

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61857-22

Première édition
First edition
2002-08

**Systèmes d'isolation électriques –
Procédures d'évaluation thermique –**

**Partie 22:
Exigences particulières pour modèle
de bobine encapsulée –
Système d'isolation électrique (SIE)
à enroulements à fil**

**Electrical insulation systems –
Procedures for thermal evaluation –**

**Part 22:
Specific requirements for encapsulated-coil
model – Wire-wound electrical insulation
system (EIS)**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61857-22:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplaçées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**
Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**
Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch

Tél: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**
The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. Online information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**
This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**
If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

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

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC

61857-22

Première édition
First edition
2002-08

Systèmes d'isolation électriques – Procédures d'évaluation thermique –

**Partie 22:
Exigences particulières pour modèle
de bobine encapsulée –
Système d'isolation électrique (SIE)
à enroulements à fil**

**Electrical insulation systems –
Procedures for thermal evaluation –**

**Part 22:
Specific requirements for encapsulated-coil
model – Wire-wound electrical insulation
system (EIS)**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES –
PROCÉDURES D'ÉVALUATION THERMIQUE –****Partie 22: Exigences particulières pour modèle de bobine encapsulée –
Système d'isolation électrique (SIE) à enroulements à fil****AVANT-PROPOS**

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61857-22 a été établie par le comité d'études 98 de la CEI: Systèmes d'isolation électriques (SIE).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
98/164/FDIS	98/170/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS –
PROCEDURES FOR THERMAL EVALUATION –****Part 22: Specific requirements for encapsulated-coil model –
Wire-wound electrical insulation system (EIS)****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61857-22 has been prepared by IEC technical committee 98: Electrical insulation systems (EIS).

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

FDIS	Report on voting
98/164/FDIS	98/170/RVD

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 3.

Annex A is for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Une série de parties de la CEI 61857 est en cours de développement. Chacune de ces parties concerne une éprouvette et/ou une application particulière avec une procédure d'essai associée.

La présente partie de la CEI 61857 indique une procédure d'usage général pour l'évaluation des systèmes d'enroulement à fil utilisant un modèle de bobinage encapsulée (ECM : Encapsulated Coil Model) pour usage général lorsque l'application est inconnue.

Les parties complémentaires seront développées en coopération avec les comités d'études de la CEI qui sont responsables de matériels, selon la fonction correspondant au concept de comité horizontal.

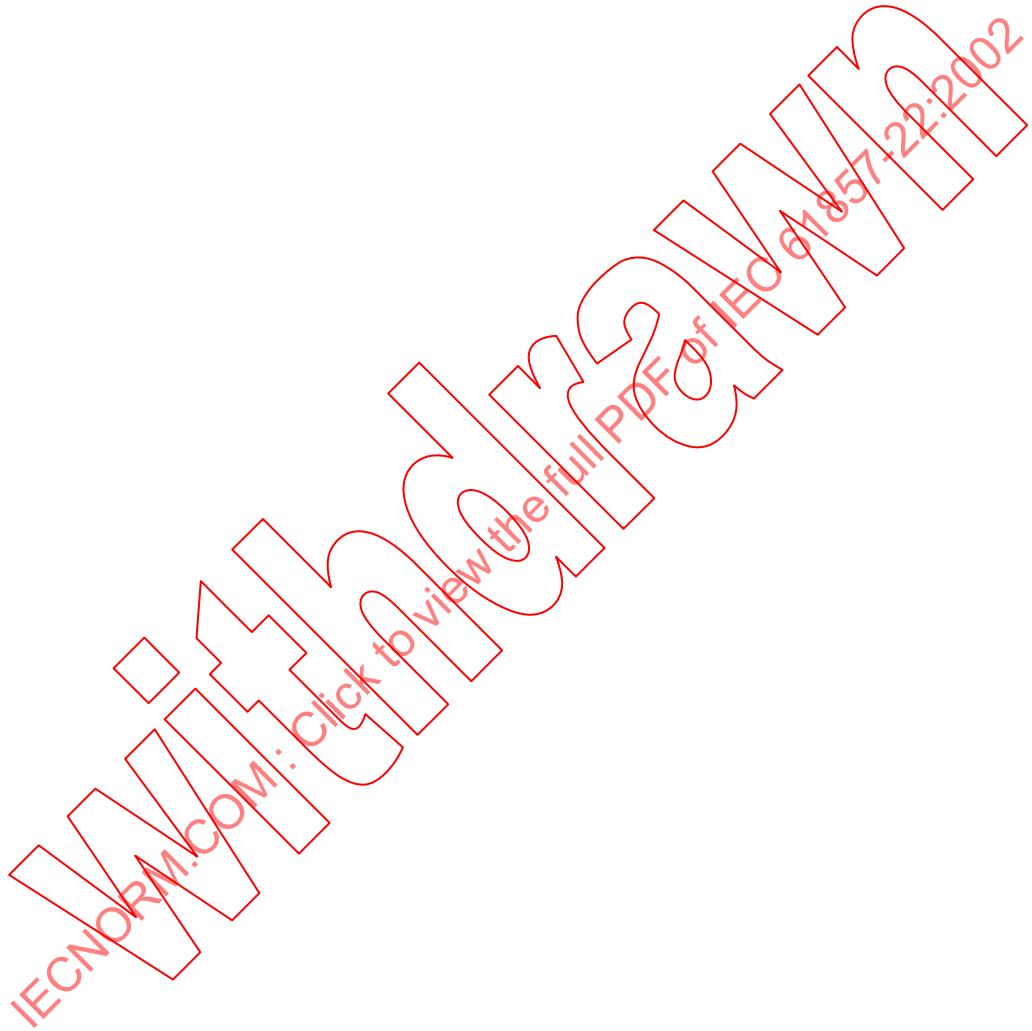
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61857-22:2002

INTRODUCTION

A series of parts of IEC 61857 is being developed, each of which will address a specific test object and/or application with an associated test procedure.

This part of IEC 61857 provides a general purpose procedure for the evaluation of wire-wound systems using a general purpose encapsulated model (ECM) where the application is unknown.

As a function of the horizontal committee concept, additional parts will be developed in cooperation with IEC technical committees responsible for equipment.



SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES – PROCÉDURES D'ÉVALUATION THERMIQUE –

Partie 22: Exigences particulières pour modèle de bobine encapsulée – Système d'isolation électrique (SIE) à enroulements à fil

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 61857 spécifie un modèle de bobine encapsulée (ECM: Encapsulated Coil Model) qui peut être utilisé pour évaluer les systèmes d'isolation électrique à enroulements à fil encapsulés.

2 Références normatives

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

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la série 61857, les termes et définitions donnés dans la CEI 61857-1 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

encapsulant

matériau d'isolation électrique (EIM) qui entoure totalement la bobine à l'exception des connexions vers l'extérieur, et qui forme une partie du système d'isolation électrique (SIE)

NOTE Le modèle de bobine encapsulée (ECM) n'utilise pas d'enveloppe supplémentaire.

3.2

encapsulage

processus d'application d'un encapsulant

NOTE Dans le cadre de l'évaluation d'un système d'isolation électrique (SIE), le processus peut être constitué d'un moulage par injection, compression, projection ou répondant à d'autres techniques.

3.3

corps de bobine

forme autour de laquelle une bobine est bobinée

3.4

bobine

bobinage continu d'un fil isolé

3.5

isolation entre bobinage

matériau isolant électrique (EIM) placé entre chacune des bobines

ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS – PROCEDURES FOR THERMAL EVALUATION –

Part 22: Specific requirements for encapsulated-coil model – Wire-wound electrical insulation system (EIS)

1 Scope

This part of IEC 61857 specifies an encapsulated-coil model (ECM) that can be used for the evaluation of encapsulated wire-wound EIS.

2 Normative references

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

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 61857, the terms and definitions given in IEC 61857-1 as well as the following definitions apply:

3.1 **encapsulant**

electrical insulating material (EIM) that completely encases the coil except for connections to the exterior, and is part of the electrical insulation system (EIS)

NOTE The encapsulated-coil model (ECM) does not employ a supplemental shell.

3.2 **encapsulation**

process of applying an encapsulant

NOTE For the purpose of evaluating an electrical insulation system (EIS), the process may consist of injection moulding, compression moulding, casting or other techniques.

3.3 **bobbin**

form around which a coil is wound

3.4 **coil**

continuous winding of insulated wire

3.5 **interwinding insulation**

electrical insulating material (EIM) between individual coils

3.6

isolation par rapport à la terre

matériau isolant électrique (EIM) placé entre une bobine et la partie métallique mise à la masse

4 Construction

4.1 Informations générales

Le modèle ECM sert à l'évaluation de la compatibilité des matériaux EIM utilisés dans un système SIE candidat. Il peut aussi simuler l'influence des processus réels de fabrication, comme par exemple les techniques de bobinage, de raccordement et d'encapsulage.

Les parties essentielles du modèle ECM sont constituées d'un corps de bobine, de fils de bobinage, de connecteurs filaires, et de l'encapsulant.

Les fils de bobinage peuvent être reliés à des bornes ou à des fils de connexion séparés, chacun pouvant se prolonger au travers de la paroi de l'encapsulant.

4.2 Composants de modèles ECM

- a) Bobine: les bobines peuvent être enroulées en deux fils parallèles (bobinage bifilaire), ou peuvent être enroulées sur un seul fil.
- b) Fil: fil de bobinage revêtu d'un film épais, dont la taille préférentielle est comprise entre 0,4 mm et 0,6 mm.
- c) Isolation par rapport à la terre: le matériau EIM utilisé comme corps de bobine et le matériau EIM utilisé comme faisant fonction d'encapsulant, comme par exemple les socles isolants de bobines par rapport à la terre. Les matériaux EIM évalués comme corps de bobine uniquement ne doivent pas être utilisés comme matériaux encapsulants. Un matériau EIM utilisé comme matériau encapsulant doit être évalué en tant que tel.
- d) Ruban: du ruban électrique peut être utilisé, mais, à moins qu'il ne soit contraint et évalué électriquement, le ruban ne fait pas partie du système SIE.
- e) Connecteur: les fils de bobinage sont connectés à des bornes ou à des fils d'alimentation à l'intérieur de l'encapsulant. Ces connexions sont des parties essentielles du modèle ECM.
- f) Vernis/résine électrique d'imprégnation: celui-ci (ou celle-ci) peut faire partie du système SIE, s'il est appliqué avant le processus d'encapsulage.

NOTE Un châssis métallique ou un empilage en couches pouvant être incorporé à l'éprouvette ne constitue pas une partie essentielle de l'éprouvette s'il ne remplit pas la fonction de chemin par défaut.

4.3 Assemblage du modèle ECM

- a) Embobiner le fil de bobinage sur le corps de la bobine en utilisant les techniques de bobinage agréées.
- b) Si cela s'applique, utiliser du ruban de qualité électrique ou d'autres composants pour mettre en place et fixer le fil de bobinage.
- c) Relier le fil de bobinage aux bornes ou aux fils d'alimentation.
- d) Si elle ou il fait partie du système SIE candidat, appliquer la résine ou le vernis d'imprégnation.
- e) Appliquer le matériau encapsulant.

3.6

earth insulation

electrical insulating material (EIM) between a coil and earthed metal

4 Construction

4.1 General information

The ECM is useful in evaluating the compatibility of EIMs used in a candidate EIS. It is equally capable of simulating the influences of actual manufacturing processes such as winding techniques, termination techniques and encapsulation.

The essential parts of the ECM are a bobbin, winding wire, wire connectors and encapsulant.

The winding wires may be connected to binding posts or to lead wires, either of which extends through the encapsulant wall.

4.2 ECM components

- a) Coil: the coils may be wound with two wires in parallel (bifilar winding) or may be wound with a single wire.
- b) Wire: winding wire, heavy film coated; 0,4 mm to 0,6 mm diameter wire size is preferred.
- c) Earth insulation: the EIM used as the bobbin and the EIM used as the encapsulant function as coil-to-earth insulation. An EIM evaluated only as a coil bobbin shall not also be used as an encapsulant material. An EIM used as an encapsulant shall be evaluated as such.
- d) Tape: electrical tape may be used but unless electrically stressed and evaluated is not part of the EIS.
- e) Connectors: the winding wires are connected inside the encapsulant to binding posts or lead wires. These connections are essential parts of the ECM.
- f) Electrical impregnating resin/varnish: this may be part of the EIS if applied prior to the encapsulation process.

NOTE A metal frame or a lamination stack that may be incorporated into the test object is not an essential part of the test object if it does not function as a fault path.

4.3 Assembly of the ECM

- a) Wind the winding wire over the bobbin using accepted winding techniques.
- b) As appropriate, use electrical grade tape or other components to secure the winding wire in place.
- c) Connect the winding wire to the binding posts or lead wires.
- d) If part of the candidate EIS, apply impregnating resin/varnish.
- e) Apply the encapsulant material.

4.4 Similitude du modèle ECM de référence et du modèle candidat

Il faut que la forme physique et l'assemblage du modèle de référence et du modèle ECM candidat soient similaires. Il est essentiel que les dimensions du fil de bobinage utilisé dans le modèle de référence et le modèle ECM candidat soient dans la marge de $\pm 0,2$ mm l'une de l'autre. Se référer à l'annexe A pour plus d'information. Les informations de construction sur les modèles de référence et candidat doivent être indiquées, conformément au paragraphe 7.4 de la CEI 61857-1.

5 Nombre d'éprouvettes

Le nombre minimal d'éprouvettes pour chaque système SIE et pour chaque température de vieillissement doit être de dix.

6 Procédures d'essai

6.1 Généralités

Toutes les éprouvettes doivent être soumises à des vérifications initiales qui sont suivies de cycles d'essai d'endurance thermique répétés selon l'ordre suivant:

- a) un sous-cycle d'endurance thermique;
- b) un sous-cycle de contraintes mécaniques de diagnostic préalable, d'exigences supplémentaires correspondant au diagnostic préalable, et d'exposition à l'humidité, dans cet ordre;
- c) un essai de diagnostic diélectrique.

6.2 Essais de vérification initiale

6.2.1 Généralités

Avant d'être exposés à une température élevée pour le premier cycle de vieillissement thermique, toutes les éprouvettes doivent être soumises à des essais de vérification initiale pour éliminer les éprouvettes défectueuses. Les essais de vérification initiale doivent comporter les étapes suivantes, effectuées dans cet ordre:

- a) inspection visuelle;
- b) essai diélectrique initial (voir 6.2.2);
- c) contraintes mécaniques (voir 6.3.3);
- d) choc thermique, comme requis (voir 6.3.4);
- e) exposition à l'humidité (voir 6.3.5);
- f) essai de diagnostic diélectrique (voir 6.3.6).

6.2.2 Essai diélectrique initial

Un essai de vérification initiale utilisant des techniques diélectriques doit être effectué sur chaque éprouvette du modèle ECM avant d'appliquer d'autres contraintes de pré-diagnostic et de vieillissement thermique; voir le tableau 1.

4.4 Similarity of reference and candidate ECM

The physical shape and assembly of the reference and candidate ECM must be similar. It is essential that the size of the winding wire used in the reference and candidate ECM be within $\pm 0,2$ mm of each other. Refer to annex A for more information. Details of the construction of the reference and candidate ECM shall be reported according to 7.4 of IEC 61857-1.

5 Number of test objects

The minimum number of test objects for each EIS for each ageing temperature shall be ten.

6 Test procedures

6.1 General

All test objects shall be subjected to initial screening tests followed by repeated thermal endurance test cycles in the following order:

- a) a thermal ageing subcycle;
- b) a subcycle of pre-diagnostic mechanical stress, other pre-diagnostic requirements, and moisture exposure, in that order;
- c) a dielectric diagnostic test.

6.2 Initial screening test

6.2.1 General

Prior to exposure to an elevated temperature on the first thermal ageing subcycle, all test objects shall be subjected to initial screening tests in order to eliminate defective test objects. The initial screening tests shall consist of the following steps and shall be conducted in the order given:

- a) visual inspection;
- b) initial dielectric test (see 6.2.2);
- c) mechanical stress (see 6.3.3);
- d) thermal shock, as required (see 6.3.4)
- e) moisture exposure (see 6.3.5);
- f) dielectric diagnostic test (see 6.3.6).

6.2.2 Initial dielectric test

An initial screening test utilizing dielectric techniques shall be performed on each ECM test object prior to application of other prediagnostic stresses and thermal ageing (see table 1).

Tableau 1 – Essais de diagnostic diélectrique initial pour les modèles ECM

Essai	Méthode	Tension V	Critère d'acceptation
Fil dans une bobine à un seul brin	Variation de la résistance	Appliquer une tension continue, ce qui conduit à une intensité de courant maximal admissible pour laquelle la résistance active du bobinage peut être mesurée. ^a	Diminution <3 % de la résistance de la bobine à la conception
Fils dans les bobines bifilaires	Entre conducteurs	400 ± 40	0,5 A à 0,75 A
Entre bobines (pour les constructions à plusieurs bobines)	Maintien diélectrique	$2\ 000 \pm 100$	(40 ± 10) mA
Matériaux d'isolation par rapport à la terre	Maintien diélectrique	$2\ 000 \pm 100$	(40 ± 10) mA

^a Au maximum 1 A/mm² de section transversale

- La tension d'essai de diagnostic diélectrique doit être appliquée pendant au moins 60 s.
- Le claquage doit correspondre au courant tel qu'il est défini ci-dessus, avant la fin de la période de temps.
- La fréquence de la tension d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

NOTE L'application instantanée de la tension maximale n'est pas recommandée. Il est recommandé que les protections contre les tensions de chocs soient incluses dans le circuit d'essai pour supprimer les pics involontaires de tension élevée.

Pour les éprouvettes évaluées par application de la tension, des coupe-circuits électro-mécaniques de surintensité pré-calibrée avec un temps de déclenchement de 2 s à 3 s ont été utilisés avec succès pour détecter les claquages.

La cause du claquage doit être déterminée. Si le système SIE a claqué, on doit éliminer ce modèle ECM pour la suite des essais. Si le système SIE n'a pas claqué et si la défaillance peut être réparée sans perturber le système SIE, on peut refaire l'essai du modèle ECM et reprendre le programme d'essai si le modèle passe l'essai.

6.3 Essai d'endurance thermique

6.3.1 Cycle d'essai d'endurance

Après les essais de vérification initiale, toutes les éprouvettes doivent être soumises à des cycles d'essais d'endurance thermique répétés, réalisés dans l'ordre suivant:

- sous-cycle de vieillissement thermique;
- sous-cycle de contrainte mécanique;
- sous-cycle de choc thermique;
- sous-cycle d'exposition à l'humidité;
- essai de diagnostic diélectrique.

6.3.2 Vieillissement thermique

Le vieillissement thermique, comprenant le choix de la température de vieillissement, les durées de vieillissement initial et les procédures de vieillissement, doit être réalisé conformément à 6.3 de la CEI 61857-1.

Table 1 – Initial dielectric tests for ECM

Test	Method	Voltage V	Acceptance criteria
Wire in a single strand coil	Change of resistance	Apply a direct current voltage that will result in a maximum admissible current density at which the active resistance of the winding can be measured. ^a	<3 % reduction of the resistance for the coil design
Wires in bifilar coils	Conductor to conductor	400 ± 40	0,5 A to 0,75 A
Coil-to-coil (for multiple coil constructions)	Dielectric withstand	2 000 ± 100	(40 ± 10) mA
Earth insulating materials	Dielectric withstand	2 000 ± 100	(40 ± 10) mA

^a Maximum 1 A/mm² of cross-section.

- Initial dielectric test voltage shall be applied for a minimum of 60 s.
- Failure shall be current flow as defined above prior to completion of the time period.
- The frequency of the test voltage shall be between 48 Hz and 62 Hz.

NOTE Instantaneous application of full voltage is not recommended. It is recommended that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high voltage spikes.

For test objects evaluated by applied voltage, pre-calibrated electromechanical over-current circuit-breakers with a trip time of 2 s to 3 s have been used successfully to detect failure.

The cause of failure shall be determined. When the failure is within the EIS, it shall eliminate that ECM from further testing. When the failure is not within the EIS and it can be repaired without disturbing the EIS, the ECM may be retested and returned to the test program if it passes.

6.3 Thermal endurance test

6.3.1 Endurance test cycle

Following the initial screening tests, all test objects shall be subjected to repeated thermal endurance test cycles in the following order:

- thermal ageing subcycle;
- mechanical stress subcycle;
- thermal shock subcycle;
- moisture exposure subcycle;
- dielectric diagnostic test.

6.3.2 Thermal ageing

Thermal ageing, comprising selection of ageing temperature, initial ageing periods and ageing procedures, shall be conducted in accordance with 6.3 of IEC 61857-1.

Les étuves doivent être utilisées comme moyen de chauffage, conformément à 6.3.4 de la CEI 61857-1.

6.3.3 Contrainte mécanique

La contrainte mécanique doit être appliquée en montant des éprouvettes sur une table vibrante et en les exposant pendant une durée de 55 min à 65 min à des vibrations sinusoïdales à une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz, avec une accélération constante de $(14,7 \pm 3) \text{ ms}^{-2}$. Aucune tension ne doit être appliquée pendant ce laps de temps.

6.3.4 Choc thermique

Sauf accord entre toutes les parties, les systèmes SIE de référence et candidat doivent être exposés à un choc thermique à basse température. Le choc thermique doit être appliqué en plaçant directement les modèles ECM dans les conditions ambiantes, dans une étuve à basse température portée à $(-20 \pm 5)^\circ\text{C}$ pendant au moins 2 h. Aucune tension ne doit être appliquée pendant ce laps de temps.

6.3.5 Exposition à l'humidité

L'essai d'exposition à l'humidité avec condensation visible doit être appliquée conformément à 6.6 de la CEI 61857-1.

6.3.6 Essai de diagnostic diélectrique

Après chaque cycle de vieillissement et après le conditionnement décrit dans les paragraphes 6.3.3 à 6.3.5, évaluer les éprouvettes du modèle ECM conformément à l'essai de diagnostic diélectrique défini dans le tableau 2.

Tableau 2 – Procédures de diagnostic pour les modèles ECM

Essai	Méthode	Tension V	Fin de vie
Fil dans une bobine à un seul brin	Variation de la résistance	Appliquer une tension continue, ce qui conduit à une intensité de courant maximal admissible pour laquelle la résistance active du bobinage peut être mesurée. ^a	Diminution $\geq 10\%$ de la résistance de la bobine à la conception
Fils dans les bobines bifilaires	Entre conducteurs	110 ± 10	0,5 A à 0,75 A
Entre bobines (pour les constructions à plusieurs bobines)	Maintien diélectrique	600 ± 30	0,5 A à 0,75 A
Matériaux d'isolation par rapport à la terre	Maintien diélectrique	$2\,000 \pm 100$	$(40 \pm 10) \text{ mA}$

^a Au maximum 1 A/mm^2 de section transversale

- Tensions d'essai de diagnostic diélectrique, sauf pour la variation de la mesure de la résistance, qui doivent être appliquées pendant au moins 10 min.
- La tension d'essai de diagnostic diélectrique pour la variation de la résistance doit être appliquée pendant au moins 60 s.
- Le claquage doit correspondre au courant tel qu'il est défini ci-dessus, avant la fin de la période de temps.
- La fréquence de la tension d'essai doit être comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

NOTE L'application instantanée de la tension maximale n'est pas recommandée. Il est recommandé que les protections contre les tensions de chocs soient incluses dans le circuit d'essai pour supprimer les pics involontaires de tension élevée.

Ovens shall be used in accordance with 6.3.4 of IEC 61857-1.

6.3.3 Mechanical stress

Mechanical stress shall be applied by mounting the test objects on a vibration table and exposing them between 55 min to 65 min of sinusoidal vibration at a frequency between 48 Hz and 62 Hz, with a constant acceleration of $(14,7 \pm 3) \text{ ms}^{-2}$. No voltage shall be applied during this period.

6.3.4 Thermal shock

Unless agreed to by all interested parties, both the reference and candidate EIS shall be exposed to a low-temperature thermal shock. Thermal shock shall be applied by placing ECMs directly from ambient conditions into a low-temperature chamber at $(-20 \pm 5)^\circ\text{C}$ for at least 2 h. No voltage shall be applied during this period.

6.3.5 Moisture exposure

Moisture exposure, with visible condensation, shall be applied in accordance with 6.6 of IEC 61857-1.

6.3.6 Dielectric diagnostic test

Following each ageing cycle and conditioning, described in 6.3.3 through 6.3.5, evaluate the ECM specimens in accordance with the dielectric diagnostic test given in table 2.

Table 2 – Dielectric diagnostic tests for ECM

Test	Method	Voltage V	End-of-life
Wire in a single strand coil	Change of resistance	Apply a direct current voltage that will result in a maximum admissible current density at which the active resistance of the winding can be measured. ^a	$\geq 10\%$ reduction of the resistance for the coil design
Wires in bifilar coils	Conductor to conductor	110 ± 10	0,5 A to 0,75 A
Coil-to-coil (for multiple coil constructions)	Dielectric withstand	600 ± 30	0,5 A to 0,75 A
Earth insulating materials	Dielectric withstand	$2\,000 \pm 100$	$(40 \pm 10) \text{ mA}$

^a Maximum 1 A/mm^2 of cross-section.

- Dielectric diagnostic test voltages, except for the change of resistance measurement, shall be applied for a minimum of 10 min.
- Dielectric diagnostic test voltage for the change of resistance shall be applied for a minimum of 60 s.
- Failure shall be current flow as defined above prior to completion of the time period.
- The frequency of the test voltage shall be between 48 Hz and 62 Hz.

NOTE Instantaneous application of full voltage is not recommended. It is recommended that surge protectors be included in the test circuit to eliminate unintended high voltage spikes.