NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60247

Troisième édition
Third edition
2004-02

Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique (tan δ) et de la résistivité en courant continu

Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tan δ) and d.c. resistivity

© IEC 2004 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 U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 10

1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Termes et définitions 12
4 Généralités 14
4.1 Permittivité et facteur de dissipation diélectrique (tan δ) 14
4.2 Résistivité 16
4.3 Ordre des déterminations 16
4.4 Facteurs pouvant conduire à des résultats erronés 16
5 Appareillage 18
5.1 Cellule d'essai 18
5.2 Equipement d'essai 20
5.3 Verrerie 20
5.4 Dispositif de mesure de la permittivité et de la tan δ 20
5.5 Dispositif de mesure de la résistivité en courant continu 20
5.6 Chronomètre 20
5.7 Sécurité 20
6 Solvant de nettoyage 22
7 Nettoyage de la cellule d'essai 22
7.1 Procédure de nettoyage par le phosphate trisodique 22
7.2 Stockage de la cellule 24
8 Echantillonnage 24
9 Préparation des échantillons 24
10 Traitement et remplissage de la cellule d'essai 26
10.1 Traitement de la cellule 26
10.2 Remplissage de la cellule 26
11 Température d'essai 26
12 Mesure du facteur de dissipation (tan δ) 28
12.1 Tension de mesure 28
12.2 Mesure 28
12.3 Rapport 28
13 Mesure de la permittivité relative 28
13.1 Méthode de mesure 28
13.2 Rapport 30
14 Mesure de la résistivité en courant continu 30
14.1 Tension d'essai 30
14.2 Durée de mise sous tension 30
14.3 Mesure 30
14.4 Rapport 32

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 11

1 Scope 13
2 Normative references 13
3 Terms and definitions 13
4 General 15
4.1 Permittivity and dielectric dissipation factor (tan δ) 15
4.2 Resistivity 17
4.3 Sequence of determinations 17
4.4 Factors leading to erroneous results 17
5 Apparatus 19
5.1 Test cell 19
5.2 Test equipment 21
5.3 Glassware 21
5.4 Measuring instrument for permittivity and tan δ 21
5.5 Measuring instrument for d.c. resistivity 21
5.6 Time-measuring device 21
5.7 Safety 21
6 Cleaning solvent 23
7 Cleaning the test cell 23
7.1 Trisodium phosphate cleaning procedure 23
7.2 Storage of cell 25
8 Sampling 25
9 Preparation of samples 25
10 Conditioning and filling the test cell 27
10.1 Cell conditioning 27
10.2 Filling the cell 27
11 Test temperature 27
12 Measurement of dissipation factor (tan δ) 29
12.1 Test voltage 29
12.2 Measurement 29
12.3 Report 29
13 Measurement of relative permittivity 29
13.1 Measurement 29
13.2 Report 31
14 Measurement of d.c. resistivity 31
14.1 Test voltage 31
14.2 Time of electrification 31
14.3 Measurement 31
14.4 Report 33

Annexe A (informative) Exemple de procédure possible pour le nettoyage de la cellule d'essai – Procédure par ultrasons 34
Annexe B (informative) Exemple de procédure simplifiée de nettoyage de cellule 36
Annexe C (informative) Autres procédures pour les essais individuels de série du facteur de dissipation diélectrique et de la résistivité des liquides isolants 38

Figure 1 – Exemple d'une cellule à trois bornes pour la mesure des liquides 44
Figure 2 – Exemple de blindage de la cellule de la Figure 1 46
Figure 3 – Exemple d'assemblage de dessin de cellule 48
Figure 4 – Exemple d'une cellule à deux bornes pour la mesure dans les liquides 50
Figure 5 – Exemple de cellule d'essai conçue pour liquides diélectriques à faibles pertes 54

Annex A (informative) Example of an alternative procedure for cleaning the test cell – Ultrasonic procedure 35
Annex B (informative) Example of a simplified cleaning procedure for a test cell 37
Annex C (informative) Alternative procedures for routine testing of dielectric dissipation factor and resistivity of insulating liquids 39

Figure 1 – Example of a three-terminal cell for measurements on liquids 45
Figure 2 – Example of screening for the cell of Figure 1 47
Figure 3 – Example of assembling drawing of cell 49
Figure 4 – Example of a two-terminal cell for measurements in liquids 51
Figure 5 – Example of a test cell designed for low-loss dielectric liquids 53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LIQUIDES ISOLANTS – MESURE DE LA PERMITTIVITÉ RELATIVE, DU FACTEUR DE DISSIPATION DIÉLECTRIQUE (TAN δ) ET DE LA RÉSISTIVITÉ EN COURANT CONTINU

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60247 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition parue en 1978. Cette édition constitue une révision technique.

Les principales modifications concernent la méthode de mesure préférentielle.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATING LIQUIDS – MEASUREMENT OF RELATIVE PERMITTIVITY, DIELECTRIC DISSIPATION FACTOR (TAN δ) AND DC RESISTIVITY

FOREWORD

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

International Standard IEC 60247 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1978. This edition constitutes a technical revision.

The main changes deal with the preferred measurement method.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/573/FDIS	10/575/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 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2015. A cette date, la publication sera

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

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

FDIS	Report on voting
10/573/FDIS	10/575/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 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2015. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Santé et sécurité

Avertissement général. La présente Norme internationale n'est pas censée aborder tous les problèmes de sécurité associés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur de la norme d'établir les pratiques sanitaires et de sécurité appropriées et de déterminer l'applicabilité des limites réglementaires avant utilisation.

Environnement

La présente norme correspond aux huiles isolantes, aux produits chimiques, aux récipients d'échantillons usagés et aux solides contaminés par des huiles. Il convient que la mise au rebut de ces produits soit effectuée selon les réglementations locales concernant l’impact sur l’environnement. Il est recommandé que toutes les précautions soient prises pour éviter de rejeter ces liquides dans l'environnement.

INTRODUCTION

Health and safety

General caution. This International standard does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of the standard to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Environment

This standard gives rise to insulating liquids, chemicals, used sample containers and oil contaminated solids. The disposal of these items should be carried out according to local regulations with regard to their impact on the environment. Every precaution should be taken to prevent the release into the environment of these liquids.

LIQUIDES ISOLANTS – MESURE DE LA PERMITTIVITÉ RELATIVE, DU FACTEUR DE DISSIPATION DIÉLECTRIQUE (TAN δ) ET DE LA RÉSISTIVITÉ EN COURANT CONTINU

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne la description de méthodes qui permettent la détermination du facteur de dissipation diélectrique (tan δ), de la permittivité relative et de la résistivité en courant continu de tout matériau isolant liquide, à la température d'essai.

Ces méthodes sont d'abord destinées à la réalisation d'essais de référence sur des liquides neufs. Elles peuvent également être appliquées aux liquides en service dans des transformateurs, des câbles et autres appareillages électriques. Cependant, ces méthodes ne peuvent être utilisées que pour des liquides monophasiques. Lorsqu'il est demandé d'effectuer des déterminations périodiques, des procédures simplifiées, telles que celles décrites à l'Annexe C, peuvent être adoptées.

Il peut être nécessaire d'utiliser des procédures de nettoyage différentes pour les liquides isolants autres que les hydrocarbures.

2 Références normatives

Les documents référencés ci-après sont indispensables pour l'application de ce document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est l'édition la plus récente du document référencé (y compris tous ses amendements) qui s'applique.

CEI 60093, *Méthodes pour la mesure de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides*

CEI 60250, *Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises)*

CEI 60475, *Méthode d'échantillonnage des diélectriques liquides*

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

INSULATING LIQUIDS – MEASUREMENT OF RELATIVE PERMITTIVITY, DIELECTRIC DISSIPATION FACTOR (TAN δ) AND DC RESISTIVITY

1 Scope

This International standard describes methods for the determination of the dielectric dissipation factor (tan δ), relative permittivity and d.c. resistivity of any insulating liquid material at the test temperature.

The methods are primarily intended for making reference tests on unused liquids. They can also be applied to liquids in service in transformers, cables and other electrical apparatus. However the method is applicable to a single phase liquid only. When it is desired to make routine determinations, simplified procedures, as described in Annex C, may be adopted.

With insulating liquids other than hydrocarbons, alternative cleaning procedures may be required.

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 60093, *Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials*

IEC 60250, *Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths*

IEC 60475, *Method of sampling liquid dielectrics*

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