

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

**Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established wire-wound EIS**

**Systèmes d'isolation électriques – Evaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique éprouvé à enroulements à fil**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61858

Edition 3.0 2008-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established wire-wound EIS**

**Systèmes d'isolation électriques – Evaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique éprouvé à enroulements à fil**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

R

---

ICS 29.080.30

ISBN 2-8318-9946-X

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	7
4 General considerations.....	8
5 Evaluation of the change of thickness of an EIM.....	10
5.1 Samples .....	10
5.2 Acceptance .....	10
6 Substitution of winding wire .....	10
6.1 General.....	10
6.2 Substitution of enamel.....	10
6.3 Substitution of conductor material .....	10
6.4 Alternate winding wire .....	10
7 Substitution of impregnating resin/varnish .....	11
7.1 Thermal class determination.....	11
7.2 Evaluation .....	11
7.2.1 Thermal classes equal or better.....	11
7.2.2 One thermal class lower .....	11
7.2.3 Other criteria .....	11
8 Substitution with other EIM.....	11
8.1 Technically equivalent materials.....	11
8.2 Previous evaluation.....	12
8.3 Other.....	12
9 Evaluation of additions .....	12
9.1 Addition of an impregnating resin/varnish .....	12
9.2 Addition of other components .....	12
10 Single-point thermal ageing test .....	12
10.1 Test objects.....	12
10.2 Establishing the EIS relative thermal endurance index (EIS RTE).....	12
10.3 Interpretation of results .....	13
Annex A (normative) Classes of winding wire.....	14
Annex B (normative) Compatibility test procedure.....	15
Bibliography.....	18
Figure 1 – Overview of evaluation methods.....	9
Table 1 – Thermal ageing test methods for resin/varnishes.....	11
Table A.1 – Winding wire types.....	14

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS –  
THERMAL EVALUATION OF MODIFICATIONS TO  
AN ESTABLISHED WIRE-WOUND EIS**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61858 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2004 by IEC TC 98: Electrical insulation systems (EIS). It constitutes an editorial revision.

The text of this standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
112/90/CDV	112/98/RVC

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## INTRODUCTION

This International Standard describes procedures for the evaluation of changes to an established electrical insulation system (EIS) for wire-wound electrotechnical devices and the effect of these changes on the thermal classification of the established EIS.

General principles for evaluation and qualification of EIS can be found in IEC 60505. Unless the procedures of this standard indicate otherwise, the principles of IEC 60505 should be followed.

The thermal classification of an EIS is established either by known service life, in accordance with IEC 60505, or evaluated in accordance with IEC 61857 (all parts).

# ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS – THERMAL EVALUATION OF MODIFICATIONS TO AN ESTABLISHED WIRE-WOUND EIS

## 1 Scope

This International Standard lists the required test procedures for qualification of modifications of an established electrical insulation system (EIS) with respect to its thermal classification. This standard is applicable to EIS used in wire-wound electrotechnical devices. The test procedures are comparative in that the performance of a candidate EIS is compared to that of a reference EIS, which has proven service experience in accordance with IEC 60505 or has been evaluated by one of the procedures given in the IEC 61857 series.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60172, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material*

IEC 60317-3, *Specifications for particular types of winding wires – Part 3: Polyester enamelled round aluminium wire, class 155*

IEC 60317-4, *Specifications for particular types of winding wires – Part 4: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 130*

IEC 60317-7, *Specifications for particular types of winding wires – Part 7: Polyimide enamelled round copper wire, class 220*

IEC 60317-8, *Specifications for particular types of winding wires – Part 8: Polyesterimide enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60317-13, *Specifications for particular types of winding wires – Part 13: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60317-15, *Specifications for particular types of winding wires – Part 15: Polyesterimide enamelled round aluminium wire, class 180*

IEC 60317-16, *Specifications for particular types of winding wires – Part 16: Polyester enamelled rectangular copper wire, class 155*

IEC 60317-19, *Specifications for particular types of winding wires – Part 19: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, overcoated with polyamide, class 130*



IEC 60317-20, *Specifications for particular types of winding wires – Part 20: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 155*

IEC 60317-21, *Specifications for particular types of winding wires – Part 21: Solderable polyurethane enamelled round copper wire overcoated with polyamide, class 155*

IEC 60317-22, *Specifications for particular types of winding wires – Part 22: Polyester or polyesterimide enamelled round copper wire overcoated with polyamide, class 180*

IEC 60317-23, *Specifications for particular types of winding wires – Part 23: Solderable polyesterimide enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60317-25, *Specifications for particular types of winding wires – Part 25: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round aluminium wire, class 200*

IEC 60317-29, *Specifications for particular types of winding wires – Part 29: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled rectangular copper wire, class 200*

IEC 60317-30, *Specifications for particular types of winding wires – Part 30: Polyimide enamelled rectangular copper wire, class 220*

IEC 60317-34, *Specifications for particular types of winding wires – Part 34: Polyester enamelled round copper wire, class 130 L*

IEC 60317-42, *Specifications for particular types of winding wires – Part 42: Polyester-amide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60317-46, *Specifications for particular types of winding wires – Part 46: Aromatic polyimide enamelled round copper wire, class 240*

IEC 60317-47, *Specifications for particular types of winding wires – Part 47: Aromatic polyimide enamelled rectangular copper wire, class 240*

IEC 60317-51, *Specifications for particular types of winding wires – Part 51: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60505, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

IEC 61033, *Test methods for the determination of bond strength of impregnating agents to an enamelled wire substrate*

IEC 61857 (all parts), *Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation*

IEC 61857-1, *Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 1: General requirements – Low voltage*

### **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

#### **3.1 electrical insulation system EIS**

insulating structure containing one or more electrical insulating materials (EIM) together with associated conducting parts employed in an electrotechnical device

**3.2**  
**electrical insulating material**  
**EIM**

material with negligibly low electric conductivity, used to separate conducting parts at different electrical potentials

**3.3**  
**candidate EIS**

EIS under evaluation to determine its service capability (thermal)

**3.4**  
**reference EIS**

established EIS evaluated on the basis of either a known service experience record or a known comparative functional evaluation

**3.5**  
**EIS assessed thermal endurance index**  
**EIS ATE**

numerical value of temperature in degrees Celsius for the reference EIS as derived from known service experience or a known comparative functional evaluation

**3.6**  
**EIS relative thermal endurance index**  
**EIS RTE**

numerical value of the temperature in degrees Celsius of the candidate EIS which is relative to the known EIS ATE of a reference EIS, when both EIS are subjected to the same ageing and diagnostic procedures in a comparative test

## **4 General considerations**

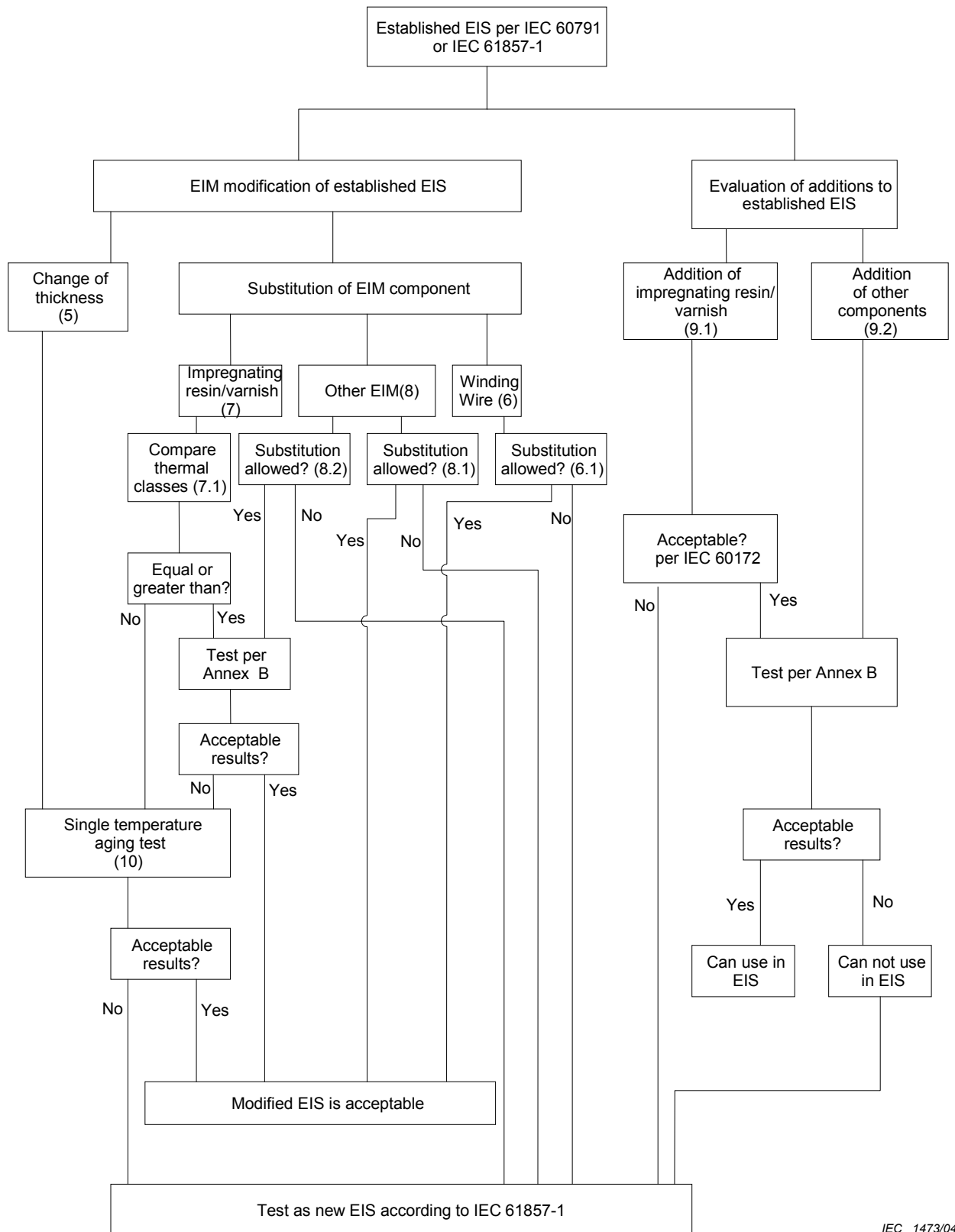
This standard provides relatively low cost and short-time methods by which the user can make modifications to an established EIS by evaluating

- a) the impact on the thermal life of the EIS if the thickness of an EIM is changed,
- b) the compatibility, under thermal stress, of a substituted EIM,
- c) the compatibility, under thermal stress, of other components used in intimate contact with an established EIS.

EIM having different temperature indices (ATE/RTE) according to IEC 60216-5, may be combined to form an EIS having a thermal class that may be higher or lower than that of any of the individual components according to IEC 60505.

There may be more than one EIS in a particular apparatus. These EIS may have different thermal classes.

The following overview (Figure 1) is a flow chart for guidance in selecting the proper clauses for evaluation.



IEC 1473/04

Figure 1 – Overview of evaluation methods

## **5 Evaluation of the change of thickness of an EIM**

### **5.1 Samples**

Representative samples of the established EIS (the reference EIS) and of the EIS with reduced EIM thickness(es) (the candidate EIS) shall be evaluated in accordance with Clause 10.

### **5.2 Acceptance**

A candidate EIS that meets the acceptance criteria according to Clause 10 shall be assigned the same thermal class as the established EIS.

If the results of the candidate EIS testing are outside the acceptance criteria according to Clause 10, then full thermal ageing in accordance with IEC 61857-1 shall be conducted in order to establish its thermal class.

NOTE Full thermal ageing may be accomplished by testing at additional temperatures, according to IEC 61857-1.

## **6 Substitution of winding wire**

### **6.1 General**

Substitution of a winding wire evaluated in the established EIS can be made without additional testing when one or more of the following conditions have been met:

- a) the winding wire conforms to an IEC 60317 specification having the same chemical composition, according to the Annex A groupings, as the winding wire evaluated in the established EIS but is of a different size or shape;
- b) the winding wire conforms to an IEC 60317 specification having the same chemical composition, according to the Annex A groupings, as the winding wire evaluated in the established EIS and has an equal or higher thermal class;
- c) the winding wire is a bare conductor insulated with one of the EIM evaluated as part of the established EIS in accordance with IEC 61857-1. The thickness to be used shall be such that the electrical stress per unit thickness is not greater than the stress to which the EIM was subjected during the ageing test.

NOTE For substitution of an alternate EIM, refer to Clause 8.

### **6.2 Substitution of enamel**

For chemical composition substitution criteria, refer to Annex A.

### **6.3 Substitution of conductor material**

An established EIS, which has been evaluated with copper as the conductor, may use either copper or aluminium conductor.

An established EIS, which has been evaluated with aluminium as the conductor, may use either aluminium or copper conductor, provided the thermal performance of the substitute winding wire has been established to be equal to or better than the winding wire evaluated.

### **6.4 Alternate winding wire**

Winding wires that do not meet the criteria in 6.1 or 6.2 shall be evaluated in accordance with IEC 61857-1.

Examples would include either bondable winding wire, conductor insulated with an EIM not included in the established EIS, or lead wire used as an alternate winding wire.

## 7 Substitution of impregnating resin/varnish

### 7.1 Thermal class determination

The thermal classes of both the candidate resin/varnish and the resin/varnish used in the established EIS shall be determined by comparison of the manufacturer's thermal ageing data using the test methods in Table 1. Both tests shall be conducted.

**Table 1 – Thermal ageing test methods for resin/varnishes**

Test method	IEC designation
Twisted pair	IEC 60172 specifying the specific resin/varnish winding wire combination
Helical coil	IEC 61033 specifying the specific resin/varnish winding wire combination. Use 22 N as the value which specifies the end of life at each ageing temperature. A minimum of three ageing temperatures; the average life at the highest ageing temperature being a minimum of 100 h and the average life at the lowest ageing temperature being a minimum of 5 000 h. The temperature index value is defined as the temperature intercept for the time of 20 000 h. The helical-coil thermal class assigned to the resin/varnish winding wire combination shall be equal to or less than the temperature index (see IEC 60085:2007, Table 1, Thermal class assignment).

### 7.2 Evaluation

#### 7.2.1 Thermal classes equal or better

When both thermal classes of the candidate impregnating resin/varnish (twisted pair and helical coil) are equal to or higher than the thermal classes of the impregnating resin/varnish in the established EIS, then substitution is allowed:

- based on acceptable results when tested for compatibility using the procedure from Annex B, or
- based on acceptable results when tested according to Clause 10.

#### 7.2.2 One thermal class lower

If one or both of the thermal classes of the candidate impregnating resin/varnish (twisted pair and/or helical coil) are no more than one thermal class lower than the thermal classes of the impregnating resin/varnish of the established EIS, then substitution is allowed based on acceptable results when tested in accordance with Clause 10.

NOTE If the established EIS has received its thermal class rating without the inclusion of an impregnating resin/varnish, refer to 9.1 for addition of an impregnating resin/varnish.

#### 7.2.3 Other criteria

A resin/varnish not meeting the above criteria shall be evaluated according to IEC 61857-1.

## 8 Substitution with other EIM

### 8.1 Technically equivalent materials

Substitution with EIM, which have an identical chemical composition, is acceptable with no additional testing. Substitution or addition of select additives in an EIM may be allowed with reduced or no additional testing (if agreed upon by all interested parties).

## 8.2 Previous evaluation

An EIM evaluated as part of the established EIS, used in combination with another EIM or other component, may be used based upon acceptable results when tested for compatibility according to Annex B. The thickness of the EIM shall not be less than that which was evaluated in the established EIS.

## 8.3 Other

Substitution with or addition of any other EIM shall require full thermal evaluation per IEC 61857-1.

## 9 Evaluation of additions

### 9.1 Addition of an impregnating resin/varnish

An impregnating resin/varnish may be added to an established unvarnished EIS if the following conditions are met:

- a) the impregnating resin/varnish shall be evaluated with the specific winding wire according to IEC 60172 and the resultant thermal class shall be not more than one thermal class below that of the unvarnished winding wire;
- b) the candidate impregnating resin/varnish shall meet the criteria of 9.2.

### 9.2 Addition of other components

Other components that are to be used in conjunction with an established EIS shall be allowed based on acceptable results when tested for compatibility using the procedure from Annex B.

NOTE Such materials are typically used for mechanical, heat transfer, decoration, or other non-electrically stressed functions.

## 10 Single-point thermal ageing test

### 10.1 Test objects

Representative test objects of the established EIS (reference EIS) and the candidate EIS shall be constructed and tested in accordance with IEC 61857-1 with the following exceptions:

- a) the reference and candidate EIS shall be concurrently tested at the same temperature;
- b) the ageing temperature should be selected from the full thermal ageing programme of the established EIS to give an expected test life of between 1 000 h to 2 000 h;
- c) when an EIM, evaluated in the established EIS with multiple EIM, is no longer available, the reference test objects shall be constructed with all remaining materials.

### 10.2 Establishing the EIS relative thermal endurance index (EIS RTE)

The EIS RTE of the candidate EIS shall be established by comparing the original regression slope of the reference EIS with the time–temperature data point for the candidate EIS (refer to IEC 61857-1, Figure 1). The comparison shall be made using the correlation time established according to:

Correlation time

$$t_x = t_R \times e^{\left( \frac{M}{T_R + 273,15} - \frac{M}{T_A + 273,15} \right)}$$

EIS RTE of the candidate EIS

$$T_C = \left( \frac{M}{\ln \left( \frac{t_x}{t_c} \right) + \frac{M}{T_A + 273,15}} \right) - 273,15$$

where

$M$  is the slope of the reference EIS regression equation;

$T_R$  is the EIS ATE of the reference EIS, in degrees Celsius (°C);

$T_A$  is the ageing temperature in degrees Celsius (°C);

$T_C$  is the EIS RTE of the candidate system in degrees Celsius (°C);

$t_R$  is the life of the reference EIS in hours (h);

$t_C$  is the life of the candidate EIS in hours (h);

$t_x$  is the correlation time in hours (h).

### 10.3 Interpretation of results

The candidate EIS shall be assigned the same thermal class rating as the reference EIS if the EIS RTE value, derived in 10.2, is within  $\pm 5$  K of the EIS ATE value of the reference EIS. If the EIS RTE value of the candidate EIS is not within  $\pm 5$  K of the EIS ATE value of the reference EIS, no thermal class rating shall be assigned to the candidate EIS. The candidate EIS can be aged at additional temperatures in accordance with IEC 61857-1 in order to establish the thermal class.

## Annex A (normative)

### Classes of winding wire

Various types of commonly used enamelled winding wire, constructed in accordance with the IEC 60317 series, are presented in Table A.1. The accepted practice for substitution of winding wire is as follows:

- a) winding wires of the same chemical composition with a thermal class equal to or higher than the type of wire evaluated in the established EIS may be substituted into the established EIS without additional testing;
- b) winding wire of a chemical composition not evaluated in the established EIS shall not be substituted;
- c) winding wire of the same chemical composition having a thermal classification lower than the thermal class of the wire type(s) evaluated in the established EIS shall not be substituted;
- d) winding wire substitutions not permitted under either b) or c) shall be tested according to IEC 61857-1.

**Table A.1 – Winding wire types**

Chemical composition of enamel(s)	Thermal classes	IEC designation
Solderable polyurethane	130	60317-4
Solderable polyurethane/polyamide overcoat	130	60317-19
Solderable polyurethane	155	60317-20
Solderable polyurethane/polyamide overcoat	155	60317-21
Solderable polyurethane	180	60317-51
Non-solderable polyester	130	60317-34
Non-solderable polyester	155	60317-3
Non-solderable polyester (rectangular)	155	60317-16
Non-solderable polyesterimide	180	60317-8
Non-solderable polyesterimide (aluminium)	180	60317-15
Non-solderable polyester or polyesterimide/polyamide overcoat	180	60317-22
Non-solderable polyester or polyesterimide/polyamide overcoat (aluminium)	180	60317-24 <sup>1</sup>
Non-solderable polyester or polyesterimide/polyamide-imide overcoat	200	60317-13
Non-solderable polyester or polyesterimide/polyamide-imide overcoat (aluminium)	200	60317-25
Non-solderable polyester or polyesterimide/polyamide-imide overcoat (rectangular)	200	60317-29
Non-solderable polyester-amide-imide	200	60317-42
Solderable polyester	130	60317-41
Solderable polyesterimide	180	60317-23
Non-solderable polyimide	220	60317-7
Non-solderable polyimide (rectangular)	220	60317-30
Non-solderable polyimide	240	60317-46
Non-solderable polyimide (rectangular)	240	60317-47
NOTE Unless otherwise noted, IEC designations represent round, copper wire.		

<sup>1</sup> IEC 60317-24:1997 has been withdrawn, but may apply to reference EIS.



## **Annex B** (normative)

### **Compatibility test procedure**

#### **B.1 General**

This test procedure is useful for evaluating the chemical compatibility of a combination of materials for use in conjunction with an EIS. A specific combination of materials is sealed in a glass tube, subjected to a specified thermal ageing cycle and then subjected to a dielectric test. Candidate tube test results are then compared to the reference tube test results for qualification of the acceptability of the candidate EIS.

#### **B.2 Construction**

##### **B.2.1 Test apparatus**

The test apparatus shall consist of the following:

- a) glass tubes with inside volume not exceeding 900 ml and a minimum length of 300 mm:
  - 1) flanged high-temperature glass tubes which are designed to be sealed with metal rings and gaskets are preferred;
  - 2) glass tubes which can be fusion sealed after the addition of all materials are an acceptable alternative;
- b) gasket material for use with flanged high-temperature glass tubes:
  - 1) type TFE or FEP fluorocarbon;
  - 2) hexafluoropropylene-vinylidene fluoride elastomer for exposure temperatures not exceeding 155 °C.

##### **B.2.2 Material specimens**

The samples of material specimens that are to be placed in each tube shall include the following:

- a) winding wire specimens; samples of twisted pair winding wire formed and tested in accordance with IEC 60172; a minimum of five winding wire samples shall be evaluated for each tube;

NOTE Winding wire covered with fibrous material should be tested in 230 mm straight lengths.

- b) representative samples of the EIM qualified for use in the established EIS, such as impregnating varnish and ground insulation; sheet material shall have a surface area not less than 645 mm<sup>2</sup>; moulding compounds shall have a minimum volume of 800 mm<sup>3</sup>; impregnating varnish, if included in the EIS, shall be applied to the winding wire samples and cured in accordance with the manufacturer's specifications;
- c) other non-metallic component samples intended for use in conjunction with the EIS such as lead cable, sheet insulation, tie cord, tape, sleeving and tubing, potting compounds and encapsulants; sheet material shall have a surface area not less than 645 mm<sup>2</sup>; potting compounds and encapsulants shall have a minimum volume of 800 mm<sup>3</sup>; lead cable, sleeving, tubing and tie cord shall have a minimum length of 25,4 mm.

### B.2.3 Contents of tube

The contents of the tubes shall be as follows:

- a) reference tube – shall contain only materials which were qualified in the original aging to establish EIS;
- b) candidate tubes – each candidate tube shall contain the alternate materials in addition to all the materials qualified in the established EIS. Alternate materials which are not usually or cannot be used in conjunction with each other, such as alternate varnishes, shall each be tested in a separate candidate tube.

## B.3 Test procedure

### B.3.1 Preparation of tubes

The preparation of the tube assemblies shall be as follows:

- a) The tubes shall be filled with an effective solvent, such as acetone, for 24 h or longer, scrubbed well with detergent and a test tube brush, rinsed thoroughly twice with tap water and then with distilled water, and finally dried.
- b) The tubes, gaskets, taps, nuts and bolts shall be conditioned for at least 1 h in an oven maintained at  $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ , and shall then be removed from the oven and the samples immediately inserted.
- c) The twisted pairs of wire shall be prepared in accordance with B.2.2 a) and proof-tested electrically according to IEC 60172 before insertion in tubes. The other materials shall then be positioned inside the tubes, avoiding contact with the twisted pairs if possible, so that there is no sticking during the ageing period. Open glass tubes shall be sealed at one end before being filled.
- d) After the tubes are filled, the tube, gaskets, taps, nuts and bolts shall be dried for at least 1 h in an oven maintained at  $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ . If open glass tubes are used, the oven temperature shall be  $135\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ . Certain materials may require additional conditioning to remove all moisture; if agreed upon by interested parties, higher temperatures and times may be used to condition these materials prior to insertion in the tubes. The bolts, threads, and the underside of the top shall be lightly coated with silicone grease before being placed in the oven, and these parts shall be kept away from the gasket material and tubes.
- e) Immediately upon removal from the oven, the gasket and clamp shall be assembled to the tube using protective gloves. Each bolt shall be torqued in a clockwise direction in increments of 0,5 Nm until a torque of 3,5 Nm is attained. If open glass tubes are used, the open end shall be fused.

NOTE Unless open glass tubes are used, the still warm assembly should be inverted in room temperature water to reduce the likelihood of shock and breakage. The assembly should remain in the water and cool for a minimum of 5 min. The cooling creates a vacuum in the tube that will draw in water if a leak is present. If open glass tubes are used, each tube should be returned to the oven which should then be turned off and allowed to cool to room temperature. The tubes should be removed and allowed to cool to room temperature and examined for possible leakage as evidenced by condensation on the inner walls of the tubes.

- f) Tubes shall be placed in the pre-heated thermal conditioning oven. The thermal conditioning oven should not be opened during the conditioning cycle as this can effect the thermal ageing of the EIS under evaluation.

### B.3.2 Thermal conditioning

The samples shall be conditioned for  $336\text{ h} \pm 2\text{ h}$  (14 days) at a temperature equal to the thermal class of the established EIS plus 25 K; for example, the conditioning temperature of a Class 130 (B) EIS would be  $155\text{ °C}$ .

### **B.3.3 Opening procedure**

After thermal conditioning of the tubes as described in B.3.2, the oven shall be turned off and allowed to cool to room temperature before the tubes are removed. Tubes shall remain sealed prior to evaluation, which is not to be delayed for more than three days. The tubes shall then be opened and the winding wire samples carefully removed and separated so as to reduce mechanical damage.

### **B.3.4 Evaluation of samples**

The winding wire samples shall be evaluated as follows:

- a) Twisted pairs shall be dielectrically stressed until breakdown by increasing the test voltage at a rate of 500 V/s, 48 Hz to 62 Hz, a.c. Winding wire covered with fibrous material shall be tested by applying the test voltage between the conductor and metallic foil, over a length of 100 mm, wrapped around the straight central portion of the specimen.
- b) The average breakdown voltage for the winding wire samples from the candidate tube shall be compared to the average breakdown voltage for the winding wire samples from the reference tube. At least five test values are required for each set of winding wire samples; the criteria to be used for eliminating any one test value from the calculation of the average shall be determined by agreement between interested parties prior to testing.
- c) The combination of materials in the candidate tube shall be considered compatible and qualified for use in the specific EIS tested if the average electric strength of the winding wire samples from the candidate tube is not less than 50 % of that of the winding wire samples from the reference tube.

NOTE The 50 % criterion has been found to be adequate, since the breakdown voltage drops drastically if incompatibility occurs between materials in the individual tubes.

## Bibliography

IEC 60317-24, *Specifications for particular types of winding wires – Part 24: Polyester or polyesterimide enamelled round aluminium wire overcoated with polyamide, class 180* (withdrawn 2003)

IEC 60317-41, *Specifications for particular types of winding wires – Part 41: Solderable polyester enamelled round copper wire, class 130L* (withdrawn 2003)

---



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application.....	24
2 Références normatives.....	24
3 Termes et définitions.....	26
4 Considérations générales.....	26
5 Evaluation de la modification d'épaisseur d'un matériau d'isolation électrique.....	29
5.1 Echantillons.....	29
5.2 Acceptation.....	29
6 Substitution d'un enroulement à fil.....	29
6.1 Généralités.....	29
6.2 Substitution de l'émail.....	29
6.3 Substitution du matériau conducteur.....	29
6.4 Fil de bobinage de remplacement.....	30
7 Substitution de la résine et/ou du vernis d'imprégnation.....	30
7.1 Détermination de la classe thermique.....	30
7.2 Evaluation.....	30
7.2.1 Classes thermiques égales ou supérieures.....	30
7.2.2 Une classe thermique au-dessous.....	30
7.2.3 Autres critères.....	31
8 Substitution d'autres matériaux d'isolation électrique.....	31
8.1 Matériaux techniquement équivalents.....	31
8.2 Evaluation prévisionnelle.....	31
8.3 Autres cas.....	31
9 Evaluation d'autres ajouts.....	31
9.1 Addition d'une résine et/ou d'un vernis d'imprégnation.....	31
9.2 Addition de composants.....	31
10 Essai de vieillissement thermique en un seul point.....	31
10.1 Eprouvettes.....	31
10.2 Indice d'endurance thermique relative du SIE (RTE du SIE).....	32
10.3 Interprétation des résultats.....	32
Annexe A (normative) Classes des fils de bobinage.....	33
Annexe B (normative) Procédure d'essai de compatibilité.....	34
Bibliographie.....	37
Figure 1 – Vue d'ensemble des méthodes d'évaluation.....	28
Tableau 1 – Méthodes d'essai de vieillissement thermique pour les résines et/ou les vernis.....	30
Tableau A.1 – Types de fils de bobinage.....	33

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES – ÉVALUATION THERMIQUE DES MODIFICATIONS APPORTÉES À UN SYSTÈME D'ISOLATION ÉLECTRIQUE ÉPROUVÉ À ENROULEMENTS À FIL

### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61858 a été établie par le comité d'études 112 de la CEI: Evaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition, publiée en 2004 par le comité d'études 98 de la CEI: Systèmes d'isolation électrique (SIE). Elle constitue une révision rédactionnelle.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
112/90/CDV	112/98/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.



## INTRODUCTION

La présente Norme internationale décrit les procédures pour évaluer les modifications apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé en ce qui concerne les produits électrotechniques, et pour évaluer les effets de ces modifications sur la classification thermique du système d'isolation électrique éprouvé.

La CEI 60505 donne les principes généraux pour l'évaluation et la qualification des systèmes d'isolation électrique (SIE). Sauf indication contraire dans les procédures de la présente norme, il convient de suivre les principes de la CEI 60505.

La classification thermique d'un système d'isolation électrique est établie soit selon une durée de vie en service connue, conformément à la CEI 60505, soit conformément à la CEI 61857 (toutes les parties).

# SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES – ÉVALUATION THERMIQUE DES MODIFICATIONS APPORTÉES À UN SYSTÈME D'ISOLATION ÉLECTRIQUE ÉPROUVÉ À ENROULEMENTS À FIL

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale indique les procédures d'essai requises pour la qualification des modifications qui ont été apportées à un système d'isolation électrique éprouvé (SIE), pour ce qui concerne sa classification thermique. Cette norme s'applique aux systèmes d'isolation électrique existant dans les dispositifs électrotechniques à enroulements à fils. Les procédures d'essai se font par comparaison des performances d'un système d'isolation électrique candidat avec celles d'un système d'isolation électrique de référence dont l'expérience en service a été démontrée conformément à la CEI 60505, ou qui a été évalué par une des procédures décrites dans la série 61857.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60085 :2007, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60172, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

CEI 60216-5, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

CEI 60317-3, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 3: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester, classe 155*

CEI 60317-4, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 4: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable, classe 130*

CEI 60317-7, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 7: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide, classe 220*

CEI 60317-8, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 8: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180*

CEI 60317-13, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 13: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

CEI 60317-15, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 15: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyesterimide, classe 180*

CEI 60317-16, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 16: Fil de section rectangulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155*

CEI 60317-19, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 19: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable et avec surcouche polyamide, classe 130*

CEI 60317-20, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 20: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable, classe 155*

CEI CEI 60317-21, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 21: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable et avec surcouche polyamide, classe 155*

CEI 60317-22, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 22: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide, classe 180*

CEI 60317-23, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 23: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide brasable, classe 180*

CEI 60317-25, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 25: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

CEI 60317-29, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 29: Fil de section rectangulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200*

CEI 60317-30, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 30: Fil de section rectangulaire en cuivre émaillé avec polyimide, classe 220*

CEI 60317-34, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 34: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 130 L*

CEI 60317-42, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 42: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester-amide-imide, classe 200*

CEI 60317-46, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 46: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyimide aromatique, classe 240*

CEI 60317-47, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 47: Fil de section rectangulaire en cuivre émaillé avec polyimide aromatique, classe 240*

CEI 60317-51, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 51: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable, classe 180*

CEI 60505, *Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

CEI 61033, *Méthodes d'essai pour la détermination du pouvoir agglomérant des agents d'imprégnation sur fil émaillé*

CEI 61857 (toutes les parties), *Systèmes d'isolation électrique – Procédures d'évaluation thermique*

CEI 61857-1, *Systèmes d'isolation électrique – Procédures d'évaluation thermique – Partie 1: Exigences générales – Basse tension*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions qui suivent s'appliquent.

#### 3.1

##### **système d'isolation électrique**

##### **SIE**

structure isolante contenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques (MIE) en même temps que les parties conductrices associées utilisées dans un produit électrotechnique

#### 3.2

##### **matériau isolant électrique**

##### **MIE**

matériau de conductivité électrique faible pratiquement négligeable, utilisé pour séparer des pièces conductrices portées à des potentiels électriques différents

#### 3.3

##### **SIE candidat**

SIE en cours d'évaluation pour déterminer sa capacité en service (thermique)

#### 3.4

##### **SIE de référence**

SIE établi, évalué sur la base d'une expérience en service connue ou d'une évaluation fonctionnelle comparative connue

#### 3.5

##### **indice d'endurance thermique évaluée du SIE**

##### **ATE du SIE**

valeur numérique de température, en degrés Celsius, du SIE de référence déduite de l'expérience en service connue ou de l'évaluation fonctionnelle comparative connue

#### 3.6

##### **indice d'endurance thermique relative du SIE**

##### **RTE du SIE**

valeur numérique de la température exprimée en degrés Celsius du système d'isolation électrique (SIE) candidat obtenue à partir de l'ATE connu d'un système d'isolation électrique (SIE) de référence, lorsque les deux systèmes d'isolation électriques sont soumis au même processus de vieillissement et de diagnostic, lors d'un essai comparatif

### 4 Considérations générales

La présente norme propose des méthodes relativement économiques et rapides avec lesquelles l'utilisateur peut apporter des modifications à un système d'isolation électrique éprouvé en évaluant

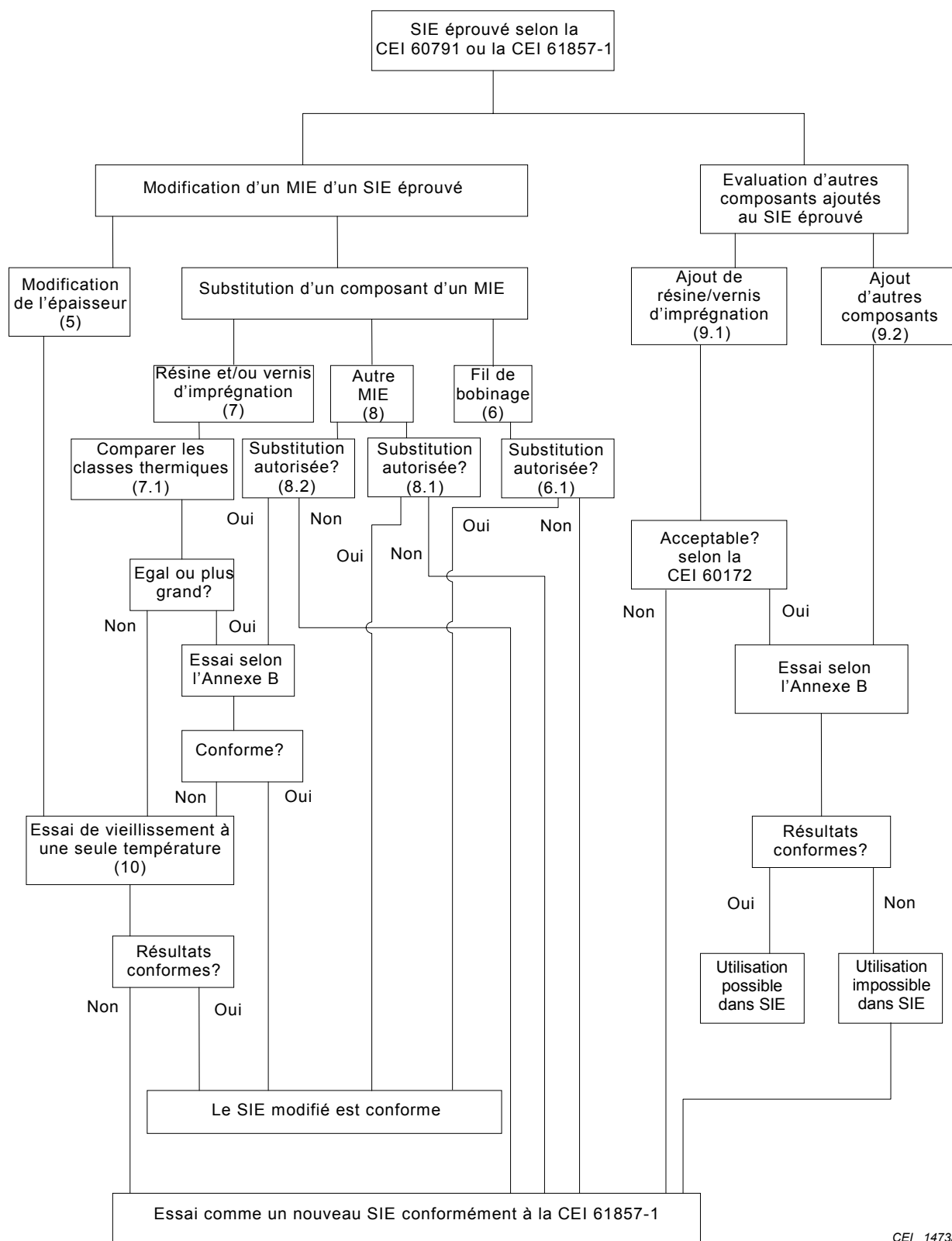
- a) l'effet sur la durée de vie thermique du système d'isolation électrique si l'épaisseur d'un MIE est modifiée,
- b) la compatibilité, sous contraintes thermiques, d'un MIE substitué,
- c) la compatibilité, sous contraintes thermiques, des autres composants utilisés mis en contact étroit avec un système d'isolation électrique éprouvé.

Les matériaux d'isolation électrique ayant des indices de température différents (ATE/RTE) conformément à la CEI 60216-5, peuvent être combinés pour former un système d'isolation électrique ayant une classe thermique pouvant être plus élevée ou plus basse que celle de n'importe lequel des composants individuels, conformément à la CEI 60505.

Il peut y avoir plus d'un système d'isolation électrique dans un appareil donné. Ces systèmes d'isolation électriques peuvent avoir des classes thermiques différentes.

La vue d'ensemble suivante (Figure 1) est un organigramme pour orienter les choix des articles utiles à une évaluation.

Figure 1



CEI 1473/04

Figure 1 – Vue d'ensemble des méthodes d'évaluation

## **5 Evaluation de la modification d'épaisseur d'un matériau d'isolation électrique**

### **5.1 Echantillons**

Des échantillons représentatifs d'un système d'isolation électrique éprouvé (le SIE de référence) et du système d'isolation électrique avec des épaisseurs réduites de matériaux d'isolation électrique (le SIE candidat) doivent être évalués conformément à l'Article 10.

### **5.2 Acceptation**

Un système d'isolation électrique candidat qui satisfait au critère d'acceptation selon l'Article 10 doit être déclaré de la même classe thermique que le système d'isolation électrique éprouvé.

Si les résultats des essais du système d'isolation électrique candidat sont en dehors des critères d'acceptation, selon l'Article 10, alors un vieillissement thermique complet selon la CEI 61857-1 peut être effectué afin d'établir sa classe thermique.

NOTE Un vieillissement thermique complet peut être effectué sous la forme d'un essai à des températures additionnelles conformément à la CEI 61857-1.

## **6 Substitution d'un enroulement à fil**

### **6.1 Généralités**

La substitution d'un fil de bobinage déjà évalué dans un système d'isolation électrique éprouvé peut être effectué sans que cela nécessite d'essai supplémentaire si une ou plusieurs des conditions suivantes ont été remplies:

- a) le fil de bobinage est conforme à une spécification de la CEI 60317 car il est de même composition chimique selon les regroupements figurant dans l'Annexe A que le fil de bobinage étudié dans le SIE éprouvé, mais d'une taille ou d'une forme différente;
- b) le fil de bobinage est conforme à une spécification de la CEI 60317 car il est de même composition chimique selon les regroupements figurant dans l'Annexe A que le fil de bobinage étudié dans le système d'isolation électrique éprouvé et parce qu'il a une classe thermique égale ou supérieure;
- c) le fil de bobinage est un conducteur nu isolé avec l'un des matériaux d'isolation électrique déjà étudiés, en tant que partie constitutive du système d'isolation électrique éprouvé conformément à la CEI 61857-1. L'épaisseur à utiliser doit être celle qui permet que les contraintes électriques par unité d'épaisseur ne soient pas supérieures aux contraintes que le matériau d'isolation électrique (MIE) a subi au cours des essais de vieillissement.

NOTE Pour la substitution d'un matériau d'isolation électrique de remplacement, se référer à l'Article 8.

### **6.2 Substitution de l'émail**

Pour le critère de substitution portant sur la composition chimique, se référer à l'Annexe A.

### **6.3 Substitution du matériau conducteur**

Un système d'isolation électrique éprouvé qui a été évalué avec des conducteurs en cuivre, peut utiliser, au choix, des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

Un système d'isolation électrique éprouvé qui a été évalué avec des conducteurs en aluminium peut utiliser, au choix, des conducteurs en aluminium ou en cuivre, à condition que la performance du fil de bobinage de remplacement soit établie comme égale ou supérieure à celle du fil de bobinage évalué.

## 6.4 Fil de bobinage de remplacement

Les fils de bobinage qui ne satisfont pas aux critères de 6.1 ou de 6.2 doivent être évalués conformément à la CEI 61857-1.

Comme exemples il peut y avoir les fils de bobinage soudables, les conducteurs isolés avec un MIE ne faisant pas partie du SIE éprouvé, ou les fils de liaison utilisés comme fils de bobinage de remplacement.

## 7 Substitution de la résine et/ou du vernis d'imprégnation

### 7.1 Détermination de la classe thermique

Les classes thermiques, à la fois de la résine et/ou du vernis candidats et de la résine et/ou du vernis utilisés dans le système d'isolation électrique éprouvé doivent être déterminées par comparaison avec les données du vieillissement thermique fournies par les constructeurs, en utilisant les méthodes d'essai du Tableau 1. Les deux essais doivent être effectués.

**Tableau 1 – Méthodes d'essai de vieillissement thermique pour les résines et/ou les vernis**

Méthode d'essai	Désignation CEI
Paires torsadées	CEI 60172, spécifiant la combinaison particulière des résines et/ou vernis des fils de bobinage
Bobine hélicoïdale	CEI 61033, spécifiant la combinaison particulière des résines et/ou vernis des fils de bobinage. Utiliser 22 N comme valeur indiquant la fin de vie pour chaque température de vieillissement. Un nombre minimal de trois températures de vieillissement; la durée de vie moyenne à la plus haute température de vieillissement étant au moins de 100 h et la durée de vie moyenne à la plus basse température de vieillissement étant au moins de 5 000 h. La valeur de l'indice de température étant définie par sa valeur pour 20 000 h. La classe thermique de la bobine hélicoïdale attribuée à la combinaison particulière des résines et/ou vernis des fils de bobinage doit être inférieure ou égale à l'indice de température (voir la CEI 60085:2007, Tableau 1, Attribution des classes thermiques).

### 7.2 Evaluation

#### 7.2.1 Classes thermiques égales ou supérieures

Lorsque les deux classes thermiques de la résine et/ou du vernis d'imprégnation candidat (paire torsadée et/ou bobine hélicoïdale) sont égales ou supérieures aux classes thermiques de la résine et/ou du vernis du système d'isolation électrique éprouvé, alors la substitution est autorisée:

- a) sur la base de résultats acceptables pour des essais de compatibilité utilisant l'Annexe B, ou
- b) sur la base de résultats acceptables pour des essais conformes à l'Article 10.

#### 7.2.2 Une classe thermique au-dessous

Si l'une ou les deux classes thermiques de la résine et/ou du vernis d'imprégnation candidat (paire torsadée et/ou bobine hélicoïdale) ne sont pas plus d'une classe thermique au-dessous de la résine et/ou du vernis du système d'isolation électrique éprouvé, alors la substitution est autorisée sur la base de résultats acceptables pour des essais conformes à l'Article 10.

NOTE Si le système d'isolation électrique éprouvé a obtenu sa classe thermique sans incorporation de résine et/ou de vernis d'imprégnation, se reporter à 9.1 pour l'adjonction d'une résine et/ou d'un vernis d'imprégnation.



### 7.2.3 Autres critères

Une résine et/ou un vernis ne satisfaisant pas au critère ci-dessus doit être évalué conformément à la CEI 61857-1.

## 8 Substitution d'autres matériaux d'isolation électrique

### 8.1 Matériaux techniquement équivalents

La substitution de matériaux d'isolation électrique (MIE) ayant une composition chimique identique est acceptable sans essai supplémentaire. La substitution ou l'ajout des additifs sélectionnés dans un matériau d'isolation électrique peut être autorisée avec des essais supplémentaires réduits ou sans essai supplémentaire (en cas d'accord entre les parties intéressées).

### 8.2 Evaluation prévisionnelle

Un matériau d'isolation électrique (MIE) déjà évalué comme partie d'un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé et utilisé dans une combinaison avec un autre MIE ou d'autres composants, peut être utilisé, sur la base de résultats acceptables pour des essais de compatibilité conformément à l'Annexe B. L'épaisseur du MIE ne doit pas être inférieure à celle pour laquelle on a effectué l'évaluation du SIE éprouvé.

### 8.3 Autres cas

La substitution ou l'addition de tout autre matériau d'isolation électrique doit imposer une évaluation thermique complète selon la CEI 61857-1.

## 9 Evaluation d'autres ajouts

### 9.1 Addition d'une résine et/ou d'un vernis d'imprégnation

Une résine et/ou un vernis d'imprégnation peut être ajouté à un système éprouvé d'isolation électrique non vernis, si les conditions suivantes sont remplies:

- a) la résine et/ou le vernis d'imprégnation doit être évaluée avec le fil de bobinage particulier, selon la CEI 60172 et la classe thermique résultante ne doit pas s'écarter de plus d'une classe thermique en moins de celle du fil de bobinage non vernis;
- b) la résine et/ou le vernis d'imprégnation candidat doit satisfaire aux critères de 9.2.

### 9.2 Addition de composants

Les autres composants qui doivent être utilisés conjointement avec un système d'isolation électrique éprouvé doivent être autorisés sur la base de résultats acceptables pour des essais de compatibilité utilisant la procédure issue de l'Annexe B.

NOTE Ces matériaux sont typiquement utilisés dans la mécanique, le transfert de chaleur, la décoration ou pour d'autres fonctions non soumises à des contraintes électriques.

## 10 Essai de vieillissement thermique en un seul point

### 10.1 Eprouvtes

Des éprouvettes représentatives du système d'isolation électrique éprouvé (SIE de référence) et du SIE candidat doivent être fabriquées et soumises aux essais conformément à la CEI 61857-1, avec les exceptions suivantes:

- a) les SIE de référence et candidat doivent être soumis aux essais concurremment à la même température;

- b) il convient de choisir les températures de vieillissement dans le programme de vieillissement thermique complet du système d'isolation électrique éprouvé conduisant à une durée de vie supposée comprise entre 1 000 h et 2 000 h;
- c) lorsqu'un matériau d'isolation électrique ayant déjà été évalué dans un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé de plusieurs matériaux d'isolation électrique (MIE) n'est plus disponible, les éprouvettes de référence doivent être fabriquées avec tous les matériaux restants.

### 10.2 Indice d'endurance thermique relative du SIE (RTE du SIE)

Le RTE du SIE candidat doit être établi en comparant la pente de régression d'origine du SIE de référence avec les données temps-température du SIE candidat (se référer à la Figure 1 de la CEI 61857-1). La comparaison doit être effectuée en utilisant la corrélation temporelle, conformément à ce qui suit:

Corrélation temporelle

$$t_x = t_R \times e^{\left( \frac{M}{T_R + 273,15} - \frac{M}{T_A + 273,15} \right)}$$

Le RTE du SIE candidat

$$T_c = \left( \frac{M}{\ln \left( \frac{t_x}{t_c} \right) + \frac{M}{T_A + 273,15}} \right) - 273,15$$

où

- $M$  est la pente de l'équation de régression du système d'isolation électrique de référence;
- $T_R$  est l'indice d'endurance thermique évaluée (ATE) du SIE de référence, en degrés Celsius (°C);
- $T_A$  est la température de vieillissement en degrés Celsius (°C);
- $T_c$  est l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) du SIE candidat, en degrés Celsius (°C);
- $t_R$  est la durée de vie du SIE de référence, en heures (h);
- $t_c$  est la durée de vie du SIE candidat, en heures (h);
- $t_x$  est le temps de corrélation, en heures (h).

### 10.3 Interprétation des résultats

Le SIE candidat doit être affecté de la même classe thermique que le SIE de référence si la valeur de l'indice d'endurance thermique du SIE, déduite en 10.2, se situe à  $\pm 5$  K de la valeur de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) du SIE de référence. Si la valeur de l'indice thermique relatif (RTE) du SIE candidat n'est pas à  $\pm 5$  K de la valeur de l'indice d'endurance thermique évalué (ATE) du SIE de référence, aucune classe thermique ne doit être affectée au SIE candidat. Le SIE candidat peut être vieilli à des températures de vieillissement supplémentaires, conformément à la CEI 61857-1, dans le but de déterminer sa classe thermique.

## Annexe A (normative)

### Classes des fils de bobinage

Différents types de fils émaillés pour enroulement et usage général, fabriqués conformément à la série CEI 60317, sont présentés dans le Tableau A.1. La pratique couramment acceptée pour substitution d'un des fils de bobinage est la suivante:

- a) les fils de bobinage ayant la même composition chimique, avec une classe thermique égale ou supérieure à celle du type de fil évalué dans le système d'isolation électrique éprouvé, peuvent être substitués dans le système d'isolation électrique éprouvé sans essais supplémentaires;
- b) les fils de bobinage ayant une composition chimique non évaluée dans le système d'isolation électrique éprouvé ne doivent pas être substitués;
- c) les fils de bobinages de même composition chimique, ayant une classe thermique inférieure à la classe thermique du ou des types de fils évalués dans le système d'isolation électrique éprouvé ne doivent pas être substitués;
- d) les substitutions de fils de bobinage qui ne sont pas permises selon b) ou c) doivent être soumises aux essais selon la CEI 61857-1.

**Tableau A.1 – Types de fils de bobinage**

Composition chimique d'émail(s)	Classes thermiques	Désignation CEI
Soudable polyuréthane	130	60317-4
Soudable polyuréthane/surcouche polyamide	130	60317-19
Soudable polyuréthane	155	60317-20
Soudable polyuréthane/surcouche polyamide	155	60317-21
Soudable polyuréthane	180	60317-51
Non soudable polyester	130	60317-34
Non soudable polyester	155	60317-3
Non soudable polyester (rectangulaire)	155	60317-16
Non soudable polyesterimide	180	60317-8
Non soudable polyesterimide (aluminium)	180	60317-15
Non soudable polyester ou polyesterimide/surcouche polyamide	180	60317-22
Non soudable polyester ou polyesterimide/surcouche polyamide (aluminium)	180	60317-24 <sup>1</sup>
Non soudable polyester ou polyesterimide/surcouche polyamide-imide	200	60317-13
Non soudable polyester ou polyesterimide/surcouche polyamide-imide (aluminium)	200	60317-25
Non soudable polyester ou polyesterimide/surcouche polyamide-imide (rectangulaire)	200	60317-29
Non soudable polyester-amide-imide	200	60317-42
Soudable polyester	130	60317-41
Soudable polyesterimide	180	60317-23
Non soudable polyimide	220	60317-7
Non soudable polyimide (rectangulaire)	220	60317-30
Non soudable polyimide	240	60317-46
Non soudable polyimide (rectangulaire)	240	60317-47
NOTE Sauf spécification contraire, les désignations CEI représentent des fils de cuivre, circulaires.		

<sup>1</sup> La CEI 60317-24:1997 A été retirée, mais elle peut s'appliquer au SIE de référence.

## **Annexe B** (normative)

### **Procédure d'essai de compatibilité**

#### **B.1 Généralités**

La présente procédure est utile pour évaluer la compatibilité chimique d'une combinaison de matériaux pour usage conjoint avec un SIE. Une combinaison spécifique de matériaux est scellée dans un tube de verre, soumis à un cycle de vieillissement thermique spécifié et ensuite à un essai diélectrique. Les résultats d'essai du tube candidat sont ensuite comparés aux résultats d'essai du tube de référence pour la qualification de l'acceptabilité du SIE candidat.

#### **B.2 Construction**

##### **B.2.1 Appareillage d'essai**

L'appareillage d'essai doit être le suivant:

- a) des tubes en verre dont le volume intérieur ne dépasse pas 900 ml et de longueur minimale de 300 mm:
  - 1) les tubes en verre haute température à brides conçus pour être scellés avec des anneaux métalliques et des joints d'étanchéité sont préférables;
  - 2) les tubes pouvant être scellés par fusion du verre après addition de tous les matériaux sont une alternative acceptable;
- b) les matériaux du joint d'étanchéité à utiliser avec les tubes en verre haute température à brides:
  - 1) le fluorocarbonate FEP ou TFE;
  - 2) l'élastomère de hexafluoropropylène-vinylidène fluoré quand les températures d'exposition ne dépassent pas 155 °C.

##### **B.2.2 Eprouvettes de matériau**

Les échantillons de matériau à mettre dans chaque tube doivent inclure ce qui suit:

- a) des éprouvettes de fil de bobinage; des échantillons de fil de bobinage à paire torsadée mis en forme et testés conformément à la CEI 60172; au moins cinq échantillons de fil de bobinage doivent être évalués pour chaque tube;

NOTE Il convient que les fils de bobinage couverts de matériau fibreux soient soumis aux essais en longueurs droites de 230 mm.

- b) des échantillons représentatifs du matériau isolant électrique qualifié pour un usage dans le SIE éprouvé, tels que le vernis imprégné et l'isolation de mise à la terre; les échantillons de matériau en feuille doivent avoir une zone de surface supérieure à 645 mm<sup>2</sup>; les moulages doivent avoir un volume d'au moins 800 mm<sup>3</sup>; le vernis imprégné, s'il est inclus dans le SIE, doit être appliqué aux échantillons de fil de bobinage et traité conformément aux spécifications du fabricant;
- c) d'autres échantillons non métalliques destinés à être utilisés conjointement au SIE comme les câbles de dérivation, l'isolation en feuille, les attaches, bandes, gaines et tubes, empotages et enrobages; le matériau en feuille doit avoir une zone de surface d'au moins 645 mm<sup>2</sup>, empotages et enrobages doivent avoir un volume d'au moins 800 mm<sup>3</sup>; câbles de dérivation, gaines, tubes et attaches doivent avoir une longueur supérieure à 25,4 mm.

### B.2.3 Contenu du tube

Le contenu des tubes doit être le suivant:

- a) tube de référence – ne doit contenir que les matériaux ayant été qualifiés dans le processus de vieillissement original pour l'établissement du SIE;
- b) tubes candidats – chaque tube candidat doit contenir les matériaux de remplacement en plus de tous les matériaux qualifiés dans le SIE éprouvé. Les matériaux de remplacement n'étant pas habituellement utilisés conjointement les uns avec les autres ou ne pouvant pas l'être, comme les vernis de remplacement, doivent être soumis aux essais chacun dans un tube candidat à part.

## B.3 Procédure d'essai

### B.3.1 Préparation des tubes

La préparation des ensembles de tubes doit être la suivante:

- a) Les tubes doivent être remplis d'un solvant effectif, tel que l'acétone, pendant 24 h ou plus, bien brossés au détergent à l'aide d'une brosse de tube à essai, rincés soigneusement à deux reprises à l'eau du robinet et ensuite à l'eau déminéralisée, et enfin séchés.
- b) Les tubes, joints d'étanchéité, prises, écrous et boulons doivent être conditionnés pendant au moins 1 h dans un four maintenu à  $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ , et doivent ensuite être enlevés du four et les échantillons immédiatement insérés.
- c) Les paires torsadées de fils doivent être préparées conformément à B.2.2 a) et être soumises à l'essai diélectrique conformément à la CEI 60172 avant d'être insérées dans les tubes. Les autres matériaux doivent alors être placés à l'intérieur des tubes, en évitant le contact avec les paires torsadées si possible, de sorte qu'il n'y ait aucune adhérence pendant la période de vieillissement. Les tubes de verre ouverts doivent être scellés à une extrémité avant d'être remplis.
- d) Après leur remplissage, les tubes, joints d'étanchéité, prises, écrous et boulons doivent être séchés pendant au moins 1 h dans un four maintenu à  $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ . Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, la température du four doit être de  $135\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ . Certains matériaux peuvent nécessiter un conditionnement supplémentaire pour enlever toute l'humidité; avec l'accord des parties intéressées, des températures plus élevées et des durées plus longues peuvent être utilisées pour conditionner ces matériaux avant de les introduire dans les tubes. Les boulons, filetages, ainsi que le dessous du sommet doivent être légèrement recouverts de graisse de silicone avant d'être placés dans le four, et ces parties doivent être tenues à l'écart du matériau de joint d'étanchéité et des tubes.
- e) Dès leur sortie du four, le joint d'étanchéité et la pince doivent être fixés au tube en utilisant des gants de protection. Chaque boulon doit être serré dans le sens des aiguilles d'une montre par incrément de 0,5 Nm jusqu'à ce qu'un couple de 3,5 Nm soit atteint. Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, l'extrémité ouverte doit être fondue.

NOTE A moins que des tubes de verre ouverts ne soient utilisés, il convient que l'assemblage encore chaud soit immédiatement renversé dans de l'eau avec la température ambiante afin de réduire les risques de choc et de rupture. Il convient que l'assemblage reste dans l'eau pour y refroidir pendant au moins 5 min. Le phénomène de refroidissement crée un vide dans le tube qui permet l'infiltration de l'eau s'il existe une fuite. Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, il convient de remettre chaque tube dans l'étuve, qui doit alors être éteinte, afin de permettre un refroidissement jusqu'à la température ambiante. Il est recommandé que les tubes soient sortis de l'étude, mis à refroidir jusqu'à la température ambiante et examinés afin de détecter toute trace de fuite éventuelle, qui serait mise en évidence par de la condensation sur la paroi interne des tubes.

- f) Les tubes doivent être placés dans le four de conditionnement thermique préchauffé. Il convient de ne pas ouvrir le four de conditionnement thermique pendant le cycle de conditionnement puisque cela peut affecter le vieillissement thermique du SIE en évaluation.

### B.3.2 Conditionnement thermique

Les échantillons doivent être conditionnés pendant  $336 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  (14 jours) à une température égale à la classe thermique du SIE éprouvé plus 25 K; par exemple, la température de conditionnement d'un SIE de Classe 130 (B) serait de 155 °C.

### B.3.3 Procédure d'ouverture

Après le conditionnement thermique des tubes comme décrit en B.3.2, le four doit être éteint et sa température doit redescendre à la température ambiante avant que les tubes ne soient enlevés. Les tubes doivent rester scellés en attendant l'évaluation qui ne doit pas être reportée à plus de trois jours. Les tubes doivent ensuite être ouverts et les échantillons de fils de bobinage enlevés avec précaution séparément afin de réduire les dommages mécaniques.

### B.3.4 Evaluation des échantillons

Les échantillons de fils de bobinage doivent être évalués de la façon suivante:

- a) Les paires torsadées doivent être soumises à la contrainte diélectrique jusqu'à rupture en augmentant la tension d'essai à un rythme de 500 V/s, 48 Hz et 62 Hz, en courant alternatif. Le fil de bobinage couvert de matériau fibreux doit être soumis aux essais en appliquant la tension d'essai entre le conducteur et la feuille métallique sur une longueur de 100 mm, enroulée autour de la partie centrale droite de l'échantillon.
- b) La tension de claquage moyenne pour les échantillons de fils de bobinage issus du tube candidat doit être comparée à la tension de claquage moyenne des échantillons de fils de bobinage du tube de référence. Au moins cinq valeurs d'essai sont requises pour chaque ensemble d'échantillons de fils de bobinage; le critère d'élimination à utiliser pour n'importe laquelle des valeurs d'essai à partir du calcul de la moyenne doit être déterminé en accord avec les parties concernées avant l'essai.
- c) La combinaison de matériaux dans le tube candidat doit être considérée compatible et qualifiée pour un usage dans le SIE à l'essai spécifique si la rigidité diélectrique moyenne des échantillons de fils de bobinage issus du tube candidat n'est pas inférieure à 50 % de celle des échantillons de fils de bobinage issus du tube de référence.

NOTE Le critère de 50 % semble convenable puisque la tension de claquage chute drastiquement si une incompatibilité se produit entre les matériaux et les tubes particuliers.

## Bibliographie

CEI 60317-24, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 24: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide, classe 180*

(supprimée: 2003)

CEI 60317-41, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 41: Fil de section circulaire en cuivre émaillé au polyester brasable, classe 130L*

(supprimée: 2003)







Copyright International Electrotechnical Commission

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)