

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60296

Troisième édition
Third edition
2003-11

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

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60296:2003

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/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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/searchpub) 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 (www.iec.ch/online_news/justpub) 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**

60296

Troisième édition
Third edition
2003-11

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

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

© IEC 2003 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 Varembe, 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

P

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	12
4 Propriétés de l'huile	14
4.1 Propriétés fonctionnelles	14
4.2 Raffinage et stabilité.....	16
4.3 Performance	16
4.4 Propriétés liées à l'hygiène, à la sécurité et à l'environnement (HSE)	16
5 Classification, identification, exigences générales de livraison et d'échantillonnage	16
5.1 Classification	16
5.2 Exigences spécifiques	18
5.3 Miscibilité	18
5.4 Identification et exigences générales à la livraison	18
5.5 Echantillonnage	18
6 Propriétés, leur signification et méthodes d'essai.....	18
6.1 Viscosité.....	18
6.2 Point d'écoulement	20
6.3 Teneur en eau	20
6.4 Tension de claquage	20
6.5 Facteur de dissipation diélectrique (FDD)	20
6.6 Aspect	22
6.7 Acidité	22
6.8 Tension interfaciale (TIF).....	22
6.9 Teneur en soufre	22
6.10 Soufre corrosif.....	22
6.11 Teneur en additif antioxydant.....	22
6.12 Stabilité à l'oxydation.....	22
6.13 Gassing	24
6.14 Tendance à la charge électrostatique (TCE)	24
6.15 Point d'éclair.....	24
6.16 Densité	24
6.17 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).....	24
6.18 Polychlorobiphényles (PCB)	24
6.19 2-Furfural et composés proches (2-FAL).....	24
7 Exigences spécifiques à des applications particulières	28
7.1 Stabilité à l'oxydation accrue et faible teneur en soufre	28
7.2 Tendance à la charge électrostatique (TCE)	28
7.3 Gassing	28
Bibliographie	30

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	13
4 Properties of oil	15
4.1 Functional properties	15
4.2 Refining and stability	17
4.3 Performance	17
4.4 Health, safety and environment (HSE) properties.....	17
5 Classification, identification, general delivery requirements and sampling.....	17
5.1 Classification.....	17
5.2 Requirements	19
5.3 Mixability	19
5.4 Identification and general delivery requirements	19
5.5 Sampling	19
6 Properties, their significance and test methods	19
6.1 Viscosity.....	19
6.2 Pour point.....	21
6.3 Water content	21
6.4 Breakdown voltage	21
6.5 Dielectric dissipation factor (DDF)	21
6.6 Appearance	23
6.7 Acidity	23
6.8 Interfacial tension (IFT)	23
6.9 Sulfur content	23
6.10 Corrosive sulfur	23
6.11 Antioxidant additive content.....	23
6.12 Oxidation stability	23
6.13 Gassing	25
6.14 Electrostatic charging tendency (ECT).....	25
6.15 Flash point.....	25
6.16 Density	25
6.17 Polycyclic aromatics (PCA).....	25
6.18 Polychlorinated biphenyls (PCB).....	25
6.19 2-Furfural and related compounds (2-FAL).....	25
7 Specific requirements for special applications.....	29
7.1 Higher oxidation stability and low sulfur content.....	29
7.2 Electrostatic charging tendency (ECT).....	29
7.3 Gassing	29
Bibliography.....	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FLUIDES POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES –

HUILES MINÉRALES ISOLANTES NEUVES POUR TRANSFORMATEURS ET APPAREILLAGES DE CONNEXION

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 60296 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1982, et son amendement 1 (1986) et constitue une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente concernent les trois classes qui ont été remplacées par deux classes seulement: huile pour transformateur et huile pour appareillage de connexion basse température. Un nouveau concept, la température minimale de démarrage en puissance, a été introduit; de nouvelles propriétés ont été ajoutées (par exemple la tendance à la charge); et les valeurs concernant les propriétés ont été révisées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FLUIDS FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS –
UNUSED MINERAL INSULATING OILS
FOR TRANSFORMERS AND SWITCHGEAR**

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 60296 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1982 and its amendment 1 (1986), and constitutes a technical revision.

Main changes with regard to previous edition include: the three classes of previous edition have been replaced by only two: transformer oil and low temperature switchgear oil, but a new concept, the lowest cold start energizing temperature, has been included; new properties have been added (i.e. charging tendency); values for properties have been revised.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/566/FDIS	10/569/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 2008. A cette date, la publication sera:

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

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

FDIS	Report on voting
10/566/FDIS	10/569/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 2008. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Précautions générales – Protection de la santé, de la sécurité et de l'environnement

Cette Norme Internationale ne vise pas à répondre à tous les problèmes de sécurité liés à son utilisation. L'utilisateur de cette norme a la responsabilité de mettre en place les pratiques d'hygiène et de sécurité adéquates, et de vérifier avant utilisation si des contraintes réglementaires s'appliquent.

Il convient que les huiles minérales isolantes dont traite cette norme soient manipulées en respectant l'hygiène personnelle. Le contact direct avec les yeux peut provoquer une irritation. En cas de contact oculaire, il est recommandé d'appliquer un copieux lavage à l'eau courante propre, et de demander un avis médical. Certains des essais spécifiés dans cette norme impliquent des opérations pouvant conduire à une situation dangereuse. Les recommandations des normes correspondantes seront prises en compte.

Ces dispositions concernent les huiles minérales isolantes, les produits chimiques et les récipients d'échantillons usagés. Leur élimination doit se faire selon les réglementations locales en fonction de leur effet sur l'environnement. Il convient de prendre toutes les précautions afin d'empêcher un déversement d'huile minérale isolante dans l'environnement.

INTRODUCTION

General caution – Health, safety and environmental protection

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.

The mineral insulating oils which are the subject of this standard should be handled with due regard to personal hygiene. Direct contact with the eyes may cause irritation. In the case of eye contact, irrigation with copious quantities of clean running water should be carried out and medical advice sought. Some of the tests specified in this standard involve the use of processes that could lead to a hazardous situation. Attention is drawn to the relevant standard for guidance.

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

FLUIDES POUR APPLICATIONS ÉLECTROTECHNIQUES –

HUILES MINÉRALES ISOLANTES NEUVES POUR TRANSFORMATEURS ET APPAREILLAGES DE CONNEXION

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale concerne les spécifications et méthodes d'essais des huiles minérales isolantes neuves. Elle s'applique à l'huile livrée en lieu et temps convenus, destinée à l'utilisation dans les transformateurs, interrupteurs et matériels électriques semblables où l'huile est nécessaire comme fluide isolant et caloporteur. Ces huiles proviennent de la distillation et du raffinage de pétrole brut.

Cette norme s'applique aux huiles avec ou sans additifs.

Cette norme ne s'applique qu'aux huiles minérales isolantes neuves.

Les huiles régénérées sont hors du champ de cette norme.

Cette norme ne concerne pas les huiles minérales utilisées pour imprégner les câbles ou les condensateurs.

NOTE Les huiles minérales isolantes satisfaisant aux exigences de cette norme, de même classe et sans additifs (voir 3.4), sont considérées comme mutuellement compatibles et miscibles en toute proportion. Cela ne s'applique pas aux huiles additivées. Lorsque l'utilisateur souhaite mélanger de telles huiles, une vérification est recommandée pour s'assurer de la conformité du mélange à cette norme.

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 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

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

CEI 60247, *Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique et de la résistivité (en courant continu) des liquides isolants*

CEI 60422, *Guide de maintenance et de surveillance des huiles minérales isolantes en service dans les matériels électriques*

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

CEI 60628, *Gassing des isolants liquides sous contrainte électrique et ionisation*

CEI 60666, *Détection et dosage d'additifs antioxydants spécifiques présents dans les huiles isolantes*

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

FLUIDS FOR ELECTROTECHNICAL APPLICATIONS – UNUSED MINERAL INSULATING OILS FOR TRANSFORMERS AND SWITCHGEAR

1 Scope

This International Standard covers specifications and test methods for unused mineral insulating oils. It applies to oil delivered to the agreed point and time of delivery, intended for use in transformers, switchgear and similar electrical equipment in which oil is required as an insulant and for heat transfer. These oils are obtained by distillation and refining of crude petroleum.

Oils with and without additives are both within the scope of this standard.

This standard is applicable only to unused mineral insulating oils.

Reclaimed oils are beyond the scope of this standard.

This standard does not apply to mineral oils used as impregnants in cables or capacitors.

NOTE Mineral insulating oils complying with the requirements of this standard, of the same class and containing no additives (see 3.4), are considered to be compatible with one another and can be mixed in any proportion. This does not apply to oils containing additives. Where the user wishes to mix such oils, a check is recommended to be made to ensure that the mixture meets the requirements of this standard.

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 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

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

IEC 60247, *Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor and d.c. resistivity of insulating liquids*

IEC 60422, *Supervision and maintenance guide for mineral insulating oils in electrical equipment*

IEC 60475, *Method of sampling liquid dielectrics*

IEC 60628, *Gassing of insulating liquids under electrical stress and ionization*

IEC 60666, *Detection and determination of specified anti-oxidant additives in insulating oils*

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

CEI 61125, *Isolants liquides neufs à base d'hydrocarbures – Méthodes d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation*

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

CEI 61619, *Isolants liquides – Contamination par les polychlorobiphényles (PCB) – Méthode de détermination par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire*

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

CEI 61868, *Huiles minérales isolantes – Détermination de la viscosité cinématique à très basse température*

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

ISO 2719, *Détermination du point d'éclair – Méthode Pensky-Martens en vase clos*

ISO 3016, *Produits pétroliers – Détermination du point d'écoulement (disponible en anglais seulement)*

ISO 3104, *Produits pétroliers – Liquides opaques et transparents – Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique*

ISO 3675, *Pétrole brut et produits pétroliers liquides – Détermination en laboratoire de la masse volumique – Méthode à l'aréomètre*

ISO 6295, *Produits pétroliers – Huiles minérales – Détermination de la tension interfaciale entre huile et eau – Méthode de l'anneau*

ISO 12185, *Pétroles bruts et produits pétroliers – Détermination de la masse volumique – Méthode du type en U oscillant*

ISO 14596, *Produits pétroliers – Dosage du soufre – Spectrométrie de fluorescence X dispersive en longueur d'onde*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

huile pour transformateur

huile minérale isolante pour transformateurs et appareillages électriques semblables pour lesquels une stabilité à l'oxydation normale est requise

3.2

huile pour appareillages de connexion basse température

huile minérale isolante pour appareillages de connexion immergés en service extérieur et climat très froid

IEC 61125, *Unused hydrocarbon based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability*

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

IEC 61619, *Insulating liquids – Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) – Method of determination by capillary column gas chromatography*

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

IEC 61868, *Mineral insulating oils – Determination of kinematic viscosity at very low temperatures*

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

ISO 2719, *Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method*

ISO 3016, *Petroleum products – Determination of pour point*

ISO 3104, *Petroleum products – Transparent and opaque liquids – Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity*

ISO 3675, *Crude petroleum and liquid petroleum products – Laboratory determination of density – Hydrometer method*

ISO 6295, *Petroleum products – Mineral oils – Determination of interfacial tension of oil against water – Ring method*

ISO 12185, *Crude petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method*

ISO 14596, *Petroleum products – Determination of sulfur content – Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following definitions apply:

3.1

transformer oil

mineral insulating oil for transformers and similar electrical equipment where normal oxidation resistance is required

3.2

low temperature switchgear oil

mineral insulating oil for oil-filled switchgear for outdoor application in very cold climatic conditions

3.3 additif

produit chimique adapté délibérément ajouté à une huile minérale isolante pour en améliorer certaines propriétés

NOTE Des exemples comprennent des antioxydants, des abaisseurs de point de congélation, des modérateurs de tendance à la charge statique comme le benzotriazole (BTA), des agents anti-mousse, des adjuvants de raffinage, etc.

3.4 additif antioxydant

additif ajouté dans une huile isolante pour améliorer sa stabilité à l'oxydation

NOTE Un grand nombre d'additifs antioxydants est disponible. Pour cette norme, seuls sont retenus ceux identifiables conformément à la CEI 60666.

3.5 huile non inhibée

huile minérale isolante ne contenant pas d'additif antioxydant, mais pouvant contenir d'autres additifs

3.6 huile faiblement inhibée

huile minérale isolante contenant jusqu'à 0,08 % d'additif antioxydant ainsi que d'autres additifs tels que mentionnés au Paragraphe 3.4

3.7 huile inhibée

huile minérale isolante contenant au minimum 0,08 % et au maximum 0,40 % d'additif antioxydant ainsi que d'autres additifs tels que mentionnés au Paragraphe 3.3

3.8 huile minérale isolante neuve

huile minérale isolante en l'état de livraison par le fournisseur

NOTE Une telle huile n'a été ni utilisée dans des appareillages électriques, ni mise à leur contact ou au contact de tout autre appareil non nécessaire à la fabrication, au stockage ou au transport. Le fabricant et le fournisseur d'une huile neuve auront pris toutes les précautions utiles pour prévenir une contamination par des polychlorobiphényles ou terphényles (PCB, PCT), des huiles usées, régénérées ou déchlorées, ou par d'autres contaminants.

3.9 huiles régénérées

huiles minérales isolantes ayant été utilisées dans des appareillages électriques, et ayant subi un traitement physique et/ou chimique pour éliminer les contaminants solubles et insolubles

NOTE Un mélange d'huiles neuves et régénérées est considéré comme régénéré.

4 Propriétés de l'huile

Les propriétés sont signalées dans les Tableaux 1 et 2 ainsi que dans l'Article 7.

4.1 Propriétés fonctionnelles

Les propriétés fonctionnelles de l'huile sont liées à son rôle de liquide isolant et caloporteur.

NOTE Les propriétés fonctionnelles comprennent la viscosité, la densité, le point d'écoulement, la teneur en eau, la rigidité diélectrique et le facteur de dissipation diélectrique.

3.3 additive

suitable chemical substance which is deliberately added to a mineral insulating oil in order to improve certain characteristics

NOTE Examples include antioxidants, pour point depressants, electrostatic charging tendency depressants such as benzotriazole (BTA), anti-foam agents, refining process improvers, etc.

3.4 antioxidant additive

additive incorporated in an insulating oil to improve oxidation stability

NOTE A large number of antioxidant additives are available. For this standard, these are limited to those identified in IEC 60666.

3.5 uninhibited oil

mineral insulating oil, containing no antioxidant additives, but which may contain other additives

3.6 trace inhibited oil

mineral insulating oil containing up to 0,08 % antioxidant additive together with other additives as mentioned in 3.4

3.7 inhibited oil

mineral insulating oil containing a minimum of 0,08 % and a maximum of 0,40 % antioxidant additive together with other additives as mentioned in 3.3

3.8 unused mineral insulating oil

mineral insulating oil as delivered by the supplier

NOTE Such an oil has not been used in, nor been in contact with electrical equipment or other equipment not required for manufacture, storage or transport. The manufacturer and supplier of unused oil will have taken all reasonable precautions to ensure that there is no contamination with polychlorinated biphenyls or terphenyls (PCB, PCT), used, reclaimed or dechlorinated oil or other contaminants.

3.9 reclaimed oil

mineral insulating oil used in electrical equipment which has been subjected to chemical and/or physical processing to eliminate soluble and insoluble contaminants

NOTE A blend of unused and reclaimed oil in any proportion is regarded as being reclaimed.

4 Properties of oil

Characteristics are listed in Tables 1 and 2 and in Clause 7.

4.1 Functional properties

Properties of oil which have impact on its function as an insulating and cooling liquid.

NOTE Functional properties include viscosity, density, pour point, water content, breakdown voltage and dielectric dissipation factor.

4.2 Raffinage et stabilité

Les propriétés de l'huile dépendent du type et de la qualité du raffinage et des additifs.

NOTE Celles-ci peuvent inclure l'aspect, la tension interfaciale, la teneur en soufre, l'acidité, le soufre corrosif, la teneur en 2-furfural.

4.3 Performance

Ce sont les propriétés liées au comportement de l'huile en service à long terme, ou à sa tenue sous tension électrique et température élevées.

NOTE Des exemples comprennent la stabilité à l'oxydation, le gassing, la tendance à la charge électrostatique (TCE).

4.4 Propriétés liées à l'hygiène, à la sécurité et à l'environnement (HSE)

Ces propriétés de l'huile concernent la sûreté de manipulation et la protection de l'environnement.

NOTE Des exemples peuvent comprendre le point d'éclair, la densité, les PAH (hydrocarbures aromatiques polycycliques), les PCB/PCT (polychloro-biphényles / terphényles).

5 Classification, identification, exigences générales de livraison et d'échantillonnage

5.1 Classification

5.1.1 Classes

Pour les besoins de cette norme, les huiles minérales isolantes sont séparées en deux classes:

- les huiles pour transformateur;
- les huiles pour appareillages de connexion basse température.

5.1.2 Teneur en additif antioxydant (inhibiteur)

Les huiles pour transformateur sont classées en trois groupes selon leur teneur en additif antioxydant:

- les huiles pour transformateur non inhibées signalées par la lettre U ;
- les huiles pour transformateur faiblement inhibées signalées par la lettre T ;
- les huiles pour transformateur inhibées signalées par la lettre I.

5.1.3 Température minimale de démarrage en puissance (TMDP)

La TMDP doit être indiquée après la lettre symbolisant l'inhibition.

La TMDP nominale pour cette norme est -30 °C ; d'autres TMDP peuvent être sélectionnées en option dans le Tableau 1.

Exemples: Huile pour transformateur I -40 °C , huile pour transformateur T -30 °C , huile pour transformateur U 0 °C

4.2 Refining and stability

Properties of oil that are influenced by quality and type of refining and additives.

NOTE This can include appearance, interfacial tension, sulfur content, acidity, corrosive sulfur, 2-furfural content.

4.3 Performance

Properties that are related to the long-term behaviour of oil in service and/or its reaction to high electric stress and temperature.

NOTE Examples include oxidation stability, gassing tendency and electrostatic charging tendency (ECT).

4.4 Health, safety and environment (HSE) properties

Oil properties related to safe handling and environment protection.

NOTE Examples can include flash point, density, PCA (polycyclic aromatics), PCB/PCT (polychlorinated biphenyls/terphenyls).

5 Classification, identification, general delivery requirements and sampling

5.1 Classification

5.1.1 Classes

For the purpose of this standard, mineral insulating oils are classified into two classes:

- transformer oils;
- low temperature switchgear oil.

5.1.2 Antioxidant additive (inhibitor) content

Transformer oils are classified into three groups, according to their content of antioxidant additive:

- uninhibited transformer oils: marked with U;
- trace inhibited transformer oils: marked with T;
- inhibited transformer oils: marked with I.

5.1.3 Lowest cold start energizing temperature (LCSET)

After the inhibitor marking, the LCSET shall be indicated.

Standard LCSET in this standard is -30 °C ; optionally other LCSET can be selected according to Table 1.

Example: Transformer oil I -40 °C , transformer oil T -30 °C , transformer oil U 0 °C .

5.2 Exigences spécifiques

Les spécifications générales de la présente norme sont indiquées au Tableau 2.

Les exigences spécifiques sont définies à l'Article 7.

5.3 Miscibilité

Les huiles isolantes neuves de même classe, groupe et TMDP, sont considérées comme mutuellement mélangeables et compatibles (voir également la CEI 60422).

5.4 Identification et exigences générales à la livraison

- a) Les huiles sont normalement livrées en conteneurs vrac ferroviaires ou routiers, ou conditionnés en fûts ou petits conteneurs (IBC). Ceux-ci doivent être propres et adaptés à cet usage pour éviter toute contamination.
- b) Les fûts et récipients d'échantillons doivent au moins porter les marquages suivants:
 - la désignation donnée par le fournisseur;
 - la classification;
 - la quantité d'huile.
- c) Chaque livraison d'huile doit s'accompagner d'un document du fournisseur indiquant au moins la désignation donnée par le fournisseur, la classification de l'huile et un certificat de conformité. A la demande de l'acheteur, le fournisseur doit indiquer la présence (type, concentration) de tout additif.

5.5 Echantillonnage

La prise d'échantillon doit se faire selon la procédure décrite dans la CEI 60475.

6 Propriétés, leur signification et méthodes d'essai

6.1 Viscosité

La viscosité influe sur le transfert de chaleur, et par conséquent la montée en température de l'appareil. Plus la viscosité est basse, mieux l'huile circule et donc améliore le transfert de chaleur. A basse température la viscosité s'élève et devient un facteur critique du démarrage à froid des transformateurs à refroidissement ON (pas de circulation et donc surchauffe possible des points chauds), et ralentit les pièces en mouvement telles que mécanismes de coupe-circuit, sélecteurs, sélecteurs en charge, pompes et régulateurs. La viscosité à la température minimale de démarrage en puissance (TMDP) ne doit pas excéder $1\,800\text{ mm}^2/\text{s}$ (et $2\,500\text{ mm}^2/\text{s}$ à -40 °C , voir Tableau 1). Cette température minimale de démarrage en puissance (TMDP) pour l'huile de transformateur est définie comme étant -30 °C dans cette norme. (Cela est inférieur de 5 K à l'exigence de la CEI 60076-2.) D'autres TMDP (voir Tableau 1) peuvent être acceptées selon accord entre fournisseur et acheteur.

Une viscosité plus basse à la TMDP, c'est-à-dire $400\text{ mm}^2/\text{s}$ max., est recommandée des huiles pour les appareillages de connexion basse température. La TMDP nominale des huiles pour appareillages de connexion basse température est fixée à -40 °C mais le fournisseur et l'acheteur peuvent s'accorder sur d'autres TMDP.

NOTE 1 Pour plus de détails sur le refroidissement ON (convection naturelle sans pompe), se référer à la CEI 60076-2.

5.2 Requirements

General requirements of this standard are given in Table 2.

Specific requirements are defined under Clause 7.

5.3 Mixability

Unused insulating oils of the same class, the same group and the same LCSET are considered to be mixable and compatible with each other (see as well IEC 60422).

5.4 Identification and general delivery requirements

- a) Oil is normally delivered in bulk, rail tank cars, tank containers or packed in drums or IBC (intermediate bulk containers). These shall be clean and suitable for this purpose to avoid any contamination.
- b) Oil drums and sample containers shall carry at least the following markings:
 - supplier's designation;
 - classification;
 - oil quantity.
- c) Each oil delivery shall be accompanied by a document from the supplier specifying at least: suppliers designation, oil classification and compliance certificate. At purchaser's request, the supplier has to indicate the presence (type, concentration) of any additive.

5.5 Sampling

Sampling shall be carried out in accordance with the procedure described in IEC 60475.

6 Properties, their significance and test methods

6.1 Viscosity

Viscosity influences heat transfer and therefore the temperature rise of the equipment. The lower the viscosity, the easier the oil circulates leading to improved heat transfer. At low temperatures the resulting higher viscosity of oil is a critical factor for the cold start of transformers with ON cooling (no circulation and therefore possible overheating at the hot spots) and negatively influences the speed of moving parts, such as in power circuit breakers, switchgear, on-load tap changer mechanisms, pumps and regulators. The viscosity at the lowest cold start energizing temperature (LCSET) shall not exceed 1 800 mm²/s (resp. 2 500 mm²/s at –40 °C, see Table 1). This lowest cold start energizing temperature (LCSET) for transformer oils is defined in this standard as being –30 °C (this is 5 K lower than indicated in IEC 60076-2). Other LCSET (see Table 1) can be agreed between supplier and purchaser.

Low temperature switchgear oil should have a lower viscosity at LCSET: max. 400 mm²/s. Standard LCSET of low temperature switchgear oil is defined with –40 °C but other LCSET may be agreed between supplier and purchaser.

NOTE 1 For more details concerning ON cooling (natural oil circulation without pump), refer to IEC 60076-2.

Tableau 1 – Viscosité et point d'écoulement maximaux des huiles pour transformateur à la température minimale de démarrage en puissance (TMDP)

TMDP °C	Viscosité maximale mm ² /s	Point d'écoulement maximal °C
0	1 800	-10*
-20	1 800	-30*
-30	1 800	-40
-40	2 500	-50*
* Optionnel.		

NOTE 2 Aucune viscosité minimale n'est fixée dans cette norme; cependant, dans certains cas, les huiles de viscosité inférieure à 7 mm²/s /40 °C peuvent représenter un risque potentiel en cas d'aspiration.

La viscosité doit être mesurée selon l'ISO 3104, et la viscosité à très basse température selon la CEI 61868.

6.2 Point d'écoulement

Le point d'écoulement d'une huile minérale isolante est la température la plus basse à laquelle l'huile s'écoule encore. Il est recommandé que le point d'écoulement soit au moins inférieur de 10 K à la température minimale de démarrage en puissance (TMDP). Si un additif abaisseur de point d'écoulement est utilisé, il est recommandé que le fournisseur le signale à l'utilisateur. Le point d'écoulement doit être mesuré selon l'ISO 3016.

6.3 Teneur en eau

Une faible teneur en eau de l'huile minérale isolante est nécessaire pour atteindre la rigidité diélectrique et les faibles pertes de dissipation adéquates. Pour éviter la séparation d'eau libre, il convient que les huiles isolantes neuves aient une teneur limitée en eau. Avant remplissage d'un appareillage électrique, il est bon que l'huile soit traitée pour atteindre les exigences de la CEI 60422. Sur demande de l'acheteur, le fournisseur d'huile doit prouver qu'après traitement pour enlever les particules solides, l'humidité et les gaz dissous par un procédé sous vide (voir note), l'huile doit avoir une haute rigidité diélectrique de 70 kV au moins. La teneur en eau doit être mesurée selon la CEI 60814.

NOTE Le traitement en laboratoire évoqué consiste en une filtration de l'huile à 60 °C sous vide (pression inférieure 2,5 kPa) à travers un filtre en verre fritté (porosité 4).

6.4 Tension de claquage

La tension de claquage de l'huile du transformateur est une mesure de sa capacité de résister à une tension électrique dans un appareil électrique. La tension de claquage doit être mesurée selon la CEI 60156.

6.5 Facteur de dissipation diélectrique (FDD)

Le FDD est une mesure des pertes diélectriques provoquées par l'huile. Un FDD élevé peut signaler une contamination de l'huile par de l'humidité, des particules ou des contaminants polaires solubles, ou un raffinage de médiocre qualité. Le FDD doit être mesuré selon la CEI 60247 ou la CEI 61620 à 90 °C. En cas de désaccord, il convient d'utiliser la CEI 60247, à 90 °C.

NOTE Par accord des parties prenantes, le FDD peut être mesuré à des températures autres que 90 °C. En de tels cas, il convient de mentionner la température de mesure dans le rapport.

Table 1 – Maximum viscosity and pour point of transformer oil at lowest cold start energizing temperature (LCSET)

LCSET °C	Maximum viscosity mm ² /s	Maximum pour point °C
0	1 800	–10*
–20	1 800	–30*
–30	1 800	–40
–40	2 500	–50*
* Optional.		

NOTE 2 There is no lower viscosity limit set in this standard, but under certain conditions oils with a viscosity less than 7 mm²/s /40 °C can be considered to be a potential aspiration hazard.

Viscosity shall be measured according to ISO 3104, viscosity at very low temperatures according to IEC 61868.

6.2 Pour point

Pour point of mineral insulating oil is the lowest temperature at which the oil will just flow. It is recommended that the pour point should be minimum 10 K below the lowest cold start energizing temperature (LCSET). If a pour point depressant additive is used, this should be mentioned by the supplier to the user. Pour point shall be measured in accordance with ISO 3016.

6.3 Water content

A low water content of mineral insulating oil is necessary to achieve adequate electrical strength and low dissipation losses. To avoid separation of free water, unused insulating oil should have a limited water content. Before filling the electrical equipment, the oil should be treated to meet the requirements of IEC 60422. Where requested by the purchaser, the supplier of oil shall demonstrate that after treatment to remove solid particles, humidity and dissolved air by a vacuum procedure (see note), the oil shall have a high dielectric strength of minimum 70 kV breakdown voltage. Water content shall be measured in accordance with IEC 60814.

NOTE This laboratory treatment referred to consists of filtration of the oil at 60 °C by vacuum (pressure below 2,5 kPa) through a sintered glass filter (porosity 4).

6.4 Breakdown voltage

Breakdown voltage of transformer oil indicates its ability to resist electrical stress in electrical equipment. Breakdown voltage shall be measured in accordance with IEC 60156.

6.5 Dielectric dissipation factor (DDF)

DDF is a measure for dielectric losses caused by the oil. Increased DDF can indicate contamination of the oil by moisture, particles or soluble polar contaminants or poor refining quality. DDF shall be measured in accordance with IEC 60247 or IEC 61620 at 90 °C. In case of dispute, IEC 60247 at 90 °C should be used.

NOTE By agreement between parties, DDF may be measured at temperatures other than 90 °C. In such cases the temperature of measurement should be stated in the report.

6.6 Aspect

Un contrôle visuel de l'huile isolante (par lumière transmise à travers un échantillon d'environ 10 cm d'huile isolante à température ambiante) révèle la présence de contaminants visibles, d'eau libre ou de matière en suspension.

6.7 Acidité

Il convient qu'une huile minérale isolante soit neutre et sans aucun composé acide. Il convient de mesurer l'acidité selon la CEI 62021-1.

6.8 Tension interfaciale (TIF)

Une TIF basse est parfois indicatrice de la présence de contaminants indésirables. La TIF doit être mesurée selon l'ISO 6295.

6.9 Teneur en soufre

Divers composés organo-soufrés sont présents dans les huiles pour transformateurs, selon l'origine du pétrole brut, le type et le degrés de raffinage. Le raffinage détermine les taux de soufre et d'hydrocarbures aromatiques. Comme certains composés soufrés ont une affinité avec les métaux, ils peuvent agir soit en passivants du cuivre, soit faciliter la corrosion.

Il convient que la teneur en soufre soit mesurée selon BS 2000 Partie 373 ou l'ISO 14596.

6.10 Soufre corrosif

Certains composés soufrés, par exemple les mercaptans, sont très corrosifs vis-à-vis des surfaces métalliques, en particulier pour l'acier, le cuivre et l'argent (contacts des interrupteurs), et doivent être absents des huiles neuves. Il convient que le soufre corrosif soit mesuré selon la DIN 51353.

6.11 Teneur en additif antioxydant

Un additif antioxydant (inhibiteur) ralentit l'oxydation de l'huile et donc la formation de boues huileuses et d'acidité. Il est important de savoir si et en quelle proportion un additif antioxydant a été ajouté afin d'en suivre la consommation en service. Le di-tertiobutyl-2,6 paracrésol (DBPC ou BHT) est l'antioxydant le plus communément utilisé, mais d'autres le sont également. La détection et le dosage des additifs antioxydants définis doivent être réalisés selon la CEI 60666. Le type et la quantité de chaque additif antioxydant présent doivent être mentionnés dans le certificat de conformité. Si des additifs co-stabilisants sont utilisés dans le procédé de raffinage, leur présence doit faire l'objet d'un accord entre client et fournisseur.

6.12 Stabilité à l'oxydation

L'oxydation de l'huile déclenche la formation d'acidité et de boues. Elle est limitée par une stabilité à l'oxydation élevée qui conduit à une durée de vie en service accrue, par de moindres dépôts de boues, pertes électriques, corrosion métallique, défauts électriques, et une durée de vie maximale des isolants. La stabilité à l'oxydation est mesurée selon la méthode C de la CEI 61125. Pour des applications particulières, des limites plus strictes sont prévues en option. Dans certains pays des limites plus sévères et/ou des exigences et essais supplémentaires peuvent être demandés.

6.6 Appearance

A visual inspection of insulating oil (oil sample in transmitted light under a thickness of approximately 10 cm and at ambient temperature) indicates the presence of visible contaminants, free water or suspended matter.

6.7 Acidity

Unused mineral insulating oil should be neutral and free from any acidic compound. Acidity should be measured following IEC 62021-1.

6.8 Interfacial tension (IFT)

Low IFT sometimes indicates the presence of undesirable contaminants. IFT shall be measured in accordance with ISO 6295.

6.9 Sulfur content

Different organo-sulfur compounds are present in transformer oils, dependent on the crude oil origin and the degree and type of refining. Refining treats sulfur and aromatic hydrocarbons. As some sulfur compounds have an affinity to metals, they may act as copper passivators or they may promote corrosion.

Sulfur content should be measured following BS 2000 Part 373 or ISO 14596.

6.10 Corrosive sulfur

Some sulfur compounds, e.g. mercaptans, are very corrosive to metal surfaces, i.e. steel, copper and silver (switchgear contacts) and shall not be present in new oil. Corrosive sulfur should be measured following DIN 51353.

6.11 Antioxidant additive content

Antioxidant additive (inhibitor) slows down the oxidation of oil and therefore the formation of oil sludge and acidity. It is important to know whether and in what proportion antioxidant additive has been added in order to monitor additive depletion during service. 2,6-di-tert-butyl-p-cresol (DBPC) is the most commonly used antioxidant, but others are also used. Detection and measurement of defined antioxidant additives shall be determined in accordance with IEC 60666. The type and quantity of each antioxidant additive present in the oil shall be stated in the quality certificate. If co-stabilizers are used during the refining process, their presence shall be agreed between the supplier and the purchaser.

6.12 Oxidation stability

Oxidation of oil gives rise to acidity and sludge formation and can be minimized as a result of high oxidation stability leading to longer service life time by minimizing sludge deposition, electrical losses, metal corrosion, electrical faults and maximizing insulation life. Oxidation stability is measured in accordance with method C of IEC 61125. There is an option for stricter limits for special applications. In some countries more stringent limits and/or additional requirements and tests may be requested.

6.13 Gassing

Le gassing, ou propriété d'une huile minérale isolante à absorber ou non des gaz sous tension électrique, n'est importante et nécessaire que pour des transformateurs particuliers comme les transformateurs HT (haute tension). C'est une mesure du taux d'absorption ou d'émission d'hydrogène par l'huile dans des conditions d'essai en laboratoire définies. Les propriétés d'absorption sont dépendantes de l'aromaticité de l'huile, laquelle est indirectement liée aux exigences de stabilité à l'oxydation. Le gassing est mesuré selon la méthode A de la CEI 60628. Le gassing est une exigence particulière.

6.14 Tendence à la charge électrostatique (TCE)

La TCE est une propriété importante de l'huile pour certaines configurations de transformateurs HT et THT, dont les vitesses de pompage d'huile peuvent déclencher la formation d'une charge statique. Une décharge d'énergie peut en résulter et provoquer une défaillance du transformateur. Une méthode pour mesurer la TCE est suggérée par le CIGRE SC12 (voir Bibliographie).

La TCE est une exigence particulière.

6.15 Point d'éclair

La sécurité des opérations des équipements électriques exige un point d'éclair élevé et adapté, qui est mesuré selon l'ISO 2719 (Vase clos Pensky-Martens).

6.16 Densité

La densité d'une huile doit être assez basse pour qu'en climat froid la glace formée par congélation d'eau libre ne puisse flotter à la surface de l'huile, et éventuellement conduire à un courant de fuite évoluant en déflagration des conducteurs. La densité doit être mesurée selon l'ISO 3675 (méthode de référence) mais l'ISO 12185 est également acceptée.

6.17 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Certains HAP sont classifiés comme carcinogènes et doivent donc être maintenus sous un seuil acceptable dans les huiles minérales isolantes. Les HAP sont reconnus détectables par extraction au DMSO (Diméthylsulfoxyde) dans les conditions de l'essai BS 2000 Partie 346.

6.18 Polychlorobiphényles (PCB)

Les huiles minérales isolantes neuves doivent être sans PCB. La méthode analytique de référence est la CEI 61619. La limite de détection pour un pic particulier est 0,1 mg/kg.

NOTE Les limites pour la somme des PCB sont définies par des règlements nationaux.

6.19 2-Furfural et composés proches (2-FAL)

Le 2-FAL et les composés proches dans les huiles minérales isolantes neuves peuvent provenir d'une mauvaise redistillation après extraction au solvant lors du raffinage ou d'une contamination par une huile usée.

Il convient que les huiles isolantes neuves présentent une faible teneur en 2-FAL et composés proches. Il convient que la mesure soit faite selon la CEI 61198.

6.13 Gassing

Gassing tendency of mineral insulating oil, i.e. the gas absorbing property of an oil under electrical stress, is only necessary and important for special transformers like HV (high voltage) transformers and is a measure of the rate of absorption or evolution of hydrogen into oil under prescribed laboratory conditions. Gas absorption properties are related to oil aromaticity which is subject to indirect control by the oil's oxidation requirements. Gassing tendency is measured using method A of IEC 60628. Gassing tendency is a specific requirement.

6.14 Electrostatic charging tendency (ECT)

ECT of oil is an important property for certain designs of HV and EHV transformers which have oil pumping rates that can give rise to the build-up of electrostatic charge. This charge can result in energy discharge causing transformer failure. A method to measure ECT is proposed by CIGRE SC12 (see Bibliography).

ECT is a specific requirement.

6.15 Flash point

The safe operation of electrical equipment requires an adequately high flash point that is measured in accordance with ISO 2719 (Pensky-Martens closed cup procedure).

6.16 Density

Density of oil shall be low enough to avoid, in cold climates, that ice resulting from the freezing of free water is floating on the oil surface and possibly leading to fault conditions developing in flashover of conductors. Density shall be measured in accordance with ISO 3675 (reference method) but ISO 12185 as well is accepted.

6.17 Polycyclic aromatics (PCA)

Some PCAs are classified to be carcinogens and therefore need to be controlled to an acceptable level in mineral insulating oil. PCAs are defined so as to be detectable by extraction with DMSO (Dimethylsulfoxide) under the conditions of BS 2000 Part 346.

6.18 Polychlorinated biphenyls (PCB)

Unused mineral insulating oil shall be free from PCB. The reference method is IEC 61619. The detection limit for a single peak is 0,1 mg/kg.

NOTE The total limits are given by national regulations.

6.19 2-Furfural and related compounds (2-FAL)

2-FAL and related compounds in unused mineral insulating oils can result either from improper redistillation after solvent extraction during refining or from contamination with used oil.

Unused insulating oils should have a low level of 2-FAL and related compounds; measurement should be done according to IEC 61198.

Tableau 2 – Spécifications générales

Propriété	Méthode d'essai	Limites	
		Huile pour transformateur	Huile pour appareillages de connexion basse température
1 – Fonctions			
Viscosité à 40 °C	ISO 3104	Max. 12 mm ² /s	Max. 3,5 mm ² /s
Viscosité à -30 °C ^a	ISO 3104	Max. 1 800 mm ² /s	--
Viscosité à -40 °C ^b	CEI 61868	--	Max. 400 mm ² /s
Point d'écoulement ^a	ISO 3016	Max. -40 °C	Max. -60 °C
Teneur en eau	CEI 60814	Max. 30 mg/kg ^c / 40 mg/kg ^d	
Tension de claquage	CEI 60156	Min. 30 kV / 70 kV ^e	
Densité à 20 °C	ISO 3675 ou ISO 12185	Max. 0,895 g/ml	
FDD à 90 °C	CEI 60247 ou CEI 61620	Max. 0,005	
2 – Raffinage/stabilité			
Apparence	--	Limpide, exempt de dépôt et de matière en suspension	
Acidité	CEI 62021-1	Max. 0,01 mg KOH/g	
Tension interfaciale	ISO 6295	Pas d'exigence générale ^f	
Teneur totale en soufre	BS 2000 Partie 373 ou ISO 14596	Pas d'exigence générale	
Soufre corrosif	DIN 51353	Non corrosif	
Additif antioxydant	CEI 60666	(U) huile non inhibée: non détectable (T) huile faiblement inhibée : max. 0,08 % (I) huile inhibée : 0,08 – 0,40 %	
Teneur en 2-Furfural	CEI 61198	Max. 0,1 mg/kg	
3 – Performance			
Stabilité à l'oxydation ¹	CEI 61125 (méthode C) Durée de l'essai: (U) huile non inhibée: 164 h (T) huile faiblement inhibée: 332 h (I) huile inhibée: 500 h		
- Acidité totale		Max. 1,2 mg KOH/g ¹	
- Dépôts		Max. 0,8 % ¹	
FDD à 90 °C	CEI 60247	Max. 0,500 ¹	
Gassing	IEC 60628, A	Pas d'exigence générale	
4 – Hygiène, sécurité et environnement (HSE)			
Point d'éclair	ISO 2719	Min. 135 °C	Min. 100 °C
Teneur en PAH	BS 2000 Partie 346	Max. 3 %	
Teneur en PCB	CEI 61619	Non détectable	
^a Il s'agit de la TMDP nominale pour une huile pour transformateur (voir 5.1); elle peut être ajustée aux conditions climatiques de chaque pays. Il est recommandé que le point d'écoulement soit inférieur de 10 K au moins à la TMDP. ^b TMDP nominale pour les huiles pour interrupteurs basse température. ^c Livraisons en vrac. ^d Livraisons en fûts ou petits conteneurs. ^e Après traitement en laboratoire (voir 6.4). ^f Là où une spécification générale est utilisée, une limite minimale de 40 mN/m est recommandée.			

¹ Dans certains pays des limites plus rigoureuses et/ou des spécifications complémentaires peuvent être exigées.

Table 2 – General specifications

Property	Test method	Limits	
		Transformer oil	Low temperature switchgear oil
1 – Function			
Viscosity at 40 °C	ISO 3104	Max. 12 mm ² /s	Max. 3,5 mm ² /s
Viscosity at –30 °C ^a	ISO 3104	Max. 1 800 mm ² /s	--
Viscosity at –40 °C ^b	IEC 61868	--	Max. 400 mm ² /s
Pour point ^a	ISO 3016	Max. –40 °C	Max. –60 °C
Water content	IEC 60814	Max. 30 mg/kg ^c / 40 mg/kg ^d	
Breakdown voltage	IEC 60156	Min. 30 kV / 70 kV ^e	
Density at 20 °C	ISO 3675 or ISO 12185	Max. 0,895 g/ml	
DDF at 90°C	IEC 60247 or IEC 61620	Max. 0,005	
2 – Refining/stability			
Appearance	--	Clear, free from sediment and suspended matter	
Acidity	IEC 62021-1	Max. 0,01 mg KOH/g	
Interfacial tension	ISO 6295	No general requirement ^f	
Total sulfur content	BS 2000 Part 373 or ISO 14596	No general requirement	
Corrosive sulfur	DIN 51353	Not corrosive	
Antioxidant additive	IEC 60666	(U) uninhibited oil: not detectable (T) trace inhibited oil: max. 0,08 % (I) inhibited oils: 0,08 – 0,40 %	
2-Furfural content	IEC 61198	Max. 0,1 mg/kg	
3 – Performance			
Oxidation stability ¹	IEC 61125 (method C) Test duration: (U) Uninhibited oil: 164 h (T) Trace inhibited oil: 332 h (I) Inhibited oil: 500 h		
- Total acidity		Max. 1,2 mg KOH/g ¹	
- Sludge		Max. 0,8 % ¹	
DDF at 90 °C	IEC 60247	Max. 0,500 ¹	
Gassing	IEC 60628, A	No general requirement	
4 – Health, safety and environment (HSE)			
Flash point	ISO 2719	Min. 135 °C	Min. 100 °C
PCA content	BS 2000 Part 346	max. 3 %	
PCB content	IEC 61619	Not detectable	
^a This is the standard LCSET for a transformer oil (see 5.1) and can be modified depending on the climatic condition of each country. Pour point should be minimum 10 K below LCSET. ^b Standard LCSET for low temperature switch gear oil. ^c For bulk supply. ^d For delivery in drums and IBC. ^e After laboratory treatment (see 6.4). ^f Where it is used as a general requirement, a limit of minimum 40 mN/m is recommended.			

¹ In some countries more stringent limits and/or additional requirements may be requested.

7 Exigences spécifiques à des applications particulières

7.1 Stabilité à l'oxydation accrue et faible teneur en soufre

Pour les transformateurs opérant à températures plus élevées ou conçus pour une durée de vie accrue, il peut exister des limites plus restrictives après essai d'oxydation (voir la méthode C de la CEI 61125). En règle générale, de telles huiles sont inhibées (I) ^{2, 3}.

- Acidité totale: max. 0,3 mg KOH/g;
- Dépôts: max. 0,05 %;
- FDD à 90 °C: max. 0,050;
- Teneur totale en soufre: max. 0,15 %.

7.2 Tendance à la charge électrostatique (TCE)

Pour les transformateurs de puissance refroidis OF et OD (CEI 60076-2) avec vitesse de circulation d'huile élevée, par exemple les transformateurs-redresseurs CCHT, le fabricant et l'acheteur peuvent s'accorder sur une limite.

7.3 Gassing

Pour les appareillages avec fort champ électrique ou de conception particulière, il faut que les gaz pouvant se former sous des conditions particulières de contrainte soient absorbés par l'huile. C'est pourquoi il faut que le gassing selon la CEI 60628 soit accepté selon accord entre le fabricant de l'huile et l'utilisateur de l'huile. ⁴

² Dans certains pays, des limites plus rigoureuses et/ou des spécifications complémentaires peuvent être exigées.

³ Dans certains pays, un FDD de 0,020 max. après 2 h d'oxydation (voir CEI 61125, méthode C) est considéré comme acceptable pour des applications avec transformateurs de mesure et traversées en THT.

⁴ Dans certains pays, des limites sont disponibles.

7 Specific requirements for special applications

7.1 Higher oxidation stability and low sulfur content

For transformers with higher operating temperatures or designed for extended service life, there may exist restricted limits after oxidation test (see IEC 61125, method C). Mostly, such oil is inhibited (I) ^{2, 3}.

- Total acidity: max. 0,3 mg KOH/g;
- Sludge: max. 0,05 %;
- DDF at 90 °C: max. 0,050;
- Total sulfur content: max. 0,15 %.

7.2 Electrostatic charging tendency (ECT)

For OF- or OD-cooled power transformers (IEC 60076-2) with high oil circulation speed, as e.g. HV/DC transformers, a limit may be agreed between purchaser and manufacturer.

7.3 Gassing

For equipment with high electrical field stress or special design, gas which may be formed under special stress conditions must be absorbed by the oil. Therefore the gassing tendency according to IEC 60628 must be agreed between the oil manufacturer and the user of the oil.⁴

² In some countries more stringent limits and/or additional requirements may be requested.

³ In some countries a DDF of max. 0,020 after 2 h of oxidation (see IEC 61125, method C) is considered as acceptable for application in EHV instrument transformers and bushings.

⁴ In some countries limits are available.

Bibliographie

DIN 51353: *Détection du soufre corrosif – Méthode à la lame d'argent* (disponible en anglais et en allemand)

BS 2000 Partie 346: *Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les huiles de base pour lubrifiants et les fractions pétrolières sans asphaltènes. Méthode par extraction au DMSO* (disponible en anglais)

BS 2000 Partie 373: *Détermination de la teneur en soufre des distillats légers et intermédiaires – Microcoulométrie oxydante* (disponible en anglais)

CIGRE SC12: *Electrisation statique en transformateurs de puissance* (CIGRE SC12 – Brochure Technique, référence Id 170, Date de publication: 2000)

Bibliography

DIN 51353: *Detection of corrosive sulfur – Silver strip*

BS 2000, Part 346: *Determination of polycyclic aromatics in lubricant base oil and asphaltene free petroleum fractions – Dimethylsulfoxide refractive method*

BS 2000, Part 373: *Determination of the sulfur content of light and middle distillates – Oxidative microcoulometry*

CIGRE SC12: *Static electrification in power transformers* (CIGRE SC12 – Technical Brochure, Product Id 170 [2000])



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)
.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a:
(tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for:
(tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs:
(tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

- timeliness
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (ex. 60601-1-1)

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction? (cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille: (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins: (une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes: (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres

- (1) inacceptable,
 - (2) au-dessous de la moyenne,
 - (3) moyen,
 - (4) au-dessus de la moyenne,
 - (5) exceptionnel,
 - (6) sans objet
- publication en temps opportun
 - qualité de la rédaction.....
 - contenu technique
 - disposition logique du contenu
 - tableaux, diagrammes, graphiques, figures
 - autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....



.....

ISBN 2-8318-7272-3



9 782831 872728

ICS 29.180; 29.040.0; 29.130

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND