

# TECHNICAL SPECIFICATION

# SPECIFICATION TECHNIQUE



---

**Electrical insulation systems (EIS) – Thermal evaluation of combined liquid and solid components –  
Part 2: Simplified test**

**Systèmes d'isolation électrique (SIE) – Évaluation thermique de composants liquides et solides combinés –  
Partie 2: Essai simplifié**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

T

---

ICS 29.080.30

ISBN 978-2-8322-1514-2

**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 Thermal ageing test apparatus .....	10
4.1 General description.....	10
4.2 Sealed tubes.....	10
4.3 Gas blanketing system.....	11
4.4 Pressure relief system .....	11
4.5 Ageing ovens.....	11
5 Construction of the test object .....	12
5.1 General.....	12
5.2 Determination of component weights.....	12
5.3 Test object.....	12
5.3.1 Conductor insulation .....	12
5.3.2 Other solid insulation components .....	13
5.3.3 Liquid component .....	13
5.3.4 Structural components .....	13
5.3.5 Other components .....	13
6 Test procedures .....	14
6.1 General.....	14
6.2 Preparation of the test objects .....	14
6.2.1 General .....	14
6.2.2 Reference test object.....	14
6.2.3 Candidate test object.....	15
6.3 Diagnostic tests .....	16
6.3.1 General .....	16
6.3.2 Solid insulation .....	16
6.3.3 Liquid insulation .....	16
6.4 End-point testing.....	16
6.5 Simplified one-point test .....	17
7 Analysis of data .....	17
7.1 End-point criteria .....	17
7.1.1 General .....	17
7.1.2 End-of-life of the solid component.....	17
7.1.3 Extrapolation of data.....	17
7.2 Report.....	17
Annex A (informative) Consideration of weight ratios .....	19
A.1 Examples of transformers leading to actual weight ratios in Table A.1 .....	19
A.2 Calculation of core steel surface ratios .....	19
A.3 Calculation of copper components of test.....	20
A.3.1 Wire enamel samples .....	20
A.3.2 Bare copper samples .....	20

Annex B (informative) Consideration of ageing time and temperature .....	21
Annex C (informative) Aging example .....	22
C.1 Reference system test .....	22
C.2 Candidate system test .....	22
Bibliography.....	25
Figure 1 – Sealed tube example.....	11
Figure B.1 – Reference EIS system .....	21
Figure C.1 – Example of aging result at a temperature of 165 °C .....	23
Figure C.2 – Aging life curve.....	24
Table 1 – Reference component weight ratio calculations .....	12
Table 2 – Reference EIS ageing conditions and candidate EIS ageing temperatures .....	15
Table 3 – Recommended ageing temperatures and periods for expected thermal class .....	15
Table A.1 – Examples obtained from industry sources .....	19
Table A.2 – Examples of component volume ratio calculations.....	19
Table C.1 – Calculation of end-of-life criteria for comparative evaluation .....	22
Table C.2 – Example of aging experiment.....	23

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS (EIS) –  
THERMAL EVALUATION OF COMBINED LIQUID  
AND SOLID COMPONENTS –****Part 2: Simplified test**

## 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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC TS 62332-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
112/256/DTS	112/268/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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 the parts in the IEC 62332 series, published under the general title *Electrical insulation systems (EIS) – Thermal evaluation of combined liquid and solid components*, 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

- transformed into an International standard,
- 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 technical specification describes a method for the thermal evaluation of electrical insulation systems (EIS) for electrotechnical products with combined liquid and solid components. More specifically, this part addresses liquid immersed power transformers. Part 1 covers general test requirements. This Part 2 covers a simplified test method which can be used as a screening test prior to conducting Part 1 testing or it can be used to determine a thermal classification of an EIS. This method can also be used as a quality control test to evaluate minor product changes.

This specification provides a standardized test method for sealed tube testing. The sealed tube should contain all the primary EIS elements, and in relative component ratios which compare with actual liquid immersed power transformers.

This technical specification has been prepared in conjunction with IEC TC 14, *Power transformers* and IEC TC 10, *Fluids for electrotechnical applications*. Any comments or suggestions from other technical committees to make this technical specification more general are welcome.

# ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS (EIS) – THERMAL EVALUATION OF COMBINED LIQUID AND SOLID COMPONENTS –

## Part 2: Simplified test

### 1 Scope

This part of IEC 62332, which is a technical specification, is applicable to EIS containing solid and liquid components where the thermal stress is the dominant ageing factor, without restriction to voltage class.

This part specifies a sealed tube test procedure for the thermal evaluation and qualification of electrical insulation systems (EIS). One aspect of this procedure is to also provide a method to assign thermal classifications to materials used in EIS where solid and liquid components are both used. This procedure describes a comparative ageing method whereby a reference system composed of kraft paper and mineral oil is compared to a candidate system of any combination of solid and insulating liquid. The test procedures in this part are specifically applicable to liquid immersed transformer insulation systems.

Similar procedures should also work for other electrotechnical devices with a combination of liquid and solid components, such as bushings, cables or capacitors, but this will be added as additional parts once experience is gained using this technical specification.

### 2 Normative references

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

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

IEC 60156, *Insulating liquids – Determination of the breakdown voltage at power frequency – Test method*

IEC 60216-2:2005, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60216-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

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

IEC 60243-1, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60247, *Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) and d.c. resistivity*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60317 (all parts), *Specifications for particular types of winding wires*

IEC 60450, *Measurement of the average viscometric degree of polymerization of new and aged cellulosic electrically insulating materials*

IEC 60505:2011, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

IEC 60554-2, *Cellulosic papers for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

IEC 60567, *Oil-filled electrical equipment – Sampling of gases and of oil for analysis of free and dissolved gases – Guidance*

IEC 60599, *Mineral oil-impregnated electrical equipment in service – Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis*

IEC 60763-2, *Specification for laminated pressboard – Part 2: Methods of test*

IEC 60814, *Insulating liquids – Oil-impregnated paper and pressboard – Determination of water by automatic coulometric Karl Fischer titration*

IEC 60851-5, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

IEC 61198, *Mineral insulating oils– Methods for the determination of 2-furfural and related compounds*

IEC 61620, *Insulating liquids – Determination of dielectric dissipation factor by measurement of the conductance and capacitance – Test method*

IEC 62021-1, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 1: Automatic potentiometric titration*

IEC 62021-2, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 2: Colourimetric titration*

IEC 62021-3, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 3: Test methods for non mineral insulating oils*

IEC TS 62332-1:2011, *Electrical insulation systems (EIS) – Thermal evaluation of combined liquid and solid components – Part 1: General requirements*

ISO 2049, *Petroleum products – Determination of colour (ASTM scale)*

ISO 2211, *Liquid chemical products – Measurement of colour in Hazen units (platinum-cobalt scale)*

ASTM D971, *Standard Test Method for Interfacial Tension Of Oil Against Water By The Ring Method*



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application .....	31
2 Références normatives .....	31
3 Termes et définitions .....	33
4 Appareillage d'essai pour le vieillissement thermique .....	34
4.1 Description générale.....	34
4.2 Tubes scellés.....	34
4.3 Système de coussins de gaz.....	35
4.4 Système de surpression.....	35
4.5 Étuves de vieillissement.....	36
5 Construction de l'éprouvette .....	36
5.1 Généralités .....	36
5.2 Détermination des masses des composants.....	36
5.3 Éprouvette .....	37
5.3.1 Isolation des conducteurs .....	37
5.3.2 Autres composants d'isolation solide .....	37
5.3.3 Composant liquide .....	37
5.3.4 Composants structurels .....	38
5.3.5 Autres composants .....	38
6 Procédures d'essai .....	38
6.1 Généralités .....	38
6.2 Préparation des éprouvettes .....	38
6.2.1 Généralités.....	38
6.2.2 Éprouvette de référence .....	39
6.2.3 Éprouvette candidate.....	40
6.3 Essais de diagnostic .....	40
6.3.1 Généralités.....	40
6.3.2 Isolation solide .....	41
6.3.3 Isolation liquide .....	41
6.4 Essai de fin de vie .....	41
6.5 Essai simplifié en un point .....	42
7 Analyse des données .....	42
7.1 Critères de fin de vie.....	42
7.1.1 Généralités.....	42
7.1.2 Fin de vie du composant solide.....	42
7.1.3 Extrapolation des données .....	42
7.2 Rapport.....	42
Annexe A (informative) Prise en compte des rapports de masse.....	44
A.1 Exemples de transformateurs conduisant aux rapports de masse réels donnés dans le Tableau A.1 .....	44
A.2 Calcul des rapports de surface de circuit magnétique .....	44
A.3 Calcul des composants de cuivre pour essai.....	45
A.3.1 Échantillons de fils émaillés.....	45

A.3.2	Échantillons de cuivre nu .....	45
Annexe B (informative)	Prise en compte de la durée et de la température de vieillissement.....	46
Annexe C (informative)	Exemple de vieillissement .....	47
C.1	Essai du système de référence .....	47
C.2	Essai du système candidat.....	47
Bibliographie.....		50
Figure 1	– Exemple de tube scellé .....	35
Figure B.1	– Système SIE de référence .....	46
Figure C.1	– Exemple de résultat de vieillissement pour une température de 165 °C .....	48
Figure C.2	– Courbe de durée de vie de vieillissement.....	49
Tableau 1	– Calculs du rapport des masses des composants de référence .....	36
Tableau 2	– Conditions de vieillissement du SIE de référence et températures de vieillissement du SIE candidat .....	39
Tableau 3	– Températures et périodes de vieillissement recommandées pour la classe thermique attendue .....	40
Tableau A.1	– Exemples obtenus à partir de sources industrielles .....	44
Tableau A.2	– Exemples de calculs des rapports de volume des composants .....	45
Tableau C.1	– Calcul des critères de fin de vie pour une évaluation comparative .....	47
Tableau C.2	– Exemple d'expérience de vieillissement .....	48

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE (SIE) – ÉVALUATION THERMIQUE DE COMPOSANTS LIQUIDES ET SOLIDES COMBINÉS –

#### Partie 2: Essai simplifié

#### 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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'IEC TS 62332-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Évaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
112/256/DTS	112/268/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62332, publiées sous le titre général *Systèmes d'isolation électrique (SIE) – Évaluation thermique de composants liquides et solides combinés*, 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

- transformée en Norme internationale,
- 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 spécification technique décrit une méthode pour l'évaluation thermique des systèmes d'isolation électrique (SIE) pour les produits électrotechniques avec des composants liquides et solides combinés. Plus spécifiquement, la présente partie traite des transformateurs de puissance immergés dans un liquide. La Partie 1 couvre les exigences générales d'essai. La présente partie 2 couvre une méthode d'essai simplifiée qui peut être utilisée comme essai de sélection avant d'effectuer les essais décrits à la Partie 1, ou elle peut être utilisée pour déterminer une classification thermique d'un SIE. Cette méthode peut également être utilisée comme essai de contrôle qualité afin d'évaluer les changements de produits mineurs.

La présente spécification fournit une méthode d'essai normalisée pour l'essai à tube scellé. Il convient que le tube scellé contienne tous les éléments principaux du SIE, et dans des rapports de composants relatifs qui reproduisent les transformateurs de puissance réels immergés dans un liquide.

La présente spécification technique a été établie conjointement avec le comité d'études 14, Transformateurs de puissance et le comité d'études 10, Fluides pour applications électrotechniques, de l'IEC. Tous les commentaires ou suggestions d'autres comités d'études pour rendre la présente spécification technique plus générale sont les bienvenus.

# SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE (SIE) – ÉVALUATION THERMIQUE DE COMPOSANTS LIQUIDES ET SOLIDES COMBINÉS –

## Partie 2: Essai simplifié

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC TS 62332, qui est une spécification technique, est applicable aux SIE contenant des composants solides et liquides, où la contrainte thermique est le facteur de vieillissement prédominant, sans restriction de la classe de tension.

La présente partie indique une procédure d'essai à tube scellé pour l'évaluation et la qualification thermiques des systèmes d'isolation électrique (SIE). Un aspect de cette procédure est également de fournir une méthode d'attribution de classifications thermiques aux matériaux utilisés dans les SIE qui utilisent tant des composants solides que des composants liquides. Cette procédure décrit une méthode de vieillissement comparative où un système de référence composé de papier kraft et d'huile minérale est comparé à un système candidat de toute combinaison de composant solide et de liquide isolant. Les procédures d'essai décrites dans la présente partie s'appliquent spécifiquement aux systèmes d'isolation à transformateurs de puissance immergés dans un liquide.

Il convient que des procédures similaires s'appliquent également à d'autres dispositifs électrotechniques avec une combinaison de composants liquides et solides, tels que des traversées, des câbles ou des condensateurs, mais ceci sera ajouté sous forme de parties supplémentaires une fois une certaine expérience acquise par l'utilisation de la présente spécification technique.

### 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, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

IEC 60156, *Isolants liquides – Détermination de la tension de claquage à fréquence industrielle – Méthode d'essai*

IEC 60216-2:2005, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60216-3, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais seulement)

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 60243-1, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60247, *Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique ( $\tan \delta$ ) et de la résistivité en courant continu*

IEC 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

IEC 60317 (toutes les parties), *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*

IEC 60450, *Mesure du degré de polymérisation moyen viscosimétrique des matériaux isolants celluloseux neufs et vieillis à usage électrique*

IEC 60505:2011, *Évaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

IEC 60554-2, *Papiers celluloseux à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60567, *Matériels électriques immergés – Échantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous - Lignes directrices*

IEC 60599, *Matériels électriques imprégnés d'huile minérale en service – Guide pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous et des gaz libres*

IEC 60763-2, *Spécification pour cartons comprimés et contrecollés – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60814, *Isolants liquides – Cartons et papiers imprégnés d'huile – Détermination de la teneur en eau par titrage coulométrique de Karl Fischer automatique*

IEC 60851-5, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*

IEC 61198, *Huiles minérales isolantes – Méthodes pour la détermination du 2-furfural et ses dérivés*

IEC 61620, *Isolants liquides – Détermination du facteur de dissipation diélectrique par la mesure de la conductance et de la capacité – Méthode d'essai*

IEC 62021-1, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 1: Titrage potentiométrique automatique*

IEC 62021-2, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 2: Titrage colorimétrique*

IEC 62021-3, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 3: Méthodes d'essai pour les huiles non minérales isolantes*

IEC TS 62332-1:2011, *Systèmes d'isolation électrique (SIE) – Évaluation thermique de composants liquides et solides combinés – Partie 1: Exigences générales*

ISO 2049, *Produits pétroliers – Détermination de la couleur (échelle ASTM)*

ISO 2211, *Produits chimiques liquides – Détermination de la coloration en unités Hazen (échelle platine-cobalt)*

ASTM D971, *Standard Test Method for Interfacial Tension Of Oil Against Water By The Ring Method*