

**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 ($\tan \delta$)
et de la résistivité en courant continu**

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60247:2004

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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.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 remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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 (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line 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 (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.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**

60247

Troisième édition
Third edition
2004-02

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

**Insulating liquids –
Measurement of relative permittivity,
dielectric dissipation factor ($\tan \delta$)
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 ($\tan \delta$)	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 $\tan \delta$	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 ($\tan \delta$)	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 ($\tan \delta$)	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 $\tan \delta$	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 ($\tan \delta$).....	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

This document is a preview generated by EVS

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 ($\tan \delta$) 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 ($\tan \delta$)
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 ($\tan \delta$) 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 ($\tan \delta$), 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*

3 Termes et définitions

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

3.1

permittivité (relative)

la permittivité relative d'un isolant est le rapport entre la capacité C_x d'un condensateur, dans lequel l'espace entre les électrodes et autour d'elles est entièrement et exclusivement rempli de l'isolant en question, et la capacité C_0 de la même disposition d'électrodes dans le vide.

La capacité C_a de la disposition d'électrodes dans l'air peut être normalement utilisée au lieu de C_0 pour déterminer la permittivité relative avec une précision suffisante

INSULATING LIQUIDS – MEASUREMENT OF RELATIVE PERMITTIVITY, DIELECTRIC DISSIPATION FACTOR ($\tan \delta$) AND DC RESISTIVITY

1 Scope

This International standard describes methods for the determination of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$), 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*

3 Terms and definitions

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

3.1

permittivity (relative)

the relative permittivity of an insulating material is the ratio of capacitance C_x of a capacitor in which the space between and around the electrodes is entirely and exclusively filled with the insulating material in question, to the capacitance C_0 of the same configuration of electrodes in vacuum.

The capacitance C_a of the configuration of electrodes in air can normally be used instead of C_0 to determine the relative permittivity with sufficient accuracy