes 1. — This method can also be used for testing resistance to other fluids e.g. oil.

2. — Where it is desired to determine the hardness of the insulation, the hardness of the lead pencil which just fails to remove the enamel from the surface of the conductor shall be taken as the hardness index of the insulation.

The pencil hardness series is as follows:

6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

13. Tension de claquage

13.1 Tension d'essai

La tension d'essai est une tension alternative d'une fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz et de forme sensiblement sinusoïdale, le facteur de crête restant dans les limites de $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 à 1,48). Le transformateur d'essai a une puissance nominale d'au moins 500 VA et le courant fourni a une forme d'onde pratiquement sinusoïdale dans les conditions d'essai.

Pour détecter un claquage, le dispositif à maximum de courant est réglé pour fonctionner lorsqu'une intensité de 5 mA ou plus passe dans le circuit à haute tension. La tension d'essai doit pouvoir fournir un courant de 5 mA avec une chute de tension maximale de 2%.

La tension, en valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$, est appliquée à une valeur nulle, puis élevée à une vitesse constante approximativement de 100 V par seconde jusqu'au claquage. Si le claquage se produit en moins de 5 s, la vitesse de la montée en tension est réduite. Lorsque la tension de claquage est supérieure ou égale à 2500 V, la vitesse de la montée en tension doit être approximativement de 500 V par seconde.

13.2 Modalités d'essai

13.2.1 Tension de claquage (applicable aux fils émaillés)

Une éprouvette de 350 mm de long, dont on a retiré l'isolant à une extrémité, est courbée à plat sur un mandrin comme indiqué par la figure 4, page 27.

Le diamètre du mandrin doit être de :

25 mm pour l'épaisseur nominale jusqu'à et y compris 2,5 mm,

50 mm pour l'épaisseur nominale supérieure à 2,5 mm.

L'éprouvette est placée dans un récipient de façon qu'elle soit recouverte par 5 mm de grenaille au moins. Les extrémités de l'éprouvette doivent être assez longues pour éviter les contournements.

Le récipient est rempli doucement de grenaille jusqu'à ce que l'éprouvette soit entourée d'au moins 5 mm de grenaille. La grenaille métallique ne doit pas avoir plus de 2 mm de diamètre; des billes en acier inoxydable, en nickel ou en acier-nickelé conviennent. La grenaille est nettoyée périodiquement à l'aide d'un solvant approprié (par exemple le 1,1,1-trichloroéthane).

La tension d'essai est appliquée entre la grenaille et le conducteur.

Cinq éprouvettes sont essayées.

Note. — Après accord entre acheteur et fournisseur, l'essai peut être réalisé dans l'huile. Dans ce cas, le type d'huile, la viscosité et la tension de claquage résultent d'un accord entre acheteur et fournisseur.

13.2.2 Rigidité diélectrique résiduelle après pliage (applicable aux fils isolés avec un revêtement fibreux seulement)

Note. — Cet essai fait partie de l'essai d'enroulement sur mandrin du paragraphe 8.1.

On utilise l'éprouvette préparée pour l'essai d'enroulement sur mandrin.

La courbe en U d'une extrémité de l'éprouvette est immergée dans un récipient et contrôlée comme indiqué au paragraphe 13.2.1. On opère de la même façon sur l'autre courbe en U.

Quatre essais sont effectués.

13. Breakdown voltage

13.1 Test voltage

The voltage to be applied shall be an a.c. voltage and have a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz of an approximately sine-wave form, the peak factor being within the limits of $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1.34 to 1.48). The test transformer shall have a rated power of at least 500 VA and shall provide a current of essentially undistorted wave form under test conditions.

To detect breakdown, the overcurrent device shall operate when a current of 5 mA or more flows in the high-voltage circuit. The test voltage source shall have a capacity to supply a current of 5 mA with a maximum voltage drop of 2%.

The voltage, expressed as its peak-value divided by $\sqrt{2}$, shall be applied at zero and increased at a uniform rate of approximately 100 V per second until breakdown occurs. In the event of breakdown occurring in less than 5 s, the rate of increase shall be reduced. Where the breakdown voltage is equal to or greater than 2500 V, the rate-of-rise shall be approximately 500 V per second.

13.2 Application of test

13.2.1 Breakdown voltage (applicable to enamelled wires)

A specimen of wire 350 mm long shall have the insulation removed at one end and be bent on the flat around a mandrel as shown in Figure 4, page 27.

The diameter of the mandrel shall be:

25 mm for nominal thicknesses up to and including 2.5 mm,

50 mm for nominal thicknesses over 2.5 mm.

The specimen shall be placed in a container and positioned so that it can be surrounded by at least 5 mm of shot. The ends of the specimen shall be sufficiently long to avoid flashover.

The shot shall be poured gently into a container until the specimen is covered by at least 5 mm of shot. The metal shot shall be not more than 2 mm in diameter; balls of stainless steel, nickel or nickel-plated iron have been found suitable. The shot shall be cleaned periodically with a suitable solvent, for example, 1,1,1-trichloroethane.

The test voltage shall be applied between the shot and the conductor.

Five specimens shall be tested.

Note. — By agreement between purchaser and supplier, the test may be carried out under oil; in such cases the type and the viscosity of the oil and the breakdown voltage shall be agreed between purchaser and supplier.

13.2.2 Retention of electric strength after bending (applicable to fibre insulated wires)

Note. — This test is part of the mandrel winding test as given in Sub-clause 8.1.

The specimen prepared for the mandrel winding test shall be used.

The U-shape bend at one end of the specimen shall be immersed in a container as described in Sub-clause 13.2.1 and tested therein. The procedure shall then be repeated on the other U-shape bend of the specimen.

Four tests shall be made.

13.3 *Mesure à température élevée (applicable aux fils émaillés seulement)*

Une éprouvette préparée comme indiqué au paragraphe 13.2.1, le récipient utilisé pour l'essai et la grenaille sont préchauffés dans la même étuve à la température prescrite dans la feuille de spécification particulière, puis la grenaille est versée dans le récipient.

On applique la tension d'essai moins de 15 min après que l'éprouvette a atteint la température requise. L'essai doit être terminé dans les 30 min.

Cinq essais sont effectués.

14. Continuité de l'isolant

N'est pas applicable.

15. Endurance thermique

15.1 *Fils émaillés*

Note. — Les prescriptions relatives à l'endurance thermique basées sur une durée de vie extrapolée de 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas subi d'imprégnation. En service réel, la température maximale d'utilisation du fil peut être augmentée quand celui-ci est utilisé dans un système d'isolation approprié et lorsque l'expérience peut justifier une telle augmentation.

Un système non approprié peut par contre entraîner un abaissement de la température maximale d'utilisation.

L'évaluation de l'endurance thermique est basée sur des essais réalisés avec des éprouvettes de fils non imprégnés, et vérifiée selon la Publication 172 de la CEI: Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des fils émaillés par l'abaissement de la rigidité diélectrique entre les fils torsadés*.

Comme la Publication 172 de la CEI ne précise pas de conditions pour les fils de section rectangulaire, l'essai doit être effectué de préférence sur un fil de 1 mm de diamètre de grade 2 sauf accord différent entre l'acheteur et le fournisseur. L'email utilisé doit être le même que celui employé pour le fil de section rectangulaire.

Note. — Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés donnera la preuve que le fil satisfait aux prescriptions pour l'endurance thermique.

15.2 *Fils isolés avec un revêtement fibreux (types imprégnés seulement)*

A l'étude.

16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants

N'est pas applicable.

17. Essai de soudabilité

N'est pas applicable.

* Une révision de la Publication 172 est en préparation.

13.3 *Test at elevated temperature (applicable to enamelled wires)*

A specimen prepared as described in Sub-clause 13.2.1, a container to be used for this test, and the shot shall be pre-heated to the temperature specified in the relevant specification sheet in the same oven; the shot shall then be poured into the container.

The test shall be made within 15 min after the specimen has attained the required temperature. The total time for which the specimen is in the oven shall not exceed 30 min.

Five tests shall be made.

14. **Continuity of covering**

Not applicable.

15. **Thermal endurance**

15.1 *Enamelled wires*

Note. — The thermal endurance requirement based on an extrapolated life of 20 000 h is applied to unvarnished wires. When applied in service, the maximum operating temperature of the wire may be increased when it is used in a suitable insulating system and when experience justifies such an increase.

An unsuitable system may result in a decrease in the maximum operating temperature.

The thermal endurance evaluation shall be based upon tests performed on unvarnished specimens of wires prepared and tested in accordance with IEC Publication 172, Test Procedure for the Evaluation of the Thermal Endurance of Enamelled Wire by the Lowering of the Electric Strength between Twisted Wires *.

As IEC Publication 172 makes no provision for testing rectangular wires, the test shall be made on round wires preferably of 1 mm diameter and of Grade 2, using enamel of the same formulation as that applied to the rectangular wire, unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

Note. — When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for thermal endurance.

15.2 *Fibre insulated wires (for impregnated fibre insulated wires only)*

Under consideration.

16. **Test for wires for use in refrigerants**

Not applicable.

17. **Solder test**

Not applicable.

* A revision of Publication 172 is being prepared.

18. Essais de thermoadhérence et solvoadhérence

N'est pas applicable.

19. Tangente de l'angle de pertes diélectriques ($\operatorname{tg} \delta$) (applicable aux fils émaillés seulement)

19.1 Principe

La méthode de mesure consiste à introduire dans un circuit résonnant une capacité auxiliaire dont les armatures sont constituées par le conducteur du fil émaillé et un bain de mercure dans lequel le fil est plongé.

Note. — La mesure peut s'effectuer par exemple à l'aide d'un Q-mètre.

19.2 Préparation de l'éprouvette

Une longueur de fil à essayer est recourbée sur plat en forme de U (voir figure 5, page 28) et plongée dans un bain contenant du mercure. La longueur immergée doit être telle que la capacité conducteur-mercure soit comprise entre 50 pF et 100 pF.

Avertissement: Les vapeurs de mercure sont toxiques. Des précautions spéciales doivent être prises lorsqu'un bain de mercure est utilisé.

19.3 Mesure

L'appareillage choisi devra permettre une mesure des pertes diélectriques avec une précision de $\pm 10\%$. La mesure sera effectuée à une fréquence d'environ 1 MHz.

Le schéma d'un circuit de mesure approprié est indiqué par la figure 6, page 29.

L'éprouvette est connectée. Puis la résistance d'amortissement R est amenée à une valeur infinie et le circuit est accordé sur la valeur maximale du voltmètre V au moyen du condensateur C .

Le voltmètre V est alors ajusté au moyen du condensateur de couplage à une valeur déterminée. On note la valeur C_1 du condensateur variable C .

On déconnecte alors l'éprouvette et l'on accorde à nouveau le circuit à l'aide de C . La valeur C_2 est notée.

La capacité de l'éprouvette est:

$$C_x = C_2 - C_1$$

On ramène l'indication du voltmètre à la valeur précédemment retenue au moyen de la résistance R dont on note la valeur R_v .

La tangente de l'angle de pertes est donnée par:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R_v C_x}$$

où:

$$\omega = 2 \pi f$$

18. Heat and solvent bonding tests

Not applicable.

19. Dielectric loss tangent ($\tan \delta$) (applicable to enamelled wire only)

19.1 Principle

The measuring method consists of introducing into a resonant circuit an auxiliary capacitance whose plates consist of the conductor of the enamelled wire and a mercury bath in which the wire is immersed.

Note. — The measurement may be made, for example, by using a Q-meter.

19.2 Preparation of the wire specimen

The wire under test shall be bent on the flat into a U-shape (see Figure 5, page 28) and lowered into a bath containing mercury. The length immersed shall be such that the capacitance between conductor and mercury is between 50 pF and 100 pF.

Warning: Vapour of mercury is toxic; care shall be taken when handling the mercury bath.

19.3 Measurement

The test equipment used shall allow a loss measurement to be made with a precision of $\pm 10\%$. The measurement shall be made at a frequency of approximately 1 MHz.

A diagram of a suitable circuit is shown in Figure 6, page 29.

The specimen is connected. Then the damping resistance R is set at infinity and the circuit is tuned to the maximum reading of voltmeter V by means of capacitor C .

The voltmeter V reading is then adjusted by means of a coupling capacitor to a predetermined reading. The value C_1 of capacitor C is noted.

The specimen is disconnected and the circuit retuned by means of capacitor C . The value C_2 is noted.

The capacitance of the specimen is:

$$C_x = C_2 - C_1$$

The voltmeter reading is readjusted to its previous value by means of resistor R . The value R_v of resistor R is noted.

The dielectric loss tangent is calculated by:

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega R_v C_x}$$

where:

$$\omega = 2 \pi f$$

20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau

A l'étude.

21. Perte de masse

N'est pas applicable.

22. Essai de claquage à haute température

N'est pas applicable.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-3:1978

Withdrawn

20. Resistance to transformer oil in the presence of water

Under consideration.

21. Loss of mass

Not applicable.

22. High temperature failure test

Not applicable.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-3:1978

Withdrawn

FIG. 1. — Appareil pour la mesure de l'effet de ressort (à l'étude).

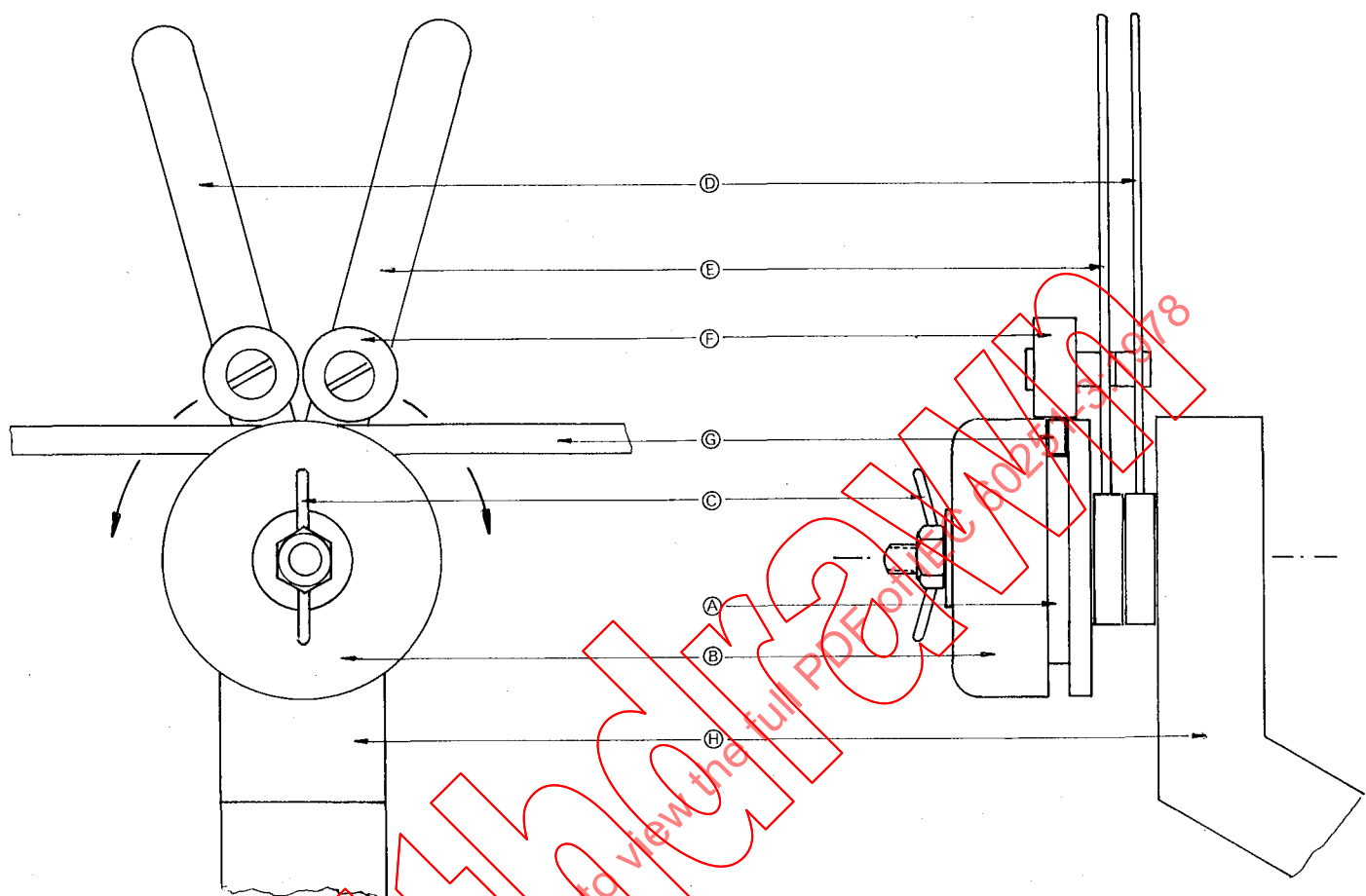
Note. — La figure 1 n'est pas comprise dans cette norme.

Plan of apparatus for springiness test (under consideration).

Note. — Figure 1 is not included in this standard.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-3:1978

Withd 2024



073/78

- Ⓐ Mandrin
- Ⓑ Collier de serrage du mandrin
- Ⓒ Ecrou papillon
- Ⓓ Levier
- Ⓔ Levier
- Ⓕ Roulement à billes
- Ⓖ Eprouvette
- Ⓗ Support

- Ⓐ Mandrel
- Ⓑ Mandrel clamping collar
- Ⓒ Wingnut
- Ⓓ Lever
- Ⓔ Lever
- Ⓕ Ball bearing
- Ⓖ Specimen
- Ⓗ Support

FIG. 2. — Appareil d'essai d'enroulement sur mandrin.
Test apparatus for mandrel winding test.