SPÉCIFICATION TECHNIQUE

TECHNICAL SPECIFICATION

CEI
IEC
TS 61956

Première édition
First edition
1999-09

Méthodes d'essai pour l'évaluation de la formation des arborescences d'eau dans les matériaux isolants

Methods of test for the evaluation of water treeing in insulating materials

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE V

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 8

Articles

1 Généralités 10
1.1 Domaine d'application 10
1.2 Références normatives 10
1.3 Définitions 10
2 Méthode d'essai I (essai sur plaques) 12
2.1 Principe 12
2.2 Eprouvettes 12
2.3 Appareillage d'essai 14
2.3.1 Cellule d'essai 14
2.3.2 Electrodes 14
2.3.3 Liquide d'essai 14
2.3.4 Ensemble support d'aiguilles/piston 14
2.4 Mode opératoire (essai de vieillissement) 16
2.4.1 Mode opératoire sous champ électrique uniforme (variante B) 16
2.4.2 Mode opératoire avec concentration de champ électrique (variante A) 16
2.5 Examen après vieillissement 16
2.5.1 Examen microscopique des arborescences de type nœud papillon (variante B) 16
2.5.2 Examen microscopique des arborescences ouvertes et nœud papillon (variante A) 18
2.6 Rapport d'essai 18
3 Méthode d'essai II (essai sur coupelle) 18
3.1 Objet et principe de l'essai 18
3.2 Eprouvette d'essai 20
3.2.1 Homogénéisation 20
3.2.2 Fabrication 22
3.2.3 Montage des éléments préfabriqués 22
3.3 Appareillage d'essai 24
3.3.1 Installation électrique 24
3.3.2 Installation thermique 26
3.3.3 Liquide d'essai 26
3.3.4 Equipement pour l'essai jusqu'au claquage 26
3.4 Mode opératoire (essai de vieillissement) 26
3.5 Examen des éprouvettes vieillies et non vieillies 28
3.5.1 Essai de claquage 28
3.5.2 Examen des arborescences d'eau 28
3.6 Rapport d'essai 30

Annexe A (informative) Résultats et discussion des essais interlaboratoires 32
Figures ..... 46 – 58
Bibliographie 60

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

INTRODUCTION 9

Clause

1 General 11
1.1 Scope 11
1.2 Normative references 11
1.3 Definitions 11
2 Test method I (plaque test) 13
2.1 Principle 13
2.2 Test specimen 13
2.3 Test apparatus 15
2.3.1 Test cell 15
2.3.2 Electrodes 15
2.3.3 Test liquid 15
2.3.4 Needle holder – plunger assembly 15
2.4 Test procedure (ageing test) 17
2.4.1 Test procedure with uniform field stress (variant B) 17
2.4.2 Test procedure with stress concentration (variant A) 17
2.5 Examination after ageing 17
2.5.1 Microscopic inspection regarding bow tie trees (variant B) 17
2.5.2 Microscopic inspection regarding vented and bow tie trees (variant A) 19
2.6 Test report 19
3 Test method II (cup test) 19
3.1 Object and principle of test 19
3.2 Test specimen 21
3.2.1 Homogenizing 21
3.2.2 Preshaping 23
3.2.3 Assembling all preshaped parts 23
3.3 Test apparatus 25
3.3.1 Electrical set-up 25
3.3.2 Thermal test set-up 27
3.3.3 Test liquid 27
3.3.4 Breakdown voltage test equipment 27
3.4 Test procedure (ageing test) 27
3.5 Examinations of unaged and aged test specimens 29
3.5.1 Breakdown tests 29
3.5.2 Water tree examinations 29
3.6 Test report 31

Annex A (informative) Results and discussion of round robin tests 33

Figures ..... 47 – 59

Bibliography 61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MÉTHODES D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA FORMATION DES ARBORESCENCES D'EAU DANS LES MATÉRIAUX ISOLANTS

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 spécification technique 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 tâche principale des comités d'études de la CEI 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.

La CEI 61956 qui est une spécification technique, a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essais, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
15E/106/CDV	15E/123/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/CEI, Partie 3.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

METHODS OF TEST FOR THE EVALUATION OF WATER TREEING IN INSULATING MATERIALS

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 technical specification may be the subject of patent rights. The 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 61956, which is a technical specification, has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

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

Enquiry draft	Report on voting
15E/106/CDV	15E/123/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 3.

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

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu’en 2005.

A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

Annex A is for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2005.

At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

Les arborescences d'eau constituent l'une des causes principales de vieillissement prématuré et de défaillance des câbles extrudés moyenne tension ne possédant pas de barrière d'étanchéité à l'eau. Outre les efforts technologiques continus effectués dans ce domaine, nous nous sommes efforcés jusqu'à présent de remédier à de telles défaillances grâce à des composés isolants améliorés, principalement à base de polyéthylène faible densité, réticulé chimiquement (XPLE). De là est né le besoin de méthodes d'essai sur matériaux appropriées, pour réaliser d'une part des essais de présélection significatifs afin d'évaluer la propension des matériaux à générer des arborescences d'eau, et pour réduire, d'autre part, le besoin de mettre en œuvre des essais sur câbles pour la comparaison et la présélection des matériaux.

Cependant, un essai sur matériau ne peut généralement pas simuler toutes les influences des paramètres de fabrication du système d'isolation du câble extrudé. Les essais sur câbles demeurent ainsi nécessaires pour l'évaluation finale des nouvelles compositions isolantes.

Le groupe de travail de la CIGRÉ «Matériaux isolants solides» a examiné les qualités des essais existants sur matériaux [3] à [8]*, en particulier leur aspect pratique et leur précision. Le groupe d'action «Essais d'arborescences d'eau sur matériaux» a été créé pour évaluer les méthodes d'essai de présélection [6], [7] et [8] basées sur différentes philosophies et pour préparer une proposition destinée à la CEI, servant de base à une méthode d'essai appropriée. Des experts dans le domaine des arborescences d'eau issus de laboratoires industriels et scientifiques du monde entier ont participé à ce travail [1] et [2]. Le rapport final du groupe d'action a été publié dans *Electra* [17]. Un résumé de ce rapport est fourni à l'annexe A.

Bien que trois variantes de l'essai aient été évaluées, améliorées et partiellement combinées, elles ne sont pas encore prêtes pour être publiées en tant que Norme internationale. Elles sont présentées dans la présente spécification technique pour les laboratoires qui souhaitent se forger une expérience dans ce domaine.

Dans la méthode I, on soumet des éprouvettes sous forme de plaques de fabrication aisée à une contrainte diélectrique alternative divergente (variante A) ou uniforme (variante B), tout en les immergeant dans un milieu humide. Une cellule d'essai nouvellement développée permet d'évaluer aussi bien les arborescences d'eau ouvertes (vt) générées en vis-à-vis d'empreintes (A) que celles de type nœud papillon (btt) observées au niveau des défauts internes de l'éprouvette (B) ou encore les deux simultanément.

Dans la méthode II, on fait vieillir dans un environnement humide et sous une contrainte électrique alternative uniforme des éprouvettes en forme de coupelle, constituées d'un matériau isolant pris en sandwich entre deux couches de matériau écran semiconducteur. Au-delà de l'examen microscopique des arborescences d'eau (vt et btt), cette méthode permet d'effectuer une évaluation par essai de rigidité diélectrique.

Ces deux méthodes sont complémentaires car elles permettent la comparaison de la tendance à générer des arborescences d'eau, qu'il s'agisse de l'isolation seule ou de la combinaison isolation/écran. Les résultats des essais interlaboratoires effectués selon ces méthodes par le groupe d'action de la CIGRÉ sont indiqués à l'annexe A.

---

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

INTRODUCTION

Water treeing is one of the major causes of premature ageing and failure of extruded medium voltage cables which do not have water-impervious barriers. Besides technological efforts, it has been a challenge up to now to overcome such failures by improved insulating compounds, mainly on the basis of chemically crosslinked low density polyethylene (XLPE). Consequently, a need for suitable material test methods has arisen; primarily for a meaningful screening test to evaluate the water tree propensity of such materials, and thus reduce the need of cable testing to compare and preselect materials.

On the other hand, a material test generally cannot simulate all the influences of the manufacturing parameters on the extruded cable insulation system. Therefore, cable tests will still remain necessary for the final assessment of new insulating compounds.

The CIGRE Working Group "Solid insulating materials" considered the merits of existing material tests [3] to [8]* concerning their practicability and reliability. The Task Force on "Water tree testing of materials" was set up to evaluate pre-selected test methods [6], [7], [8] based on different philosophies and to prepare a proposal to the IEC as a basis for a test method. Experts in the field of water treeing, coming from industrial and scientific laboratories worldwide, participated in this work [1], [2]. A final report of the Task Group is published in *Electra* [17]. A summary of this report is given in annex A.

Although the evaluated three test variants, which were improved and partly combined, are not yet ready for international standardization, they are made available by this technical specification to enable interested laboratories to gain experience with them.

Method I subjects easily producible plaque type test specimens to a divergent (variant A) or a uniform (variant B) a.c. electric stress while immersed in a wet environment. A newly developed test cell allows to evaluate either vented water trees (vt) in front of indentations (A) or bow tie water trees (btt) at imperfections (B) within the test specimen, or both types simultaneously.

Method II ages cup-shaped test specimens, made of insulating material sandwiched between two layers of semiconducting screen material, under uniform a.c. electric stress while exposed to a wet environment. In addition to microscopic inspection of water trees (vt and btt), this method enables an evaluation by electrical breakdown tests.

The two methods are mutually complementary as they permit the relative assessment of water treeing propensity to be determined for either the insulation alone or for the insulation/screen combination. In annex A, results of round robin tests achieved with these methods by the CIGRE Task Force are reported.

---

* Figures in square brackets refer to the bibliography.

MÉTHODES D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE LA FORMATION DES ARBORESCENCES D'EAU DANS LES MATÉRIAUX ISOLANTS

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente spécification technique décrit des méthodes d'essai permettant l'évaluation des compositions à base de polyéthylène (PE) et de polyéthylène réticulé (PRC) par rapport aux arborescences d'eau afin d'estimer leurs performances sous contrainte électrique alternative en présence d'eau. Deux méthodes sont décrites: la méthode I, permettant l'évaluation des matériaux isolants seuls, et la méthode II, celle de «sandwiches» comportant un matériau isolant en contact intime avec des écrans semiconducteurs.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente spécification technique. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente spécification technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60243-1:1998, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

CEI 61072:1991, *Méthodes d'essais pour évaluer la résistance des matériaux isolants à la formation d'arborescences électriques*

METHODS OF TEST FOR THE EVALUATION OF WATER TREEING IN INSULATING MATERIALS

1 General

1.1 Scope

This technical specification describes methods of test for the evaluation of water treeing in polyethylene (PE) and crosslinked polyethylene (XLPE) compounds, as a means to assess their relative performance under alternating (a.c.) electric stress, in the presence of water. Two methods are described, method I covering the evaluation of insulating materials alone, and method II covering the evaluation of insulating sandwiches consisting of an insulating material in intimate contact with semiconducting screens.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical specification. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this technical specification are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 61072:1991, *Methods of test for evaluating the resistance of insulating materials against the initiation of electrical trees*