

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established electrical insulation system (EIS) –
Part 1: Wire-wound winding EIS**

**Systèmes d'isolation électrique – Évaluation thermique des modifications
apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé –
Partie 1: Système d'isolation électrique à enroulements à fils**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 61858-1

Edition 1.0 2014-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established electrical insulation system (EIS) –
Part 1: Wire-wound winding EIS**

**Systèmes d'isolation électrique – Évaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé –
Partie 1: Système d'isolation électrique à enroulements à fils**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.080.30

ISBN 978-2-8322-1410-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	9
4 General considerations.....	11
5 Substitution of phase or ground insulation	13
5.1 Generically identical	13
5.2 Substitution or addition of selected components and additives	13
6 Substitution of winding wire	14
6.1 Non bondable winding wire	14
6.2 Bondable winding wire	15
6.3 Substitution of conductor material.....	16
7 Substitution of impregnating resin/varnish	17
7.1 Thermal class determination	17
7.2 Evaluation.....	18
7.2.1 Thermal classes equal or better.....	18
7.2.2 One thermal class lower	18
7.2.3 Other criteria	18
8 Substitution with other EIM.....	18
8.1 Technically equivalent materials	18
8.2 Previous evaluation	18
8.3 Other	18
9 Evaluation of additions	19
9.1 Addition of an impregnating resin/varnish.....	19
9.2 Addition of other components.....	19
10 Chemical compatibility of a combination of materials	20
10.1 General.....	20
10.2 Construction	20
10.2.1 Test apparatus	20
10.2.2 Material specimens.....	20
10.2.3 Contents of tube	20
10.3 Test procedure.....	21
10.3.1 Preparation of tubes	21
10.3.2 Thermal conditioning	21
10.3.3 Opening procedure	21
10.3.4 Evaluation of samples	22
11 Single-point thermal ageing test (procedure C)	22
11.1 Test objects	22
11.2 Establishing the EIS relative thermal endurance index (EIS RTE)	22
11.3 Interpretation of results	23
12 Full thermal aging test (procedure D).....	23
Annex A (normative) Classes of winding wire.....	24
Annex B (informative) Visual representations of coils.....	26
B.1 Form wound coils.....	26

B.2	Precision-wound coil	27
B.3	Random-wound coil	28
	Bibliography	30
	Figure 1 – Overview of evaluation methods	12
	Figure 2 – Substitution of phase and ground insulation	13
	Figure 3 – Substitution of non-bondable winding wire	14
	Figure 4 – Substitution of bondable winding wire	15
	Figure 5 – Substitution of conductor material	16
	Figure 6 – Substitution of impregnating resin/varnish	17
	Figure 7 – Additions of resins/varnishes and other components used in combination with the EIMs evaluated in the EIS	19
	Figure B.1 – Form-wound coil comparison	26
	Figure B.2 – Form-wound coil comparison – Close-up	26
	Figure B.3 – Form-wound coil comparison – Different angle	27
	Figure B.4 – Form-wound coil detail	27
	Figure B.5 – Examples of precision-wound coils	28
	Figure B.6 – Example of precision-wound coil – Close-up	28
	Figure B.7 – Example of random-wound coil	29
	Figure B.8 – Example of random-wound coil – Close-up	29
	Table 1 – Thermal ageing test methods for resin/varnishes	18
	Table A.1 – Winding wire types – Round copper or aluminum conductor	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS – THERMAL EVALUATION OF MODIFICATIONS TO AN ESTABLISHED ELECTRICAL INSULATION SYSTEM (EIS) –

Part 1: Wire-wound winding 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 61858-1 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition of IEC 61858-1 cancels and replaces the third edition of IEC 61858, published in 2008. It constitutes a technical and editorial revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) this part is specifically for wire-wound winding EIS;
- b) new figures and charts support the contents.

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

CDV	Report on voting
112/252/CDV	112/275/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.

A list of all parts in the IEC 61858 series, published under the general title *Electrical insulation systems – Thermal evaluation of modifications to an established electrical insulation system (EIS)*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

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

This Part 1 of IEC 61858 is for wire-wound winding EIS. Part 2 of IEC 61858 addresses modifications of form-wound winding 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 the IEC 61857 series.

ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS – THERMAL EVALUATION OF MODIFICATIONS TO AN ESTABLISHED ELECTRICAL INSULATION SYSTEM (EIS) –

Part 1: Wire-wound winding EIS

1 Scope

This part of IEC 61858 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 winding 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

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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 60317-1, *Specifications for particular types of winding wires – Part 1: Polyvinyl acetal enamelled round copper wire, class 105*

IEC 60317-2, *Specifications for particular types of winding wires – Part 2: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 130, with a bonding layer*

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

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

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

IEC 60317-12, *Specifications for particular types of winding wires – Part 12: Polyvinyl acetal enamelled round copper wire, class 120*

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 60317-19, *Specifications for particular types of winding wires – Part 19: Solderable polyurethane enamelled round copper wire overcoated with polyamide, class 130* (withdrawn)¹

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 60317-26, *Specifications for particular types of winding wires – Part 26: Polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200*

IEC 60317-34, *Specifications for particular types of winding wires – Part 34: Polyester enamelled round copper wire, class 130 L* (withdrawn)¹

IEC 60317-35, *Specifications for particular types of winding wires – Part 35: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 155, with a bonding layer*

IEC 60317-36, *Specifications for particular types of winding wires – Part 36: Solderable polyesterimide enamelled round copper wire, class 180, with a bonding layer*

IEC 60317-37, *Specifications for particular types of winding wires – Part 37: Polyesterimide enamelled round copper wire, class 180, with a bonding layer*

IEC 60317-38, *Specifications for particular types of winding wires – Part 38: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round copper wire, class 200, with a bonding layer*

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

IEC 60317-43, *Specifications for particular types of winding wires – Part 43: Aromatic polyimide tape wrapped round copper wire, class 240*

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

IEC 60317-48, *Specifications for particular types of winding wires – Part 48: Glass-fibre wound resin or varnish impregnated, bare or enamelled round copper wire, temperature index 155*

¹ Withdrawn.

IEC 60317-50, *Specifications for particular types of winding wires – Part 50: Glass-fibre wound silicone resin or varnish impregnated, bare or enamelled round copper wire, temperature index 200*

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

IEC 60317-53, *Specifications for particular types of winding wires – Part 53: Aromatic polyamide (aramid) tape wrapped rectangular copper wire, temperature index 220*

IEC 60317-54, *Specifications for particular types of winding wires – Part 54: Polyester enamelled round copper wire, class 155 L*
(withdrawn)²

IEC 60317-55, *Specifications for particular types of winding wires – Part 55: Solderable polyurethane enamelled round copper wire overcoated with polyamide, class 180*

IEC 60317-57, *Specifications for particular types of winding wires – Part 57: Polyamide-imide enamelled round copper wire, class 220*

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 61857-1:2008, *Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 1: General requirements – Low voltage*

IEC 61857-21, *Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation – Part 21: Specific requirements for general purpose models – Wire-wound applications*

IEC 62317-2, *Ferrite cores – Dimensions – Part 2: Pot-cores for use in telecommunications, power supply, and filter applications.*

3 Terms and definitions

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

3.1

enamelled winding wire

insulated conductors made in accordance with the IEC 60317 series

3.2

wrapped insulated winding wire

insulated conductor, round or shaped, where the insulation is applied as a tape, with or without an adhesive, made from a film or a paper and applied to the conductor, made in accordance with the IEC 60317 series

² Withdrawn.

3.3

random wound coils

coils for use in an electrotechnical device made with enamelled winding wire without concern for the location of the turns

3.4

precision wound coils

coils for use in an electrotechnical device made with enamelled winding wire with each turn positioned in a specific and successive way

3.5

form wound winding coil

rectangular wire formed to a coil for use in an electrotechnical device

Note 1 to entry: Usually made with an insulated conductor this may be enamelled, fibrous wrapped or enamelled with fibrous wrapping. Afterwards the coil is wound it receives multiple layers of tape wrapped insulation and is vacuum- or vacuum-pressure impregnated with a resin, or wrapped with sufficient layers of a pre-impregnated B-stage tape and processed using resin-rich method.

3.6

wire-wound winding electrical insulation system

EIS evaluated with the wire wound coils that are either random or precision wound; not form wound coils

3.7

wire-wound winding electrotechnical device

electrotechnical device designed utilizing a wire-wound EIS

3.8

electrical insulation system

EIS

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

3.9

electrical insulating material

EIM

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

3.10

candidate EIS

EIS under evaluation concerning its thermal endurance for service capability

3.11

reference EIS

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

3.12

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

3.13**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 selecting the following evaluating procedures:

- Procedure A Without test
- Procedure B Compatibility test in accordance with Clause 10
- Procedure C Single-point thermal aging test Clause 11
- Procedure D Full thermal aging test in accordance with Clause 12

The main evaluation points are as following:

- 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 Figure 1 is an overview of this standard for guidance in selecting the proper clauses for evaluation.

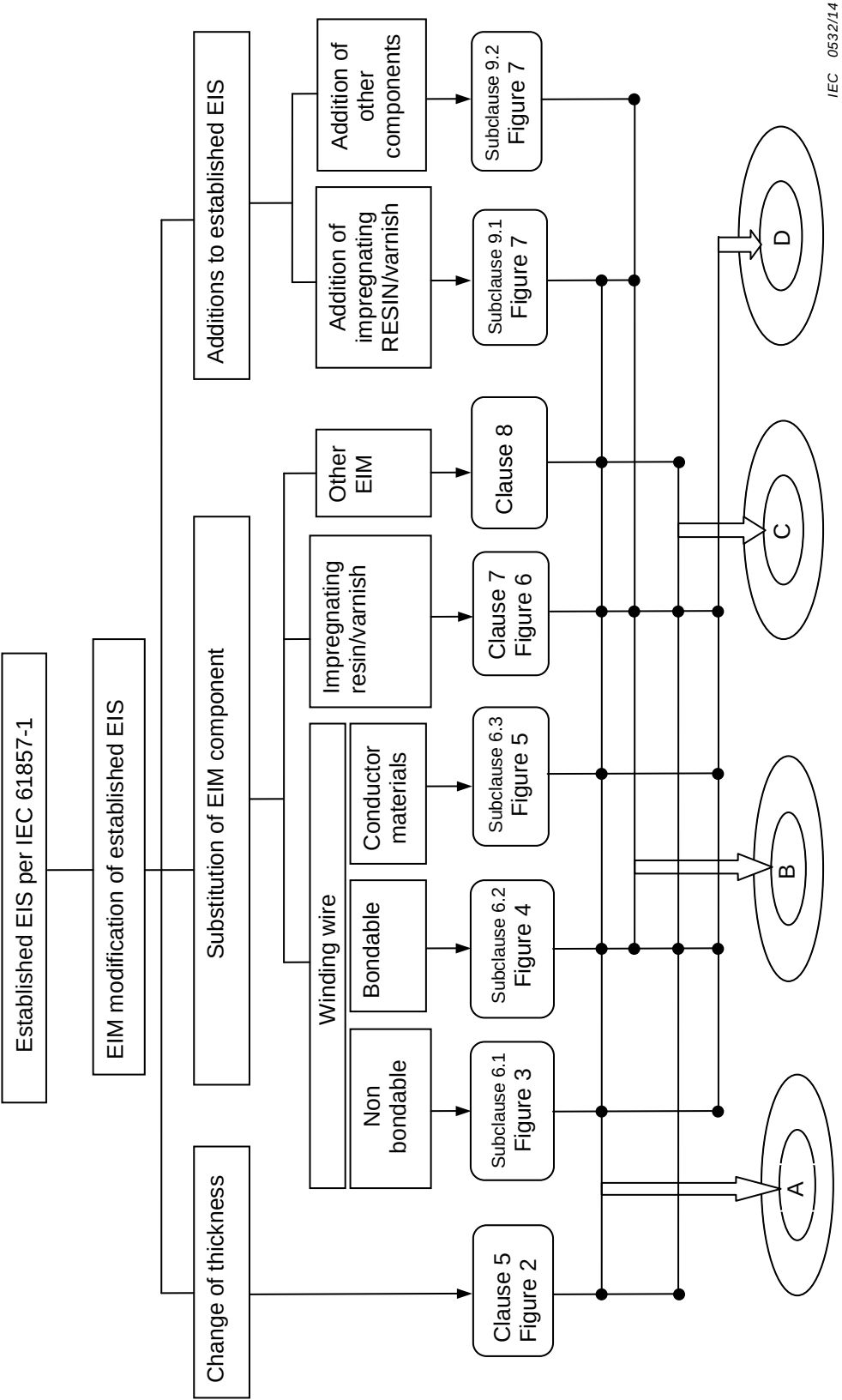


Figure 1 – Overview of evaluation methods

5 Substitution of phase or ground insulation

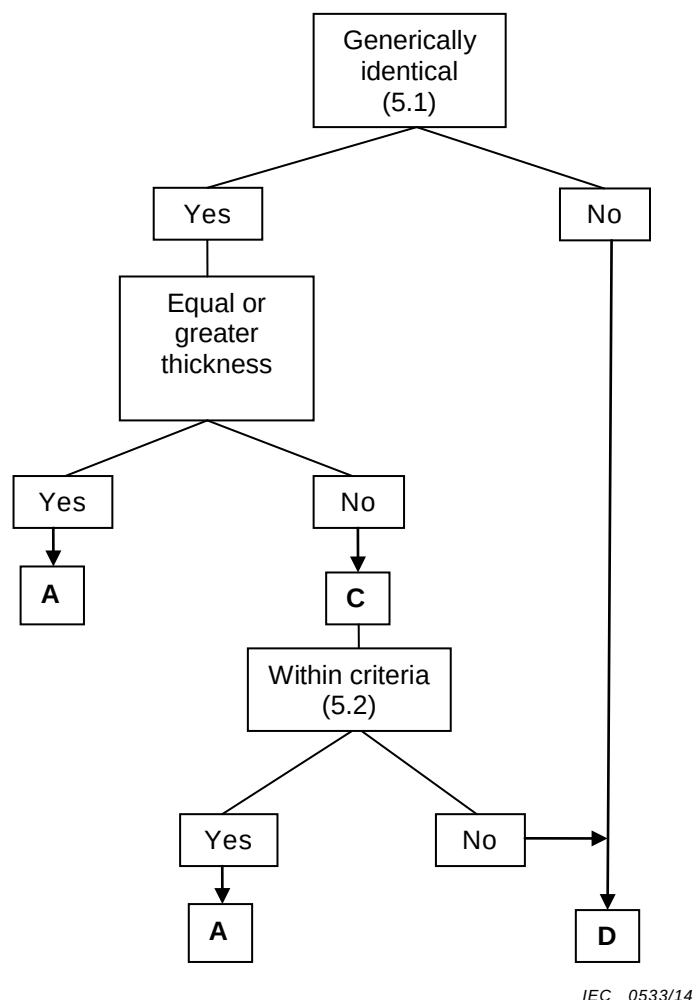


Figure 2 – Substitution of phase and ground insulation

5.1 Generically identical

"Generically identical" refers to both chemical and physical properties of the original and alternate materials having equal mechanical and electrical performances, in regards to the thermal endurance.

Basic chemical composition and physical identity can be established by analytical data based on appropriate analysis such as IR spectroscopic, thermogravimetric, differential thermal analysis (DTA) and/or atomic absorption analyses. The specific tests are typically agreed upon by the interested parties.

Generically identical and the same or increased thickness of an EIM can be substituted without additional test.

Substitution of generically identical EIM at a reduced thickness is allowed if it meets the criteria of Clause 10.

5.2 Substitution or addition of selected components and additives

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).

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 Clause 9. The thickness of the EIM shall not be less than that which was evaluated in the established EIS.

If none of the above conditions are met, full thermal aging in accordance with Clause 12 shall be conducted.

Generically identical properties and the same or increased thickness of an EIM can be substituted without additional test.

Representative samples of the established EIS (the reference EIS) and of the EIS with reduced EIM thicknesses (the candidate EIS) shall be evaluated in accordance with Clause 11.

6 Substitution of winding wire

6.1 Non bondable winding wire

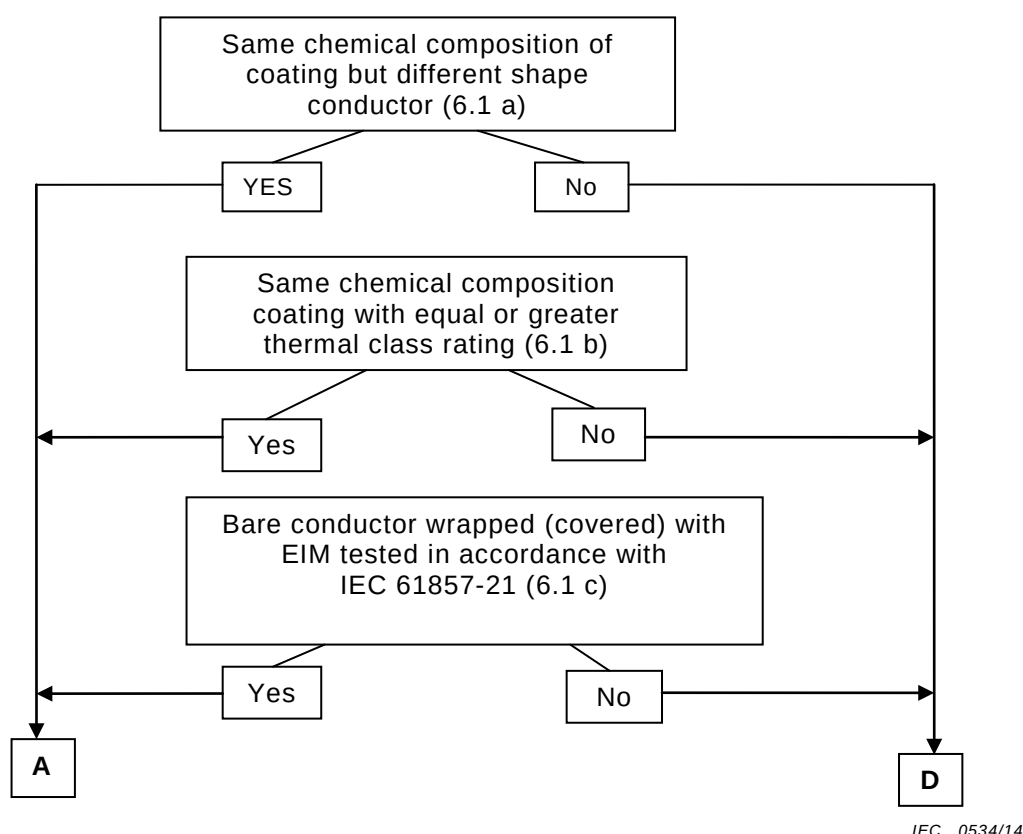


Figure 3 – Substitution of non-bondable winding wire

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:

- 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;
- 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 61857-21.

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 Bondable winding wire

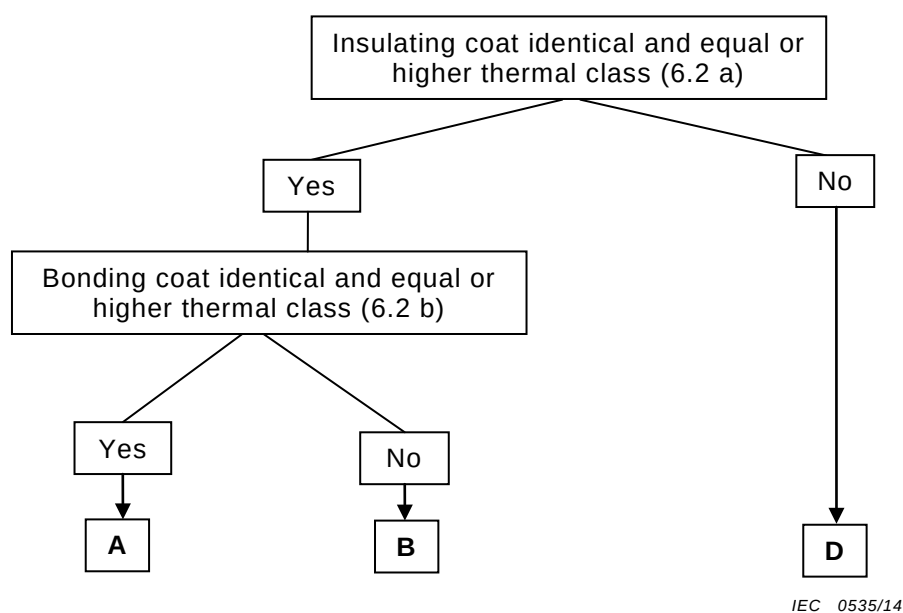
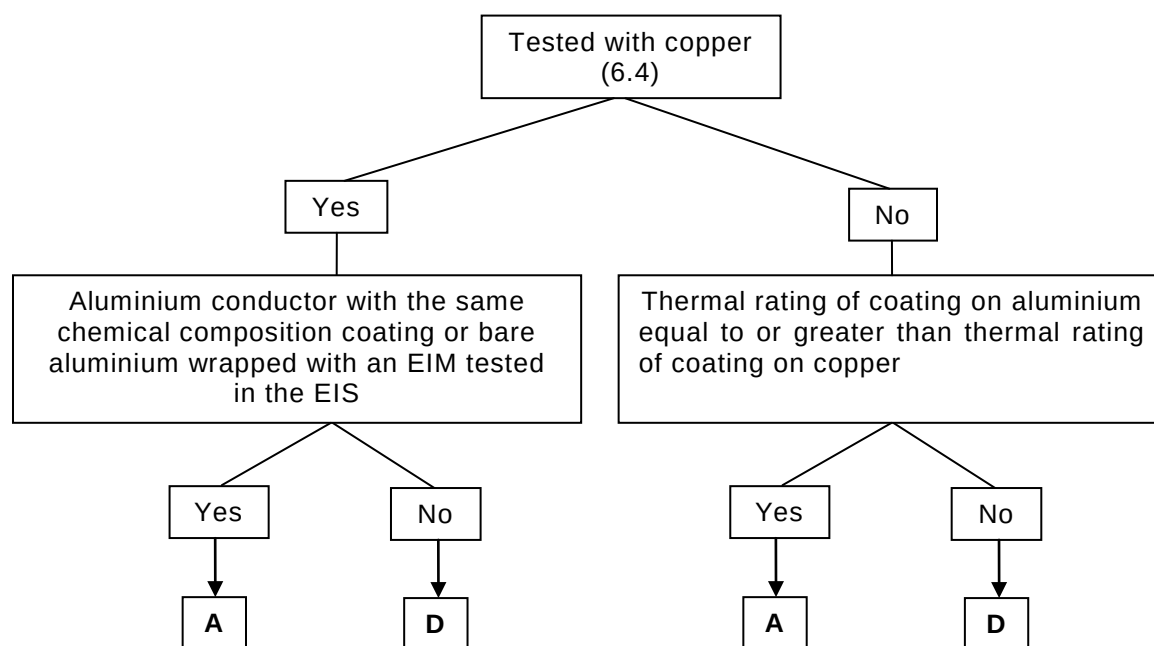


Figure 4 – Substitution of bondable winding wire

One bondable magnet wire is able to be substituted for another bondable magnet wire when the following a) or b) conditions are satisfied:

- the magnet wire insulating coating is identical and of equal or higher class as evaluated by the IEC 60317 series. The bondable coating is also chemically identical; procedure A applies;
- the magnet wire insulating coating is identical and of equal or higher class as evaluated by the IEC 60317 series. The bondable coat is chemically different, procedure B applies.

6.3 Substitution of conductor material



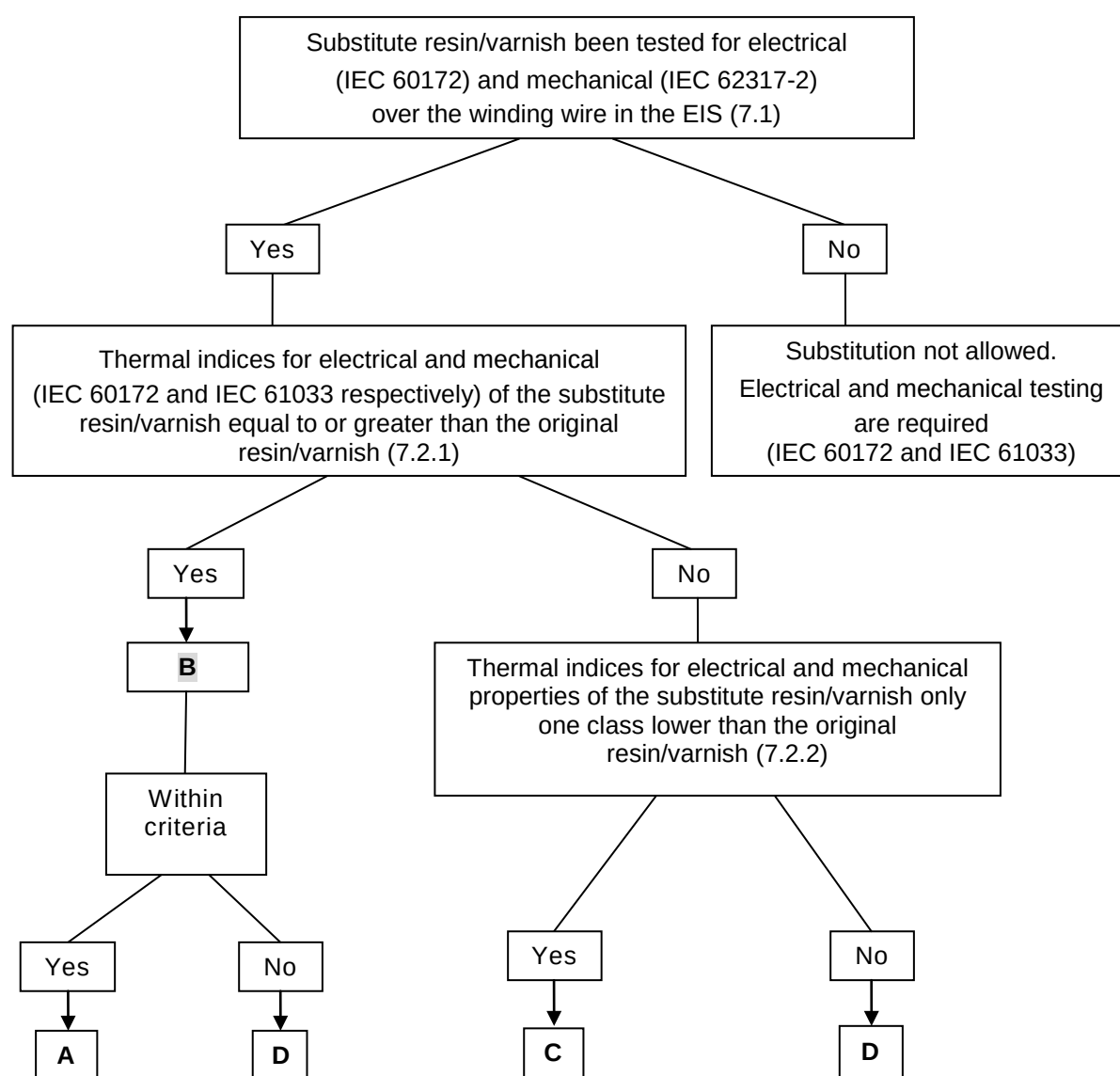
IEC 0536/14

Figure 5 – Substitution of conductor material

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

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

7 Substitution of impregnating resin/varnish



IEC 0537/14

Figure 6 – Substitution of impregnating resin/varnish

7.1 Thermal class determination

The thermal classes of both the candidate resin/varnish and the reference 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 Table 1 of IEC 60085:2007, 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 Clause 10; or
- based on acceptable results when tested according to Clause 11.

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 11.

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 for wire wound winding equipment.

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.

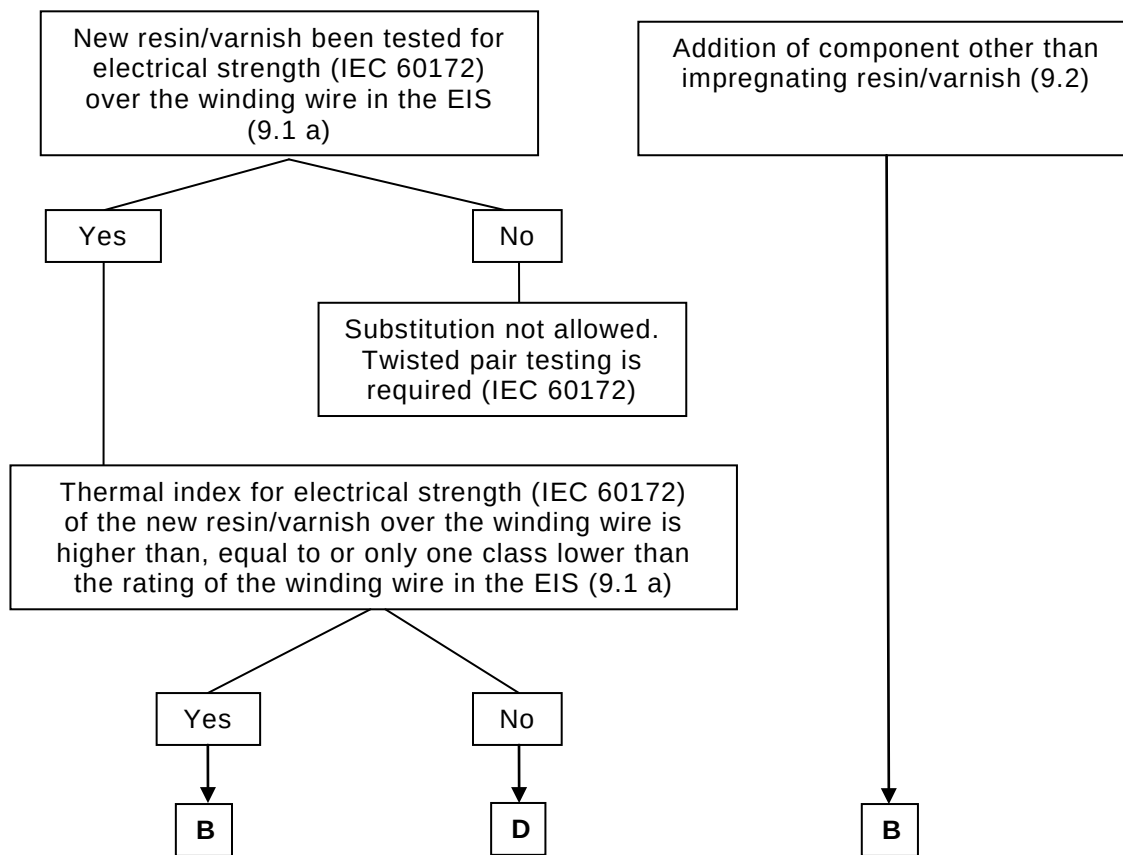
8.2 Previous evaluation

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 Clause 10. 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. Substitution or addition of select additives which is agreed upon by all interested parties as no effect to thermal degradation in an EIM may be allowed with no additional testing.

9 Evaluation of additions



IEC 0538/14

Figure 7 – Additions of resins/varnishes and other components used in combination with the EIMs evaluated in the EIS

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:

- 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;
- the candidate impregnating resin/varnish shall meet the criteria of 9.2.

9.2 Addition of other components

Other components that have to be used in conjunction with an established EIS shall be allowed based on acceptable results when tested for compatibility using the procedure Clause 10.

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

10 Chemical compatibility of a combination of materials

10.1 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.

10.2 Construction

10.2.1 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) TFE elastomer for exposure temperatures not exceeding 155 °C.

10.2.2 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;
Winding wire covered with fibrous material shall 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 mm²; moulding compounds shall have a minimum volume of 800 mm³; 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, sleeveings and tubing, potting compounds and encapsulants; sheet material shall have a surface area not less than 645 mm²; potting compounds and encapsulants shall have a minimum volume of 800 mm³; lead cable, sleeveings, tubing and tie cord shall have a minimum length of 25,4 mm.

10.2.3 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.

10.3 Test procedure

10.3.1 Preparation of tubes

The preparation of the tube assemblies shall be as follows:

a) Cleaning of the tubes

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) Drying of the tube

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) Setting of the specimen

The twisted pairs of wire shall be prepared in accordance with 10.2.2 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) Drying of the specimen

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) Assembly of the tubes

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.

Inspection of the tube sealing. 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) Aging

Tubes should 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.

10.3.2 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 °C .

10.3.3 Opening procedure

After thermal conditioning of the tubes as described in 10.3.2, the oven should be turned off and allowed to cool to room temperature before the tubes are removed. Tubes should remain sealed prior to evaluation, which shall not to be delayed for more than three days. The tubes

should then be opened and the winding wire samples carefully removed and separated so as to reduce mechanical damage.

10.3.4 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.

11 Single-point thermal ageing test (procedure C)

11.1 Test objects

Representative test objects of the established EIS (reference EIS) and the candidate EIS shall be constructed and tested in accordance with IEC 61857-21 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.

11.2 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 Figure 1 of IEC 61857-1:2008). 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).

NOTE The procedure is largely approximated, assuming that reference and candidate EIS have the same slope of the thermal endurance line.

11.3 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 ± 5 K of the EIS ATE value of the reference EIS. If the EIS RTE value of the candidate EIS is not within ± 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.

12 Full thermal aging test (procedure D)

Full thermal aging test shall be evaluated in accordance with the IEC 61857 series.

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 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;
- c) winding wire substitutions not permitted under either b) or c) shall be tested according to IEC 61857-1.

Table A.1 – Winding wire types – Round copper or aluminum conductor

	Chemical composition of enamel	Thermal class	Conductor	IEC designation
Solderable	Poly urethane with bonding layer	130	Copper	60317-2
	Poly urethane	130	Copper	60317-4
	Poly urethane/polyamide overcoated	130	Copper	60317-19
	Poly urethane	155	Copper	60317-20
	Poly urethane with bonding layer	155	Copper	60317-35
	Poly urethane/polyamide overcoated	155	Copper	60317-21
	Polyesterimide	180	Copper	60317-23
	Polyesterimide with bonding layer	180	Copper	60317-36
	Poly urethane	180	Copper	60317-51
	Poly urethane/polyamide overcoated	180	Copper	60317-55
Non-solderable	Polyvinyl acetal	105	Copper	60317-1
	Polyvinyl acetal	120	Copper	60317-12
	Polyester	130L	Copper	60317-34
	Polyester	155	Copper	60317-3
	Polyester	155L	Copper	60317-54
	Polyesterimide	180	Copper	60317-8
	Polyesterimide	180	Aluminium	60317-4
	Polyesterimide with bonding layer	180	Copper	60317-37
	Polyester or polyesterimide/polyamide overcoated	180	Copper	60317-22
	Glass fibre wound resin or varnish impregnated	180	Copper	60317-48
	Glass fibre wound resin or varnish impregnated	200	Copper	60317-50
	Polyester or polyesterimide/polyamide overcoated	200	Aluminium	60317-25
	Polyester or polyesterimide/polyamide—imide overcoated	200	Copper	60317-13
	Polyester or polyesterimide/polyamide—imide overcoated with bonding layer	200	Copper	60317-38
	Polyamide—imide	200	Copper	60317-26
	Polyester-amide-imide	200	Copper	60317-42

	Chemical composition of enamel	Thermal class	Conductor	IEC designation
	Aromatic polyamide tape wrapped	220	Copper	60317-53
	Poly amide-imide	220	Copper	60317-57
	Polyimide tape wrapped	240	Copper	60317-43
	Aromatic polyimide	240	Copper	60317-46

Annex B (informative)

Visual representations of coils

B.1 Form wound coils

Figures B.1 to B.4 show various visual representations of form wound coils.



IEC 0539/14

Figure B.1 – Form-wound coil comparison



IEC 0540/14

Figure B.2 – Form-wound coil comparison – Close-up



IEC 0541/14

Figure B.3 – Form-wound coil comparison – Different angle



IEC 0542/14

Figure B.4 – Form-wound coil detail

B.2 Precision-wound coil

Figures B.5 and B.6 show visual representations of precision-wound coils.



Figure B.5 – Examples of precision-wound coils

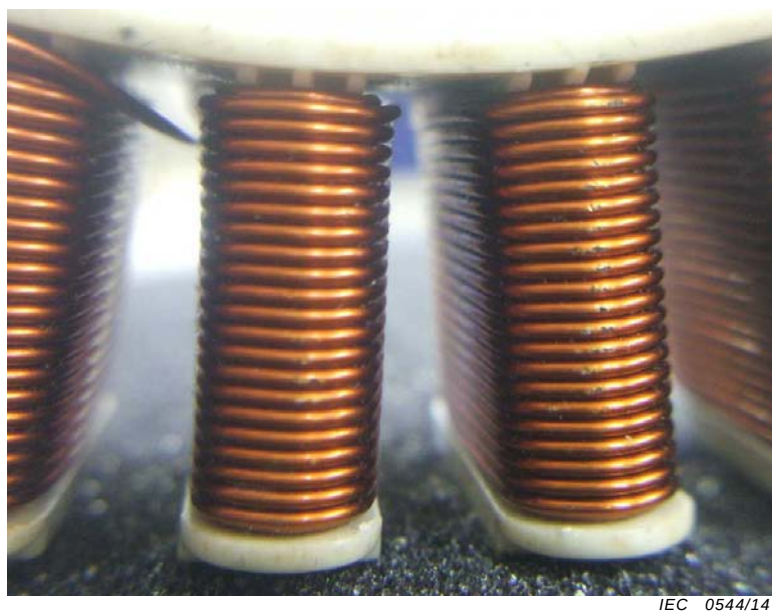


Figure B.6 – Example of precision-wound coil – Close-up

B.3 Random-wound coil

Figures B.7 and B.8 show visual representations of random-wound coils



Figure B.7 – Example of random-wound coil



Figure B.8 – Example of random-wound coil – Close-up

Bibliography

IEC 60034-18-21, *Rotating electrical machines – Part 18-21: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes et définitions	39
4 Considérations générales	41
5 Substitution d'isolation de phase ou d'isolation de mise à la terre	43
5.1 Génériquement identiques	43
5.2 Substitution ou ajout de composants et d'additifs sélectionnés.....	44
6 Substitution d'un fil de bobinage	44
6.1 Fil de bobinage non collable	44
6.2 Fil de bobinage collable	46
6.3 Substitution du matériau conducteur	47
7 Substitution de la résine et/ou du vernis d'imprégnation	48
7.1 Détermination de la classe thermique	48
7.2 Évaluation.....	49
7.2.1 Classes thermiques égales ou supérieures.....	49
7.2.2 Une classe thermique en dessous	49
7.2.3 Autres critères.....	49
8 Substitution d'autres matériaux d'isolation électrique	49
8.1 Matériaux techniquement équivalents	49
8.2 Évaluation prévisionnelle	49
8.3 Autres cas	50
9 Évaluation des additions.....	51
9.1 Addition d'une résine/d'un vernis d'imprégnation.....	51
9.2 Addition de composants.....	51
10 Compatibilité chimique d'une combinaison de matériaux.....	52
10.1 Généralités	52
10.2 Construction	52
10.2.1 Appareillage d'essai	52
10.2.2 Éprouvettes de matériau	52
10.2.3 Contenu du tube.....	52
10.3 Procédure d'essai	53
10.3.1 Préparation des tubes	53
10.3.2 Conditionnement thermique.....	54
10.3.3 Procédure d'ouverture.....	54
10.3.4 Évaluation des échantillons	54
11 Essai de vieillissement thermique en un seul point (procédure C).....	54
11.1 Éprouvettes	54
11.2 Indice d'endurance thermique relative du SIE (RTE du SIE).....	54
11.3 Interprétation des résultats	55
12 Essai de vieillissement thermique complet (procédure D)	55
Annexe A (normative) Classes de fil de bobinage	56

Annexe B (informative) Représentations visuelles des bobines	58
B.1 Bobines préformées	58
B.2 Bobine à enroulements de précision	59
B.3 Bobine à enroulements en vrac	60
Bibliographie.....	62
Figure 1 – Vue d'ensemble des méthodes d'évaluation	42
Figure 3 – Substitution d'un fil de bobinage non collable	44
Figure 4 – Substitution d'un fil de bobinage collable.....	46
Figure 5 – Substitution du matériau du conducteur	47
Figure 6 – Substitution de résine/vernis d'imprégnation	48
Figure 7 – Additions de résines/vernis et autres composants utilisés dans une combinaison avec les MIE évalués dans le SIE.....	51
Figure B.1 – Comparaison de bobines préformées	58
Figure B.2 – Comparaison de bobines préformées – Gros plan.....	58
Figure B.3 – Comparaison de bobines préformées – Angle différent	59
Figure B.4 – Détail de bobines préformées	59
Figure B.5 – Exemples de bobines à enroulements de précision	60
Figure B.6 – Exemple de bobine à enroulements de précision – Gros plan	60
Figure B.7 – Exemple de bobine à enroulements en vrac	61
Figure B.8 – Exemple de bobine à enroulements en vrac – Gros plan.....	61
Tableau 1 – Méthodes d'essai de vieillissement thermique pour les résines/vernis	49
Tableau A.1 – Types de fil de bobinage – Conducteur en cuivre ou en aluminium de section circulaire.....	56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE – ÉVALUATION THERMIQUE DES MODIFICATIONS APPORTÉES À UN SYSTÈME D'ISOLATION ÉLECTRIQUE (SIE) ÉPROUVÉ –

Partie 1: Système d'isolation électrique à enroulements à fils

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61858-1 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Évaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Cette première édition de l'IEC 61858-1 annule et remplace la troisième édition de l'IEC 61858, parue en 2008. La présente édition constitue une révision technique et éditoriale.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) cette partie est spécifiquement pour bobinée enroulement SIE;
- b) nouveaux chiffres et graphiques appuient le contenu.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
112/252/CDV	112/275/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61858, publiées sous le titre général *Systèmes d'isolation électriques – Evaluation thermique des modifications apportées à un système d'isolation électrique (SIE) éprouvé à enroulements à fil*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

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 dispositifs électrotechniques à enroulements à fils, et pour évaluer les effets de ces modifications sur la classification thermique du SIE éprouvé.

La présente Partie 1 de l'IEC 61858 concerne les SIE à enroulements à fils. La Partie 2 de l'IEC 61858 traite des modifications des SIE à enroulements préformés.

L'IEC 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 l'IEC 60505.

La classification thermique d'un SIE est soit établie selon une durée de vie en service connue, conformément à l'IEC 60505, soit évaluée conformément à la série IEC 61857.

SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE – ÉVALUATION THERMIQUE DES MODIFICATIONS APPORTÉES À UN SYSTÈME D'ISOLATION ÉLECTRIQUE (SIE) ÉPROUVÉ –

Partie 1: Système d'isolation électrique à enroulements à fils

1 Domaine d'application

La présente Partie de l'IEC 61858 énumère 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. La présente norme s'applique aux SIE utilisés dans les dispositifs électrotechniques à enroulements à fils. Les procédures d'essai sont comparatives en ce qu'elles se font par comparaison des performances d'un SIE candidat avec celles d'un SIE de référence dont l'expérience en service a été démontrée conformément à l'IEC 60505, ou qui a été évalué par une des procédures décrites dans la série IEC 61857.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60085:2007, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

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

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

IEC 60317-1, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 1: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec acétal de polyvinyle, classe 105*

IEC 60317-2, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 2: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable, classe 130, avec une couche adhérente*

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

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

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

IEC 60317-12, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 12: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec acétal de polyvinyle, classe 120*

IEC 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*

IEC 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*
(retirée)¹

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

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

IEC 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*

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

IEC 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*

IEC 60317-26, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 26: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyamide-imide, classe 200*

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

IEC 60317-35, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 35: Fil brasable de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane, classe 155, avec une couche adhérente*

IEC 60317-36, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 36: Fil brasable de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180, avec une couche adhérente*

IEC 60317-37, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 37: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyesterimide, classe 180, avec une couche adhérente*

IEC 60317-38, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 38: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200, avec une couche adhérente*

IEC 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*

¹ Retirée.

IEC 60317-43, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 43: Fil de section circulaire en cuivre recouvert d'un ruban de polyimide aromatique, classe 240*

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

IEC 60317-48, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 48: Fil de section circulaire en cuivre nu ou émaillé, recouvert d'un guipage de fibres de verre imprégnées de résine ou de vernis, indice de température 155*

IEC 60317-50, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 50: Fil de section circulaire en cuivre nu ou émaillé, recouvert d'un guipage de fibres de verre imprégnées de résine de silicone ou de vernis, indice de température 200*

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

IEC 60317-53, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 53: Fil de section rectangulaire en cuivre enveloppé par un ruban polyamide aromatique (aramide), d'indice de température 220*

IEC 60317-54, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 54: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyester, classe 155 L*
(rétirée)²

IEC 60317-55, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 55: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyuréthane brasable et avec surcouche polyamide, classe 180*

IEC 60317-57, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 57: Fil de section circulaire en cuivre émaillé avec polyamide-imide, classe 220*

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

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

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

IEC 61857-1:2008, *Systèmes d'isolation électrique – Procédures d'évaluation thermique – Partie 1: Exigences générales – Basse tension*

IEC 61857-21, *Systèmes d'isolation électrique – Procédures d'évaluation thermique – Partie 21: Exigences particulières pour les modèles d'usage général – Applications aux enroulements à fil*

IEC 62317-2, *Noyaux ferrites – Dimensions – Partie 2: Circuits magnétiques en pots utilisés dans des applications de télécommunications, d'alimentation électrique et de filtre*

3 Termes et définitions

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

² Retirée.

3.1

fil de bobinage émaillé

conducteur isolé fabriqué conformément à la série IEC 60317

3.2

fil de bobinage isolé enveloppé

conducteur isolé, qu'il soit de section circulaire ou profilée, dans lequel l'isolation est appliquée sous la forme d'un ruban, avec ou sans adhésif, fabriqué à partir d'un film ou d'un papier et appliquée au conducteur, fabriqué conformément à la série IEC 60317

3.3

bobines à enroulements en vrac

bobines destinées à être utilisées dans un dispositif électrotechnique constituées d'un fil de bobinage émaillé sans se préoccuper de l'emplacement des spires

3.4

bobines à enroulements de précision

bobines destinées à être utilisées dans un dispositif électrotechnique constituées d'un fil de bobinage émaillé où chaque spire est positionnée d'une manière spécifique et en succession

3.5

bobine à enroulements préformés

fil rectangulaire formé en une bobine destinée à être utilisée dans un dispositif électrotechnique

Note 1 à l'article: Habituellement fabriquée avec un conducteur isolé, elle peut être émaillée, être enveloppée de fibre ou être émaillée avec une enveloppe fibreuse. Ensuite, la bobine est enroulée, elle reçoit plusieurs couches d'isolation enveloppée par un ruban et elle est imprégnée sous vide ou sous dépression d'une résine, ou elle est recouverte de couches suffisantes de ruban à l'état B préimprégné et elle est traitée en utilisant une méthode riche en résine.

3.6

système d'isolation électrique à enroulements à fils

SIE évalué avec les bobines à enroulements à fils qui sont soit à enroulement en vrac, soit à enroulement de précision, pas les bobines à enroulements préformés

3.7

dispositif électrotechnique à enroulements à fils

dispositif électrotechnique conçu en utilisant un SIE à enroulements à fils

3.8

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

3.9

matériau isolant électrique

MIE

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

3.10

SIE candidat

SIE en évaluation en ce qui concerne son endurance thermique pour l'aptitude en service

3.11

SIE de référence

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

3.12**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

Note 1 à l'article: L'abréviation "ATE" est dérivé du terme anglais développé correspondant "assessed thermal endurance".

3.13**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

Note 1 à l'article: L'abréviation "RTE" est dérivé du terme anglais développé correspondant "relative thermal endurance".

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 sélectionnant les procédures d'évaluation suivantes:

- Procédure A Sans essai
- Procédure B Essai de compatibilité conformément à l'Article 10
- Procédure C Essai de vieillissement thermique en un seul point l'Article 11
- Procédure D Essai de vieillissement thermique complet conformément à l'Article 12

Les principaux points d'évaluation sont les suivants:

- a) l'effet sur la durée de vie thermique du système d'isolation électrique si l'épaisseur d'un MIE est modifiée;
- b) 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 l'IEC 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 l'IEC 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 Figure 1 ci-après est une vue d'ensemble de la présente norme pour orienter les choix des articles utiles à une évaluation.

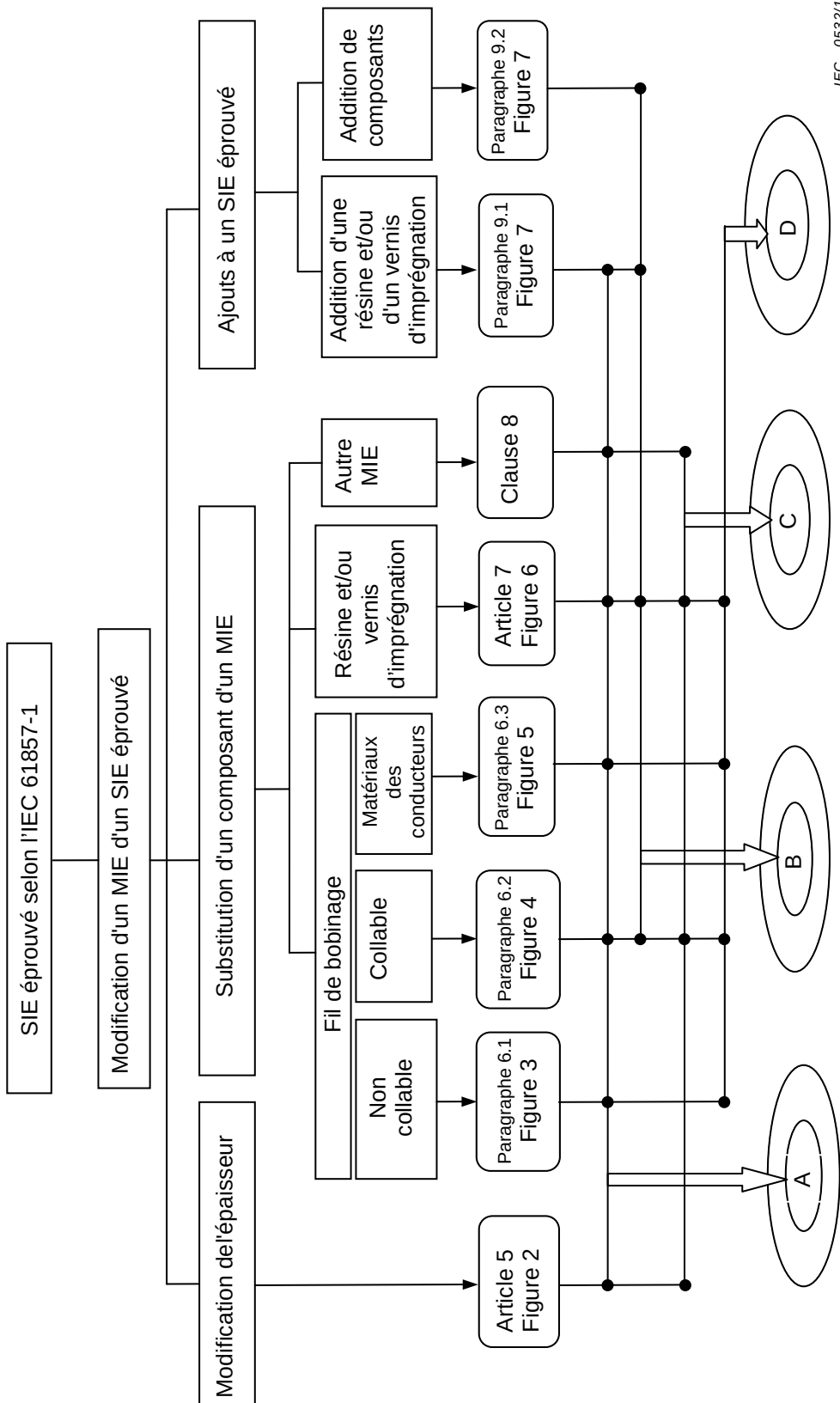


Figure 1 – Vue d'ensemble des méthodes d'évaluation

5 Substitution d'isolation de phase ou d'isolation de mise à la terre

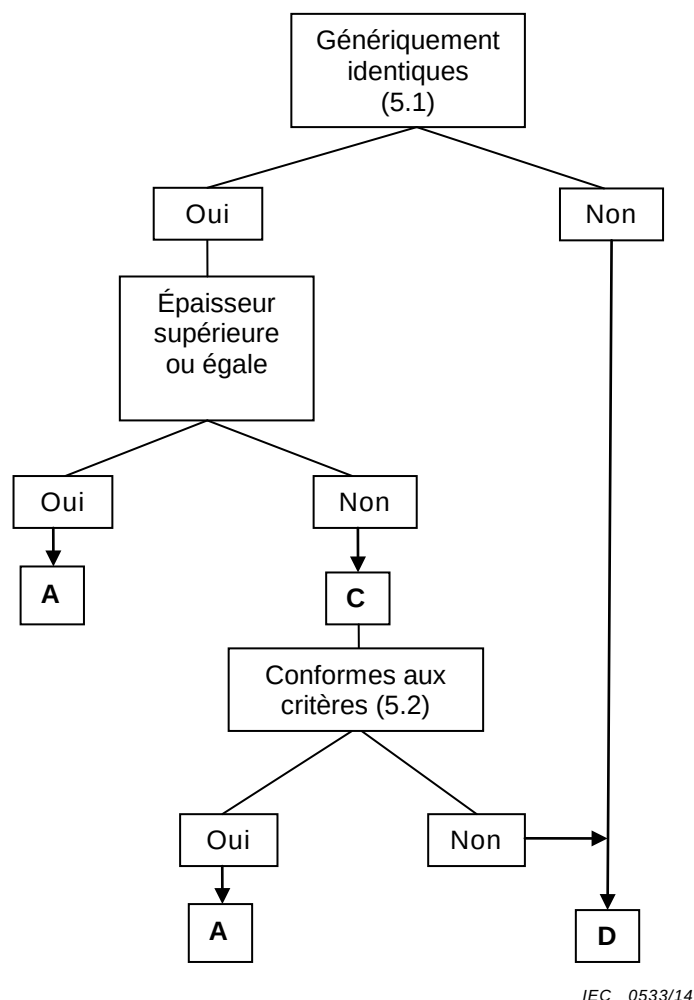


Figure 2 – Substitution d'isolation de phase et d'isolation de mise à la terre

5.1 Génériquement identiques

"Génériquement identiques" se rapporte aux propriétés tant chimiques que physiques des matériaux d'origine et des matériaux de remplacement ayant des performances mécaniques et électriques égales, en ce qui concerne l'endurance thermique.

L'identité physique et de composition chimique de base peut être établie par des données analytiques basées sur une analyse appropriée telle que l'analyse spectroscopique IR, l'analyse thermogravimétrique, l'analyse thermique différentielle (DTA) et/ou l'analyse d'absorption atomique. Les essais spécifiques sont typiquement décidés par accord entre les parties prenantes intéressées.

Les propriétés génériquement identiques et l'épaisseur identique ou accrue d'un MIE peuvent être substituées sans essai complémentaire.

La substitution des MIE génériquement identiques à une épaisseur réduite est autorisée si elle satisfait aux critères de l'Article 10.

5.2 Substitution ou ajout de composants et d'additifs sélectionnés

La substitution ou l'ajout des additifs sélectionnés dans un matériau d'isolation électrique peut être autorisé(e) avec des essais supplémentaires réduits ou sans essai supplémentaire (en cas d'accord entre toutes les parties intéressées).

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'Article 9. L'épaisseur du MIE ne doit pas être inférieure à celle qui a été évaluée dans le SIE éprouvé.

Si aucune des conditions ci-dessus n'est remplie, un vieillissement thermique complet conforme à l'Article 12 doit être mené.

Les propriétés génériquement identiques et l'épaisseur identique ou accrue d'un MIE peuvent être substituées sans essai complémentaire.

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 11.

6 Substitution d'un fil de bobinage

6.1 Fil de bobinage non collable

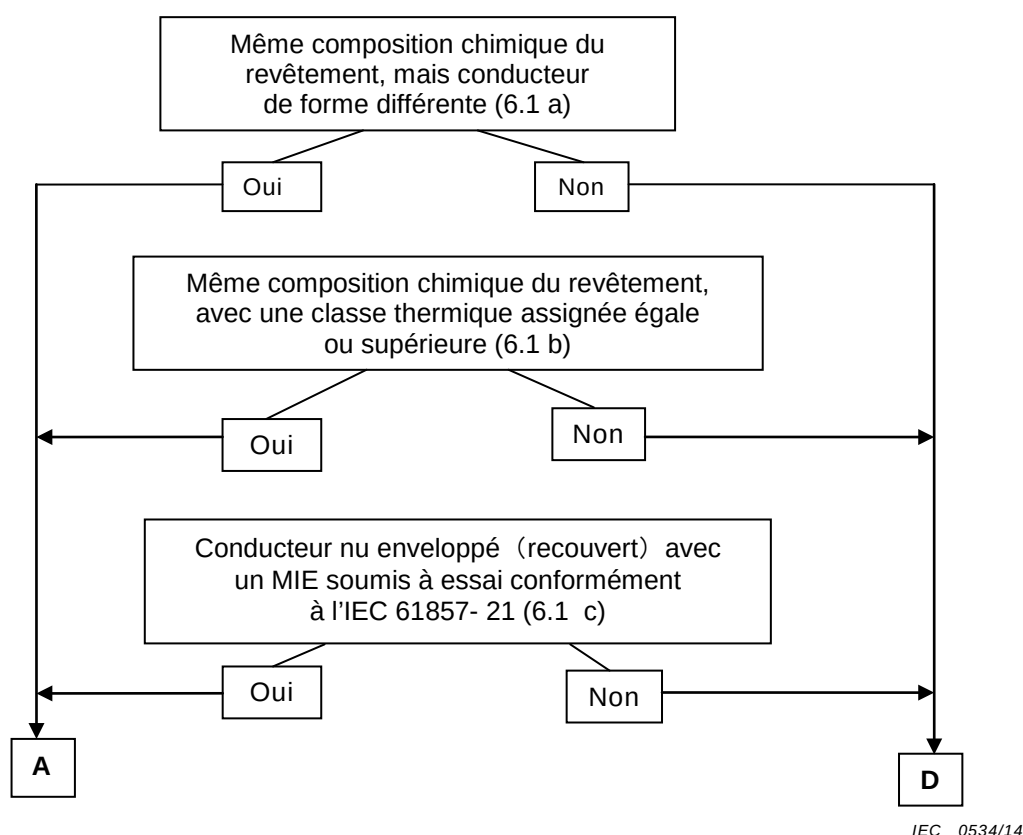


Figure 3 – Substitution d'un fil de bobinage non collable

La substitution d'un fil de bobinage déjà évalué dans un système d'isolation électrique éprouvé peut être effectuée 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 l'IEC 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 il est d'une taille ou d'une forme différente;
- b) le fil de bobinage est conforme à une spécification de l'IEC 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 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 l'IEC 61857-21.

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 subies au cours de l'essai de vieillissement.

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

6.2 Fil de bobinage collable

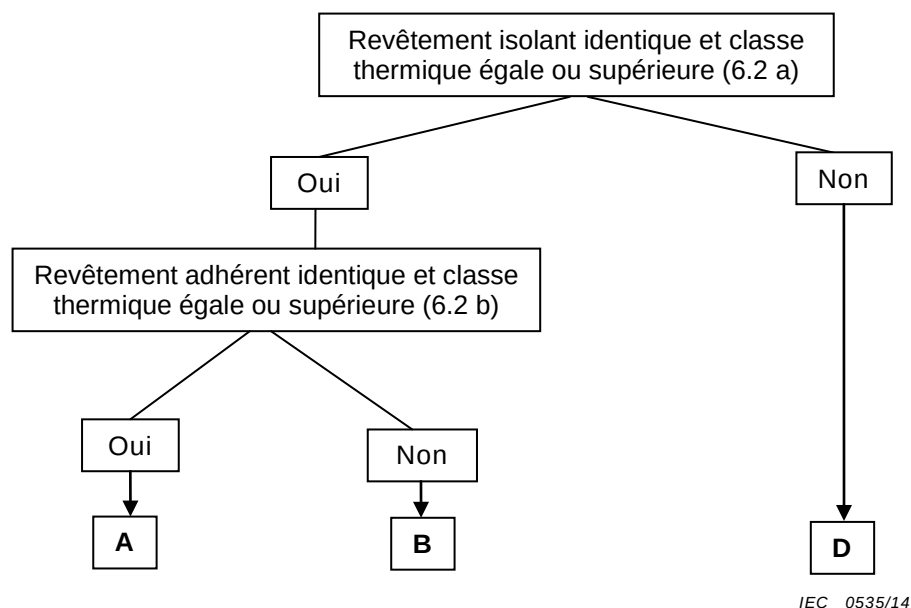


Figure 4 – Substitution d'un fil de bobinage collable

Un fil de bobinage magnétique collable donné est capable de remplacer un autre fil de bobinage magnétique collable lorsque les conditions a) ou b) suivantes sont remplies:

- a) le revêtement isolant du fil de bobinage magnétique est identique et de classe égale ou supérieure à celle évaluée par la série IEC 60317. Le revêtement collable est également chimiquement identique, la procédure A s'applique;
- b) le revêtement isolant du fil de bobinage magnétique est identique et de classe égale ou supérieure à celle évaluée par la série IEC 60317. Le revêtement collable est chimiquement différent, la procédure B s'applique.

6.3 Substitution du matériau conducteur

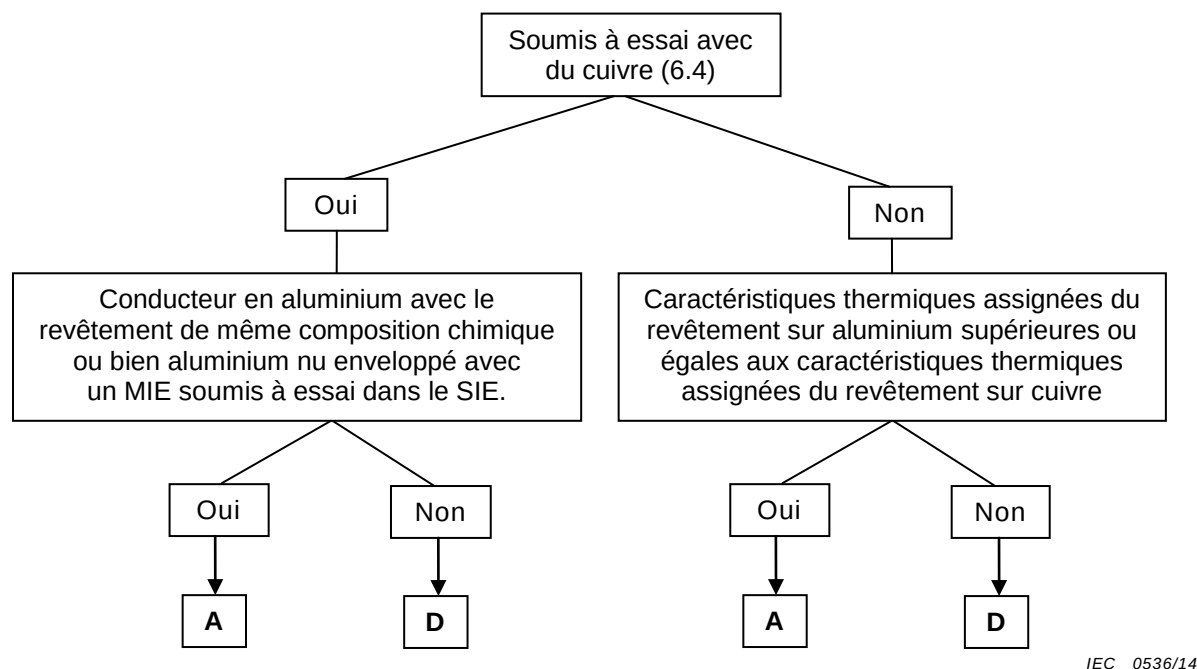
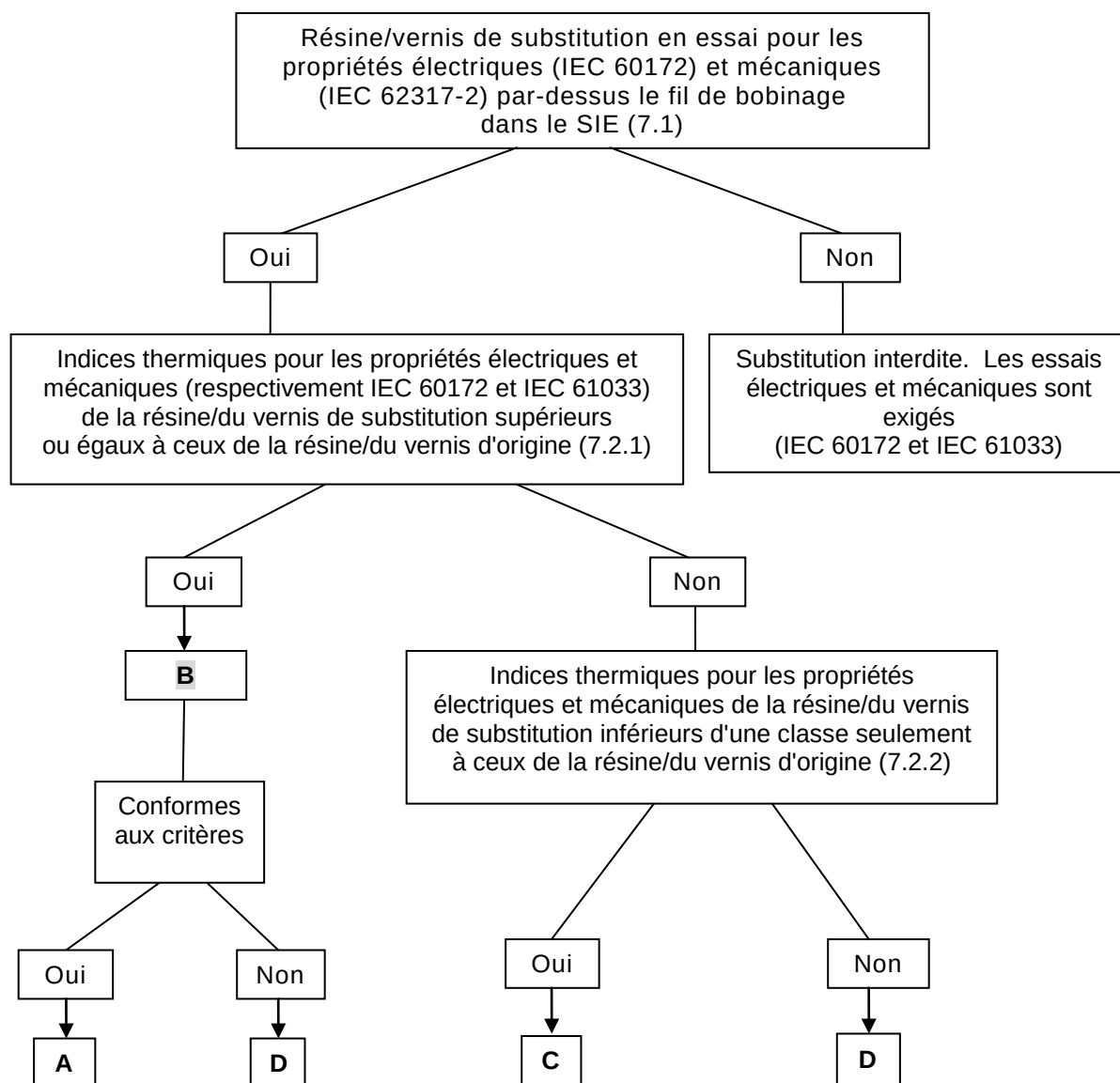


Figure 5 – Substitution du matériau du conducteur

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 substitution soit établie comme égale ou supérieure à celle du fil de bobinage évalué.

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



IEC 0537/14

Figure 6 – Substitution de résine/vernis d'imprégnation

7.1 Détermination de la classe thermique

Les classes thermiques, à la fois de la résine/du vernis candidat(e) et de la résine/du vernis utilisé(e)s dans le système d'isolation électrique éprouvé doivent être déterminées par comparaison avec les données du vieillissement thermique fournies par les fabricants, 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/verniss

Méthode d'essai	Désignation IEC
Paires torsadées	IEC 60172, spécifiant la combinaison particulière des résines et/ou vernis des fils de bobinage
Bobine hélicoïdale	IEC 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 est définie par sa valeur pour 20 000 h. La classe thermique de la bobine hélicoïdale assignée à la combinaison particulière des résines et/ou vernis des fils de bobinage doit être inférieure ou égale à l'indice de température (voir Tableau 1 de l'IEC 60085:2007, Attribution des classes thermiques).

7.2 Évaluation

7.2.1 Classes thermiques égales ou supérieures

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

- a) sur la base de résultats acceptables pour des essais de compatibilité utilisant l'Article 10, ou
- b) sur la base de résultats acceptables pour des essais conformes à l'Article 11.

7.2.2 Une classe thermique en dessous

Si l'une et/ou l'autre des classes thermiques de la résine/du vernis d'imprégnation candidat(e) (paire torsadée et/ou bobine hélicoïdale) ne se situe(nt) pas plus d'une classe thermique en dessous de la résine/du vernis d'imprégnation du système d'isolation électrique éprouvé, la substitution est autorisée sur la base de résultats acceptables pour des essais conformes à l'Article 11.

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

7.2.3 Autres critères

Une résine/un vernis ne satisfaisant pas aux critères ci-dessus doit être évalué(e) conformément à l'IEC 61857-1 pour le matériel à enroulements à fils.

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.

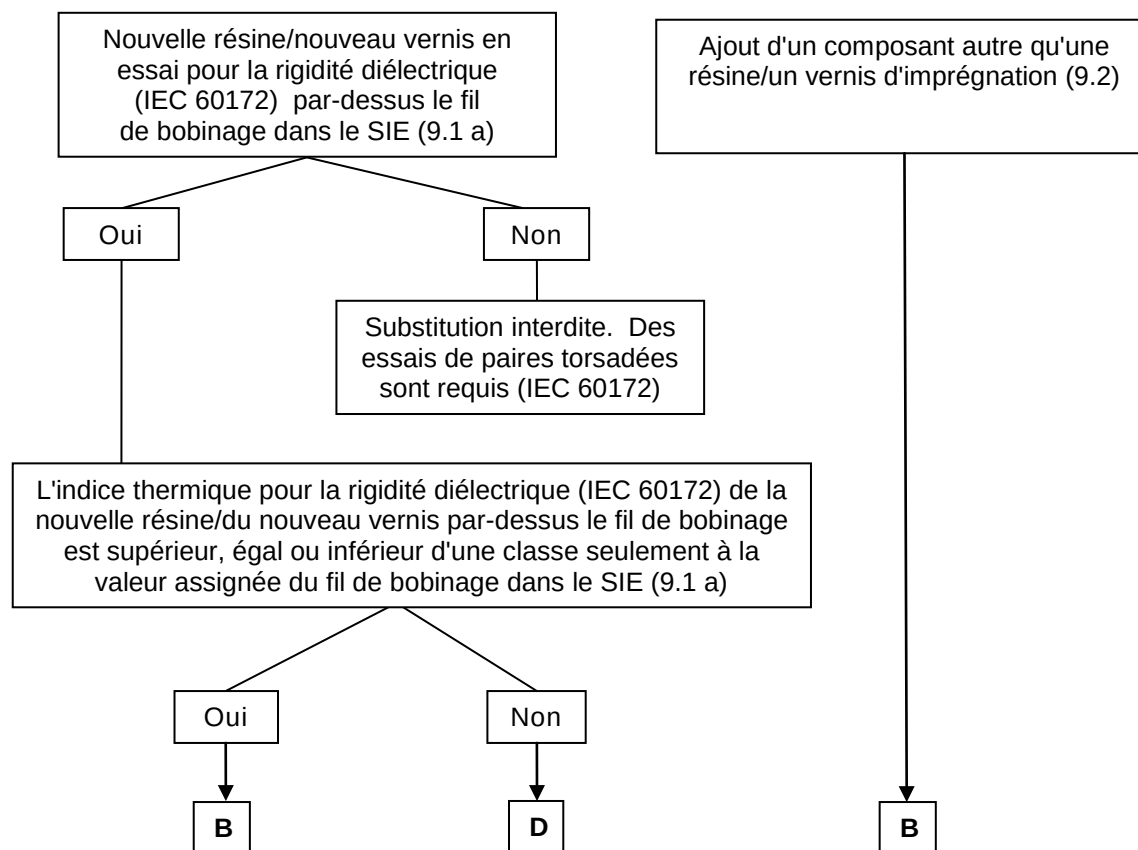
8.2 Évaluation prévisionnelle

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'Article 10. L'épaisseur du MIE dans le SIE ne doit pas être inférieure à celle qui a été évaluée dans le SIE éprouvé.

8.3 Autres cas

La substitution ou l'ajout de tout autre matériau d'isolation électrique doit imposer une évaluation thermique complète selon l'IEC 61857-1. La substitution ou l'ajout d'additifs sélectionnés qui est accepté(e) par toutes les parties intéressées comme n'ayant pas d'effet sur la dégradation thermique dans un MIE peut être autorisée sans essai supplémentaire.

9 Évaluation des additions



IEC 0538/14

Figure 7 – Additions de résines/verniss et autres composants utilisés dans une combinaison avec les MIE évalués dans le SIE

9.1 Addition d'une résine/d'un vernis d'imprégnation

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

- la résine/le vernis d'imprégnation doit être évalué(e) avec le fil de bobinage particulier selon l'IEC 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;
- la résine/ le vernis d'imprégnation candidat(e) 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'Article 10.

NOTE Ces matériaux sont typiquement utilisés dans des fonctions mécaniques, de transfert de chaleur, de décoration ou autres fonctions non soumises à des contraintes électriques.

10 Compatibilité chimique d'une combinaison de matériaux

10.1 Généralités

La présente procédure d'essai 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.

10.2 Construction

10.2.1 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 les tubes préférentiels;
 - 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 TFE quand les températures d'exposition ne dépassent pas 155 °C.

10.2.2 Éprouvettes 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 soumis à essai conformément à l'IEC 60172; au moins cinq échantillons de fil de bobinage doivent être évalués pour chaque tube;
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 mm²; les moulages doivent avoir un volume d'au moins 800 mm³; 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 avec le SIE comme les câbles de dérivation, l'isolation en feuille, les attaches, rubans, gaines et tubes, empotages et enrobages; le matériau en feuille doit avoir une zone de surface d'au moins 645 mm², empotages et enrobages doivent avoir un volume d'au moins 800 mm³; câbles de dérivation, gaines, tubes et attaches doivent avoir une longueur supérieure à 25,4 mm.

10.2.3 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.

10.3 Procédure d'essai

10.3.1 Préparation des tubes

La préparation des ensembles de tubes doit être la suivante:

a) Nettoyage des tubes

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) Séchage du tube

Les tubes, joints d'étanchéité, prises, écrous et boulons doivent être conditionnés pendant au moins 1 h dans un four maintenu à $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, et doivent ensuite être enlevés du four et les échantillons immédiatement insérés.

c) Montage des éprouvettes

Les paires torsadées de fils doivent être préparées conformément à 10.2.2 a) et être soumises à l'essai diélectrique conformément à l'IEC 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) Séchage des éprouvettes

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 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$. Si des tubes de verre ouverts sont utilisés, la température du four doit être de $135\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$. 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) Assemblage des tubes

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.

Inspection de l'étanchéité du tube. À moins que des tubes de verre ouverts ne soient utilisés, il convient que l'assemblage encore chaud soit immédiatement renversé dans de l'eau à 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'étuve, 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) Vieillissement

Il convient de placer les tubes 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.

10.3.2 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.

10.3.3 Procédure d'ouverture

Après le conditionnement thermique des tubes comme décrit en 10.3.2, il convient d'éteindre le four et de laisser sa température redescendre à la température ambiante avant que les tubes ne soient enlevés. Il convient que les tubes restent scellés en attendant l'évaluation qui ne doit pas être reportée à plus de trois jours. Il convient que les tubes soient ensuite ouverts et les échantillons de fils de bobinage enlevés avec précaution séparément afin de réduire les dommages mécaniques.

10.3.4 Évaluation des échantillons

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

- 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 à 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'éprouvette.
- 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 exigées 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 avant l'essai en accord avec les parties concernées.
- 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.

11 Essai de vieillissement thermique en un seul point (procédure C)

11.1 Eprouvettes

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 l'IEC 61857-21, avec les exceptions suivantes:

- les SIE de référence et candidat doivent être soumis aux essais concurremment à la même température;
- il convient de choisir la température 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;
- 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.

11.2 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 l'IEC 61857-1:2008). 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).

NOTE La procédure est fortement approchée, en supposant que les EIS de référence et candidat ont la même pente pour la ligne d'endurance thermique.

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

12 Essai de vieillissement thermique complet (procédure D)

L'essai de vieillissement thermique complet doit être évalué conformément à la série IEC 61857.

Annexe A (normative)

Classes de fil de bobinage

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

- 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;
- les fils de bobinage 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;
- les substitutions de fils de bobinage qui ne sont pas permises selon b) ou c) doivent être soumises aux essais selon l'IEC 61857-1.

Tableau A.1 – Types de fil de bobinage – Conducteur en cuivre ou en aluminium de section circulaire

	Composition chimique de l'émail	Classe thermique	Conducteur	Désignation IEC
Brasable	Polyuréthane avec une couche adhérente	130	Cuivre	60317-2
	Polyuréthane	130	Cuivre	60317-4
	Polyuréthane/avec surcouche polyamide	130	Cuivre	60317-19
	Polyuréthane	155	Cuivre	60317-20
	Polyuréthane avec une couche adhérente	155	Cuivre	60317-35
	Polyuréthane/avec surcouche polyamide	155	Cuivre	60317-21
	Polyesterimide	180	Cuivre	60317-23
	Polyesterimide avec une couche adhérente	180	Cuivre	60317-36
	Polyuréthane	180	Cuivre	60317-51
	Polyuréthane/avec surcouche polyamide	180	Cuivre	60317-55
Non brasable	Acétal de polyvinyle	105	Cuivre	60317-1
	Acétal de polyvinyle	120	Cuivre	60317-12
	Polyester	130L	Cuivre	60317-34
	Polyester	155	Cuivre	60317-3
	Polyester	155L	Cuivre	60317-54
	Polyesterimide	180	Cuivre	60317-8
	Polyesterimide	180	Aluminium	60317-4
	Polyesterimide avec une couche adhérente	180	Cuivre	60317-37
	Polyester ou polyesterimide/avec surcouche polyamide	180	Cuivre	60317-22
	Guipé de fibres de verre imprégnées de vernis ou de résine	180	Cuivre	60317-48
	Guipé de fibres de verre imprégnées de vernis ou de résine	200	Cuivre	60317-50
	Polyester ou polyesterimide/avec surcouche polyamide	200	Aluminium	60317-25

	Composition chimique de l'émail	Classe thermique	Conducteur	Désignation IEC
	Polyester ou polyesterimide/avec surcouche polyamide – imide	200	Cuivre	60317-13
	Polyester ou polyesterimide/avec surcouche polyamide – imide avec une couche adhérente	200	Cuivre	60317-38
	Polyamide – imide	200	Cuivre	60317-26
	Polyester-amide-imide	200	Cuivre	60317-42
	Enveloppé par un ruban polyamide aromatique	220	Cuivre	60317-53
	Polyamide-imide	220	Cuivre	60317-57
	Recouvert d'un ruban de polyimide	240	Cuivre	60317-43
	Polyimide aromatique	240	Cuivre	60317-46

Annexe B (informative)

Représentations visuelles des bobines

B.1 Bobines préformées

Les Figures B.1 à B.4 présentent diverses représentations visuelles de bobines préformées.



IEC 0539/14

Figure B.1 – Comparaison de bobines préformées



IEC 0540/14

Figure B.2 – Comparaison de bobines préformées – Gros plan



IEC 0541/14

Figure B.3 – Comparaison de bobines préformées – Angle différent



IEC 0542/14

Figure B.4 – Détail de bobines préformées

B.2 Bobine à enroulements de précision

Les Figures B.5 et B.6 présentent des représentations visuelles de bobines à enroulements de précision.



Figure B.5 – Exemples de bobines à enroulements de précision

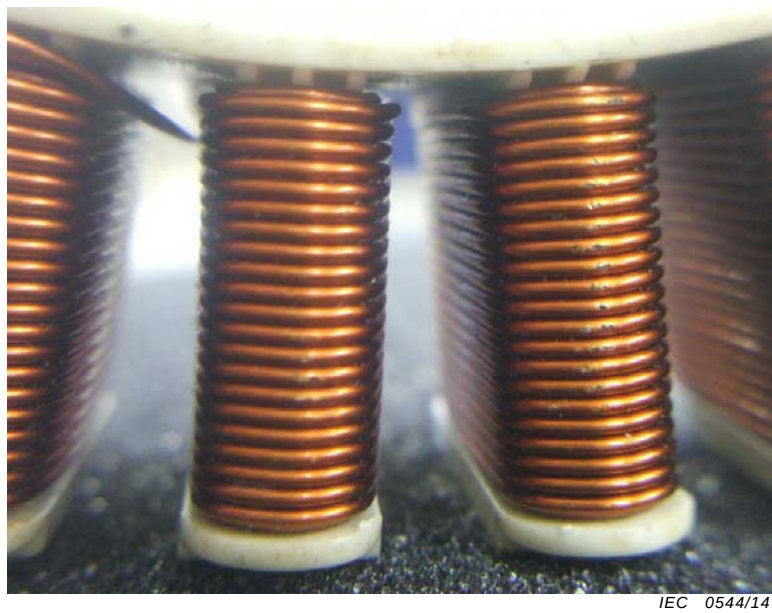


Figure B.6 – Exemple de bobine à enroulements de précision – Gros plan

B.3 Bobine à enroulements en vrac

Les Figures B.7 et B.8 présentent des représentations visuelles de bobines à enroulements en vrac.



Figure B.7 – Exemple de bobine à enroulements en vrac



Figure B.8 – Exemple de bobine à enroulements en vrac – Gros plan

Bibliographie

IEC 60034-18-21, *Machines électriques tournantes – Partie 18-21: Évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Évaluation thermique et classification*

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

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
www.iec.ch