NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60370

Première édition
First edition
1971-01

Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des vernis isolants par l'abaissement de la rigidité diélectrique

Test procedure for thermal endurance of insulating varnishes – Electric strength method



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60370: 1971

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates
  (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology,* IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60370

Première édition
First edition
1971-01

Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des vernis isolants par l'abaissement de la rigidité diélectrique

Test procedure for thermal endurance of insulating varnishes – Electric strength method

© IEC 1971 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.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE J

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

Articles

1. Introduction 6
2. Eprouvette 8
3. Appareillage d'essai 10
4. Températures et durées de vieillissement 12
5. Mode opératoire 12
6. Calculs 14
7. Procès-verbal d'essai 14

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

Clause

1. Introduction 7
2. Test specimen 9
3. Test apparatus 11
4. Ageing temperatures and times 13
5. Testing procedure 13
6. Calculations 15
7. Report 15

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODE D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA STABILITÉ THERMIQUE DES VERNIS ISOLANTS PAR L'ABAISSEMENT DE LA RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.

4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, du Comité d'Etudes N° 15 de la C E I: Matériaux isolants.

Un premier projet fut discuté lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966 et à Varsovie en 1967. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1968. Des modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1970.

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

Afrique du Sud	Israël
Australie	Italie
Belgique	Japon
Canada	Pays-Bas
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
	Yougoslavie

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TEST PROCEDURE FOR THERMAL ENDURANCE OF INSULATING VARNISHES – ELECTRIC STRENGTH METHOD

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.

4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by Sub-Committee 15B, Endurance Tests, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

A first draft was discussed at the meetings held in Tel Aviv in 1966 and in Warsaw in 1967. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1968. Amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
France
Israel
Italy
Japan
Korea (Republic of)
Netherlands
South Africa
Sweden
Switzerland
Turkey
United States of America
Yugoslavia

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

MÉTHODE D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA STABILITÉ THERMIQUE DES VERNIS ISOLANTS PAR L'ABAISSEMENT DE LA RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

1. Introduction

1.1 *Domaine d'application*

La présente méthode permet de déterminer la stabilité thermique relative des vernis isolants électriques en les recouvrant d'un tissu de verre et en mesurant la rigidité diélectrique avant et après le vieillissement par la chaleur.

1.2 *Objet*

Etablir des indices de température permettant de déterminer l'aptitude à l'emploi des vernis isolants électriques destinés aux systèmes électriques.

1.3 *Généralités*

La présente méthode d'essai détermine la persistance de la rigidité diélectrique du vernis recouvrant un tissu de verre après vieillissement à des températures élevées. Lors de l'évaluation de l'aptitude à l'emploi des vernis isolants destinés au matériel électrique, les propriétés physiques et chimiques, telles que la dureté, le pouvoir agglomérant, la résistance aux solvants et la fluidité thermoplastique, sont également importantes. L'évaluation de ces propriétés n'entre toutefois pas dans le cadre de la présente méthode d'essai. Ces propriétés sont à évaluer séparément, par d'autres méthodes.

La dégradation thermique constitue un facteur important influençant la durée de vie d'un vernis isolant électrique. Après qu'un vernis a été affaibli par la dégradation thermique, des conditions telles que l'humidité et les vibrations sont susceptibles de causer la défaillance du matériel électrique. Un vernis isolant ne protège efficacement le matériel électrique que dans la mesure où il conserve son intégrité physique et électrique.

La dégradation thermique provoque des modifications de certaines propriétés du vernis. Ces modifications peuvent entraîner une perte de masse, l'apparition de porosité, de craquelures, la fragilité et la perte d'autres caractéristiques mécaniques. La dégradation thermique du vernis peut être décelée par une diminution de la rigidité diélectrique. Cette diminution est, par conséquent, prise comme critère de dégradation pour la présente méthode d'essai.

Les vernis isolants électriques sont soumis à la flexion en service, en raison des vibrations et de la dilatation thermique. Par conséquent, un essai fonctionnel peut comprendre la flexion ou l'allongement de l'isolation.

Deux variantes sont recommandées dans cette méthode:

Variante I:

Un système d'électrode courbe destiné à allonger d'environ 2 % la surface extérieure de l'éprouvette vernie. Cette méthode reproduit la flexion à laquelle le vernis peut être soumis en service.

Variante II:

Un système d'électrode plane. Cette méthode n'indique que l'influence de la dégradation thermique. L'éprouvette n'est pas fléchie, (comme dans la variante I), de sorte que les points électriquement faibles qui apparaissent au cours du vieillissement thermique sont déterminés sans subir l'effet d'un allongement mécanique supplémentaire.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TEST PROCEDURE FOR THERMAL ENDURANCE OF INSULATING VARNISHES – ELECTRIC STRENGTH METHOD

1. Introduction

1.1 *Scope*

This procedure covers a method for determining the relative thermal endurance of electrical insulating varnishes by means of coating on glass cloth and measuring electric strength before and after heat ageing.

1.2 *Object*

To establish temperature indices to assist in determining the suitability of electrical insulating varnishes for use in electrical systems.

1.3 *General*

This test method determines the retention of the electric strength of the varnish, coated on glass cloth, after ageing at elevated temperatures. In evaluating the suitability of application of insulating varnishes for electrical equipment, such physical and chemical properties as hardness, bonding strength, solvent resistance and thermoplastic flow are equally important. The evaluation of these properties, however, is not within the scope of this test method. These properties must be evaluated separately by other test procedures.

A major factor affecting the life of an electrical insulating varnish is thermal degradation. After a varnish has been weakened by thermal degradation, conditions such as moisture and vibration can cause failure of electrical equipment. An insulating varnish is effective in protecting electrical equipment only as long as it retains its physical and electrical integrity.

The thermal degradation of the varnish results in changes to some of its properties. These changes may involve weight loss, porosity, crazing, embrittlement and loss of other mechanical characteristics. Thermal degradation of the varnish can be detected by a decrease in electric strength. It is, therefore, used as the failure criterion for this test method.

Electrical insulating varnishes undergo flexing in service due to vibration and thermal expansion. For this reason, a functional test may include flexing or elongation of the insulation.

Two alternative methods are recommended in this procedure:

Alternative I:

A curved electrode system designed to elongate the outer surface of the varnish specimen approximately 2 %. This simulates flexing to which the varnish may be subjected in service.

Alternative II:

A flat electrode system. This method indicates the influence of thermal degradation only. The test specimen is not flexed (as in Alternative I) so that electrically weak points, which develop during thermal ageing, are determined without the effect of additional mechanical elongation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Les résultats des essais effectués par ces deux procédés indiquent si la flexion après vieillissement a affecté la rigidité diélectrique.

Au cours des essais, les éprouvettes sont vieillies dans des étuves à des températures élevées pendant des périodes spécifiées. Les éprouvettes sont ensuite retirées de l'étuve, refroidies et soumises à un essai diélectrique. A chaque température, la durée de vie thermique est déterminée comme le temps de vieillissement nécessaire pour que la rigidité diélectrique s'abaisse à une valeur fixée à l'avance. Cette valeur peut être choisie sur la base des caractéristiques fonctionnelles du vernis pour l'application prévue. La stabilité thermique relative est ensuite représentée par une courbe montrant la température de vieillissement en fonction de la durée de vie thermique.

2. **Eprouvette**

Les éprouvettes sont constituées par des bandes de tissu de verre, à filaments continus, recouvertes de vernis par immersion.

2.1 *Préparation des éprouvettes*

Des bandes sont découpées dans du tissu de verre à filaments continus, ayant une épaisseur comprise entre 0,1 mm et 0,18 mm et une masse surfacique comprise entre 90 g/m^2 et 140 g/m^2, ayant de 20 à 26 fils de chaîne et de 16 à 24 fils de trame au centimètre. (Si le tissu de verre ayant les fils de chaîne et les fils de trame spécifiés n'est pas disponible dans le pays où l'essai est effectué, on utilisera le tissu appartenant à la norme la plus proche du pays.)

(Les dimensions de l'électrode courbe sont prévues pour fournir un allongement approximatif de 2 % de la surface extérieure d'une bande de tissu de verre de 0,1 mm d'épaisseur, enduite jusqu'à une épaisseur totale de 0,175 mm à 0,185 mm. Il faut cependant noter qu'une épaisseur supérieure augmente l'allongement, lequel peut, à son tour, avoir une incidence notable sur les résultats de l'essai de vieillissement.)

Le tissu de verre doit être chauffé pour en enlever les liants. (Une méthode suggérée de nettoyage à la chaleur consiste à chauffer le tissu pendant 24 h à 250 °C et pendant 24 h à 400 °C. Noter qu'un chauffage à une température supérieure à 450 °C risque d'endommager le tissu.)

Chaque bande de tissu de verre doit mesurer 15 cm × 30 cm, le bord de 30 cm étant parallèle aux fils de chaîne.

Chaque bande doit être fixée et maintenue sur un cadre approprié.

(Ce cadre est fabriqué au moyen d'un fil résistant à la corrosion, de 1 m de long et de 1,7 mm de diamètre environ, plié de façon à former un rectangle de dimensions intérieures égales à 15 cm × 30 cm. Les extrémités du fil peuvent se chevaucher d'environ 5 cm à l'un des coins et être attachées l'une à l'autre.)

Un jeu de douze éprouvettes ou plus est nécessaire pour chaque température de vieillissement.

Un châssis approprié est utilisé pour maintenir verticalement les cadres des éprouvettes dans l'étuve, en les séparant de 2,5 cm au minimum.

2.2 *Immersion dans le vernis*

Les éprouvettes sont préparées en immergeant dans le vernis les bandes de tissu de verre, fixées à leur support. Les échantillons sont préparés à l'atmosphère ambiante ou, de préférence, à 23 ± 2 °C et à 50 ± 5 % d'humidité relative.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Results of tests using both methods give an indication of whether flexing after ageing has an essential effect on electric strength.

In the test procedure, specimens are aged in ovens at elevated temperatures for specified periods. The specimens are then removed from the oven, cooled and tested for electric strength. At each temperature the thermal life is determined as the ageing time necessary for the electric strength to decrease to a pre-selected value. This value may be selected on the basis of some functional characteristic of the varnish for the intended application. The relative thermal endurance is then determined as a curve showing the relationship between ageing temperature and thermal life.

2. Test specimen

Test specimens shall consist of panels of continuous filament, woven glass cloth coated with varnish by dipping.

2.1 *Specimen preparation*

The glass cloth panels shall be cut from continuous filament, woven glass 0.1 mm to 0.18 mm thick with a weight per unit area of 90 g/m² to 140 g/m² and with 20 to 26 ends and 16 to 24 picks per centimetre. (Where glass cloth having the specified picks and ends is not available in the country making the test, the nearest standard cloth of that country shall be used.)

(The dimensions of the curved electrode were designed to give an approximate 2 % elongation to the outer surface of a 0.1 mm thick glass cloth coated to 0.175 mm to 0.185 mm total thickness. It should be noted, therefore, that greater thicknesses will increase the elongation which, in turn, may significantly affect the ageing results.)

The glass cloth shall be heat cleaned to remove binders. (A suggested heat cleaning procedure consists of heating the cloth 24 h at 250 °C and 24 h at 400 °C. Caution: heating above 450 °C may damage the cloth.)

Each panel of glass cloth shall be 15 cm × 30 cm with the 30 cm dimension parallel to the warp threads of the cloth.

Each panel shall be mounted and fastened in a suitable specimen-holding frame.

(Such a frame is made by using a 1 m length of corrosion-resistant wire approximately 1.7 mm in diameter bent to form a rectangle having inside dimensions of 15 cm × 30 cm. The ends of the wire may overlap about 5 cm at one corner and be fastened together.)

A set of twelve or more panels is required for each ageing temperature.

A suitable fixture shall be used for holding the specimen frames in the oven in a vertical position with a minimum spacing of 2.5 cm.

2.2 *Varnish dipping*

Test specimens shall be prepared by dipping the mounted glass cloth panels in the varnish. Specimens shall be prepared at room atmosphere or preferably at 23 ± 2 °C and 50 ± 5 % relative humidity (RH.)

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

La consistance du vernis est réglée par tâtonnement, de façon que deux revêtements ou plus donnent un accroissement global de 0,08 ± 0,005 mm de l'épaisseur du tissu. La bande est immergée dans le vernis dans le sens de la longueur de 30 cm jusqu'à ce que les bulles cessent de se produire. Elle est retirée par des moyens mécaniques à un rythme uniforme de 10 cm/min et mise à sécher pendant $\frac{1}{2}$ h.

Les éprouvettes sont retournées entre les immersions consécutives, de manière à assurer une couche plus uniforme. Elles sont cuites dans la position verticale qu'elles avaient lors de la dernière immersion. Après chaque immersion, les éprouvettes sont cuites à la température et pendant la durée spécifiées par le fabricant.

2.3 *Appareil de mesure*

L'épaisseur est mesurée au moyen d'un micromètre du type à vis ayant des surfaces d'enclume et de broche de 6 mm à 8 mm de diamètre et un mécanisme de vérification de la pression. En général, la pression doit être de 10 N.

La moyenne des cinq mesures constitue l'épaisseur moyenne de l'éprouvette.

Le micromètre doit être étalonné périodiquement et sa précision doit être de 3 μm.

3. Appareillage d'essai

3.1 *Appareillage d'essai à électrode courbe – variante I*

L'appareillage doit être conforme aux dimensions indiquées à la figure 1, page 18. Les électrodes doivent être en laiton poli. L'électrode supérieure (mobile) doit avoir une masse totale de 1,8 kg. Des dispositions doivent être prises pour permettre un mouvement suffisant de l'électrode supérieure ou de l'électrode inférieure, de façon à assurer un contact étroit entre l'échantillon et les deux électrodes. Cela peut être réalisé en plaçant un coussinet de caoutchouc doux sous l'électrode inférieure.

3.2 *Appareillage d'essai à électrode plane – variante II*

Les électrodes consistent en des tiges de laiton, de 6 mm de diamètre, situées face à face et dont les arêtes sont arrondies suivant un rayon de 1,0 mm. Les faces des électrodes doivent être lisses, planes et parallèles et les électrodes doivent être exactement l'une en face de l'autre. La masse totale de l'électrode supérieure (mobile) doit être de 50 ± 2 g. Tout dispositif de fixation ou de guidage approprié répondant aux présentes prescriptions est satisfaisant.

3.3 *Appareillage pour l'essai de rigidité diélectrique*

L'appareillage pour l'essai de rigidité diélectrique doit être conforme à la Publication 243 de la CEI : Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.

3.4 *Etuves de vieillissement*

Les étuves à circulation d'air doivent être telles que les températures puissent être vérifiées conformément aux tolérances spécifiées dans la Publication 212 de la CEI : Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

The consistency of the varnish shall be adjusted by trial so that two or more coats will give an overall increase in thickness of 0.08 ± 0.005 mm over the cloth thickness. The panel shall be immersed in the varnish in the direction of the 30 cm length until bubbling stops. It shall be mechanically withdrawn at a uniform rate of 10 cm/min, and allowed to drain for $\frac{1}{2}$ h.

Specimens shall be reversed endwise between subsequent dips to provide a more uniform coat. After each dip, the specimens shall be baked in the same vertical position as the last dip and at the temperature and time specified by the varnish manufacturer.

2.3 *Measuring apparatus*

The thickness shall be measured with a screw-type micrometer, having anvil and spindle surfaces of 6 mm to 8 mm in diameter and a mechanism for controlling the force between the anvil and spindle surfaces. In general, the force shall be 10 N.

The average of the five measurements shall constitute the average thickness of the specimen.

The micrometer shall be calibrated periodically; its accuracy shall be within 3 μm.

3. Test apparatus

3.1 *Alternative I – Curved electrode test fixture*

The fixture shall be in accordance with the dimensions shown in Figure 1, page 18. The electrodes should be of polished brass. The upper (movable) electrode shall have a total mass of 1.8 kg. Provisions shall be made to allow sufficient movement of the upper electrode or lower electrode so that intimate contact between the specimen and both electrodes is assured. This may be done by placing a soft rubber pad under the lower electrode.

3.2 *Alternative II – Flat electrode test fixture*

The electrodes shall consist of opposing cylindrical brass rods 6 mm in diameter with edges rounded to a radius of 1.0 mm ($\frac{1}{32}$ in). The electrode faces shall be smooth, flat and parallel and the electrodes shall be held exactly opposite one another. The upper (movable) electrode shall have a total mass of 50 ± 2 g. Any suitable holding and guiding arrangement meeting these requirements will be satisfactory.

3.3 *Electric strength test set*

The electric strength test set shall be in accordance with IEC Publication 243, Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.

3.4 *Ageing ovens*

The air-circulating ovens shall be such that the temperatures may be controlled within the range of tolerances specified in IEC Publication 212, Standard Conditions for Use Prior to and During the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4. Températures et durées de vieillissement

Les éprouvettes sont vieillies à trois températures de vieillissement au moins et, de préférence, à plus, couvrant une plage de températures suffisante pour établir la stabilité thermique relative. Ces températures de vieillissement doivent différer d'au moins 20 deg C. La température de vieillissement la plus basse doit permettre une durée de vie thermique d'au moins 5000 h. On ne doit pas utiliser une température de vieillissement abaissant la durée de vie thermique au-dessous de 100 h.

Afin de réduire les erreurs en extrapolant les résultats de stabilité thermique en vue d'obtenir une classification des températures, il convient de choisir la température de vieillissement la plus basse, de façon à éviter une extrapolation dépassant 20 deg C.

Consulter également, pour un guide dans le choix des températures de vieillissement, l'article 7 de la Publication 216 de la CEI : Guide pour la préparation des méthodes d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des matériaux isolants électriques.

5. Mode opératoire

5.1 *Epaisseur de l'éprouvette*

L'épaisseur initiale moyenne de chaque éprouvette est mesurée en cinq points avant que l'éprouvette soit soumise au vieillissement thermique. L'épaisseur doit être déterminée le long de l'axe de l'éprouvette parallèle à sa longueur de 30 cm, au moyen de l'appareil décrit au paragraphe 2.3.

5.2 *Tension de rigidité diélectrique initiale*

Une éprouvette, prise dans chaque jeu, est conditionnée pendant 4 h au moins à 23 ± 2 °C et à 50 ± 5 % d'humidité relative et soumise ensuite à l'essai pour la détermination de la rigidité diélectrique de courte durée décrit au paragraphe 7.1 de la Publication 243 de la CEI, en utilisant toutefois un taux d'accroissement de 500 Vs^{-1}. Six mesures de rigidité diélectrique sont effectuées à des intervalles de 4,5 cm en commençant à 4 cm d'une extrémité de l'éprouvette. Dans la variante I, l'éprouvette est insérée dans l'appareil d'essai à électrode courbe de façon que les fils de chaîne soient pliés. Dans chaque variante, l'électrode est abaissée lentement, en prenant soin d'éviter tout dommage à l'éprouvette.

5.3 *Vieillissement et essai de l'éprouvette*

Cinq éprouvettes sont repérées au moyen d'une feuille en aluminium ou identifiées de façon permanente par un autre moyen et placées dans le cadre à éprouvettes décrit au paragraphe 2.1. Le châssis contenant les cadres à éprouvettes est alors placé dans l'étuve de vieillissement et disposé de façon qu'il se trouve à 10 cm au moins des parois en tous points et les éprouvettes sont maintenues parallèles à la direction du débit d'air. Une éprouvette est retirée à chacun des trois intervalles de temps de vieillissement égal à 25 %, 50 % et 100 % environ de la durée de vie thermique estimée, à la température de vieillissement choisie. Après enlèvement, les éprouvettes sont conditionnées pendant au moins 4 h à 23 ± 2 °C et à 50 ± 5% d'humidité relative, puis soumises à l'essai de rigidité diélectrique suivant la variante I ou la variante II.

Au moment où l'on atteint 50 % de la durée de vie thermique estimée, cinq autres éprouvettes sont identifiées et placées dans l'étuve. De même, à 75 % de la durée de vie thermique, les éprouvettes restantes sont également placées dans l'étuve. Indiquer sur un papier graphique approprié la rigidité diélectrique moyenne de chaque éprouvette en ordonnées et la durée de vieillissement en abscisses. Si la durée de vie thermique a été sous-estimée, une éprouvette du premier groupe restée dans l'étuve est enlevée à 150% de la durée de vie thermique approximative et essayée. Les informations étant maintenant disponibles en ce qui concerne les éprouvettes vieillies, chacune des éprouvettes restantes est retirée, à intervalles choisis, de façon à établir une courbe de la rigidité diélectrique par rapport à la durée d'exposition.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

4. Ageing temperatures and times

The specimens shall be aged at not less than three, and preferably more, ageing temperatures covering a sufficient temperature range to establish the relative thermal endurance. The ageing temperatures shall differ by at least 20 deg C. The lowest ageing temperature shall give a thermal life of at least 5000 h. An ageing temperature giving a thermal life of less than 100 h should not be used.

To reduce the error in extrapolating thermal endurance data to obtain the temperature index, the lowest ageing temperature should be chosen so that an extrapolation exceeding 20 deg C should not be necessary.

See also IEC Publication 216, Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulating Materials, Clause 7, for a guide to selecting ageing temperatures.

5. Testing procedure

5.1 *Specimen thickness*

The average initial thickness of each specimen shall be measured at five points before heat ageing. The thickness shall be determined along the centre of the specimen parallel to its 30 cm length, using the apparatus described in Sub-clause 2.3.

5.2 *Initial electric strength voltage*

One specimen from each set of specimens shall be conditioned for at least 4 h at 23 ± 2 °C and 50 ± 5% RH and then tested for electric strength by the short-time test according to IEC Publication 243, Sub-clause 7.1 except that a rate of rise of 500 Vs^{-1} shall be used. Six electric strength measurements shall be made 4.5 cm apart starting 4 cm from one end of the specimen. In Alternative I, the specimen shall be inserted in the curved electrode fixture so that the warp threads are bent. In each alternative, the electrode is lowered slowly taking care to avoid injury to the specimen.

5.3 *Ageing and specimen testing*

Five specimens shall be tagged with aluminium foil or otherwise permanently identified and placed in the specimen holding frames described in Sub-clause 2.1. The fixture containing the specimen frames shall then be placed in the ageing oven and positioned so that it is at least 10 cm from the walls at any point and the specimens are held parallel to the direction of the air flow. One specimen shall be removed at the end of each of three ageing times equal to 25 %, 50 % and 100 % of the estimated thermal life at the selected ageing temperature. After removal, the specimens shall be conditioned for at least 4 h at 23 ± 2 °C and 50 ± 5 % RH and then subjected to the electric strength test according to Alternative I or Alternative II.

At the time of 50 % of estimated thermal life, five additional specimens shall be tagged and placed in the oven. Similarly, at the time of 75 % of thermal life, the remaining specimens shall be placed in the oven. Plot on suitable graph paper the average electric strength of each specimen as the ordinate, corresponding to the ageing time as the abscissa. If the thermal life has been underestimated, one specimen of the first group remaining in the oven shall be removed at 150 % of the estimated thermal life and tested. With information now available on aged specimens, each of the remaining specimens shall be removed at chosen intervals so as to establish a curve of electric strength versus exposure time.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Il peut être nécessaire de remplir les espaces entre les points établis ou de les dépasser. Cette méthode assure que le nombre d'éprouvettes disponibles est suffisant pour terminer le processus de vieillissement. Le vieillissement est poursuivi jusqu'à ce qu'une tension disruptive, égale aux $\frac{2}{3}$ de la tension critique spécifiée, soit atteinte, ou que la durée de vieillissement ait progressé d'au moins 6000 h. Si la durée de vie thermique dépasse 5000 h à certaines températures de vieillissement, la limite de temps supérieure doit être augmentée d'autant.

6. Calculs

6.1 *Critères de rigidité diélectrique*

Un critère de 120 kV/cm est recommandé pour déterminer la fin de vie. Le choix de ce critère est arbitraire et basé sur l'expérience, qui a montré que cette valeur correspond à celle de la durée de vie en service. Comme il est indiqué au paragraphe 5.3, il est souhaitable de continuer l'essai au-delà du critère choisi, de façon que ce dernier soit mieux défini.

Etablir, pour chaque température, la courbe de la rigidité diélectrique moyenne en fonction de la durée de vieillissement, en heures. Indiquer également les limites de confiance pour 95 %. Déterminer, à partir de cette courbe, le nombre d'heures de vieillissement correspondant à 120 kV/cm (fondé sur l'épaisseur initiale moyenne) et appeler ceci la durée de vie thermique.

Sur accord particulier, d'autres critères de fin de vie peuvent être choisis, par exemple un pourcentage de la rigidité diélectrique moyenne de l'éprouvette originale non vieillie.

6.2 *Stabilité thermique relative*

Représenter la durée de vie thermique en heures, pour chaque température de vieillissement sur du papier graphique avec, en ordonnées, une échelle de temps logarithmique et, en abscisses, la réciproque de la température absolue, ainsi que le suggère la Publication 216 de la CEI.

Dans de nombreux cas, la courbe représentée sera très proche d'une ligne droite. Tracer une ligne droite en utilisant l'analyse par régression pour représenter la durée de vie thermique du matériau en fonction de la température.

La durée de vie thermique est déterminée à partir de la courbe comme le nombre d'heures de vieillissement correspondant à une rigidité diélectrique de 120 kV/cm, fondé sur l'épaisseur initiale moyenne.

7. Procès-verbal d'essai

7.1 *Informations à consigner*

Le procès-verbal des résultats de la présente méthode d'essai doit comprendre les informations suivantes:

a) Description du vernis, type, fabricant, propriétés physiques, etc.

b) Spécification de la masse surfacique, de la texture (fils de chaîne et fils de trame au centimètre) et de l'épaisseur du tissu de verre utilisé.

c) Système d'électrode (variante I ou variante II) utilisé pour l'essai.

d) Traitement spécial des éprouvettes, s'il y a lieu. Nombre d'immersions nécessaire pour obtenir un revêtement correct.

e) Durée de traitement et température utilisée pour la préparation des éprouvettes.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

This may require filling in between established points or extending beyond if necessary. This procedure assures that sufficient specimens are available to complete the ageing process. The ageing shall be continued until a breakdown voltage of $\frac{2}{3}$ of the specified end-point voltage is reached, or until the ageing time has progressed not less than 6000 h. If a thermal life of more than 5000 h is estimated at certain ageing temperatures, the upper time limit shall be extended accordingly.

6. Calculations

6.1 *Electric strength end points*

An end point of 120 kV/cm* is recommended as the failure criterion. The selection of this end point is arbitrary and based upon experience showing that this value correlates with actual service life. As described in Sub-clause 5.3, it is desirable to continue the test beyond the end point selected so that it may be better defined.

Establish, for each temperature, the curve of the mean electric strength as a function of the duration of ageing in hours. 95% confidence limits should also be shown. Determine from this curve the number of hours of ageing corresponding to 120 kV/cm (based on the initial average thickness) and call this the thermal life.

When agreed upon, other end points, such as a percentage of the initial average unaged electric strength, may also be used.

6.2 *Relative thermal endurance*

Plot the thermal life in hours at each ageing temperature on graph paper having a logarithmic time scale as the ordinate and the reciprocal of absolute temperature as the abscissa, as suggested in IEC Publication 216.

In many cases, the plot on this paper will closely approximate a straight line. Draw a straight line by the use of regression analysis to represent thermal life of the material as a function of temperature.

The thermal life is determined from this curve as the number of hours of ageing corresponding to an electric strength of 120 kV/cm based on the initial average thickness.

7. Report

7.1 *Reporting data*

The report of the results of this test procedure should include the following information:

a) Description of the varnish, type, manufacturer, physical properties, etc.

b) Specify weight per unit area, construction (ends and picks per centimetre) and thickness of glass cloth used.

c) The electrode system (Alternative I or Alternative II) used in the testing.

d) Special treatment of samples, if any. Number of dips necessary to obtain proper build.

e) Curing time and temperature used to prepare specimens.

---

* 120 kV/cm = 300 V/mil.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

f) Epaisseur disruptive initiale moyenne des éprouvettes.

g) Rigidité diélectrique initiale moyenne.

h) Rigidité diélectrique moyenne pour chaque période de vieillissement en température.

i) Diagramme de la rigidité diélectrique moyenne et ses limites de confiance pour une probabilité de 95 % en fonction de la durée d'exposition, en heures, avec indication de la durée de vie, en heures, au point de la courbe correspondant à 120 kV/cm. Si un autre critère de fin de vie a été choisi, il doit être indiqué ainsi que la durée de vie thermique correspondante.

j) Diagramme de la stabilité thermique relative, sur échelle logarithmique, par rapport à la réciproque de la température absolue.

k) Le critère de fin de vie et l'indice de température seront déterminés conformément à la Publication 216 de la CEI.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

f) Average initial disruptive thickness of the specimens.

g) Average initial electric strength.

h) Average electric strength for each ageing period.

i) A graph of the mean electric strength and its confidence limits for a probability of 95 % as a function of exposure time in hours, with indication of the end point in hours, at the point of the curve corresponding to 120 kV/cm. If another end point has been chosen, this should be shown together with the corresponding thermal life.

j) A graph of the relative thermal endurance on a logarithmic time scale as a function of the reciprocal of the absolute temperature.

k) End-point criteria, and temperature index shall be determined according to IEC Publication 216.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Méthode I: Electrode courbe, endurance thermique des vernis.

Method I: Curved electrode, thermal endurance of varnish.

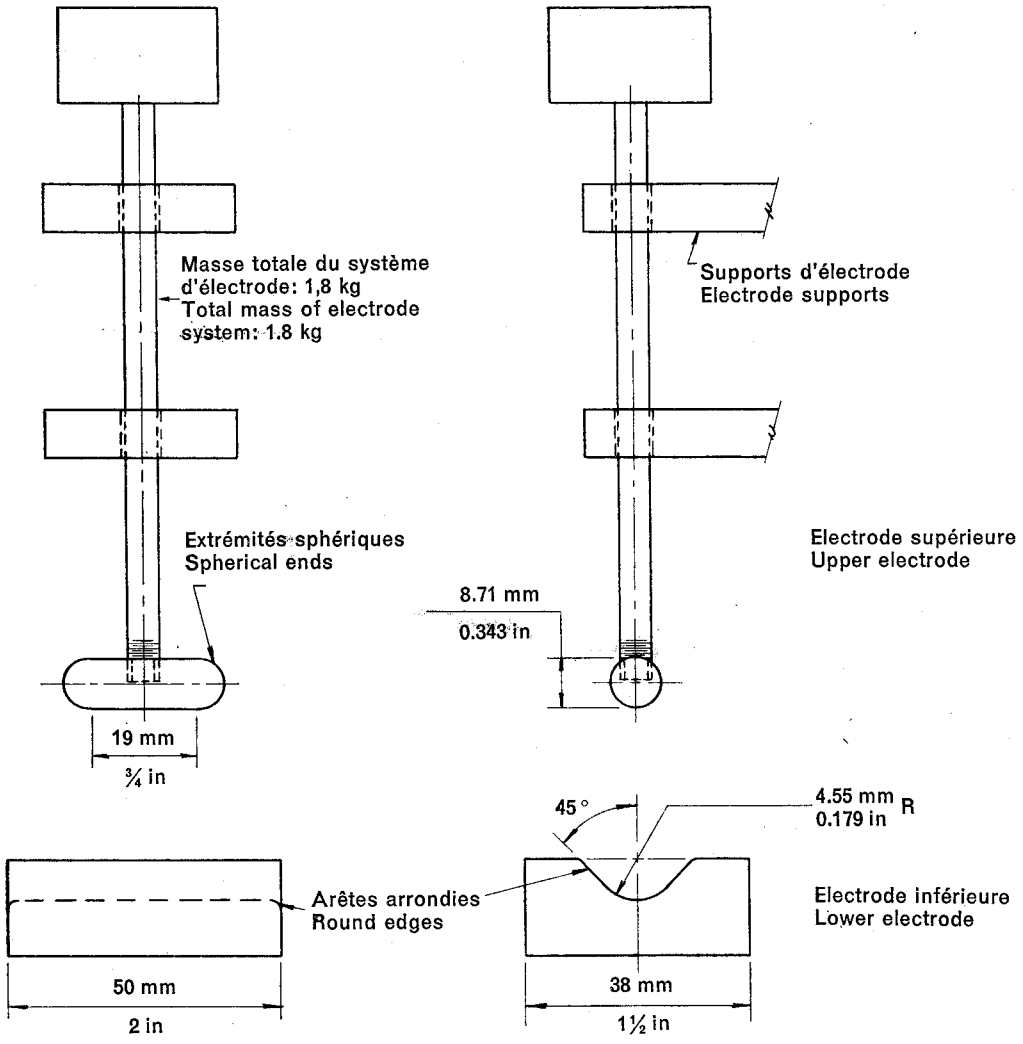

FIG. 1. — Matériau des électrodes: laiton.
Electrode material: brass.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ICS 17.220.99 ; 29.035.01

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale