



IEC 60422

Edition 4.0 2013-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance

Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques – Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.040.10

ISBN 978-2-83220-560-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Properties and deterioration/degradation of oil	10
5 Oil tests and their significance.....	11
5.1 General.....	11
5.2 Colour and appearance	12
5.3 Breakdown voltage.....	12
5.4 Water content.....	12
5.4.1 General	12
5.4.2 Water in oil.....	12
5.4.3 Water content in the oil/paper-system.....	14
5.4.4 Interpretation of results.....	15
5.5 Acidity.....	15
5.6 Dielectric dissipation factor (DDF) and resistivity.....	15
5.7 Inhibitor content and oxidation stability.....	18
5.7.1 Oxidation stability	18
5.7.2 Monitoring of uninhibited oils.....	18
5.7.3 Monitoring of inhibited oils.....	18
5.8 Sediment and sludge.....	18
5.9 Interfacial tension (IFT)	19
5.10 Particle count	19
5.11 Flash point	19
5.12 Compatibility of insulating oils	20
5.13 Pour point	20
5.14 Density.....	20
5.15 Viscosity.....	20
5.16 Polychlorinated biphenyls (PCBs).....	21
5.17 Corrosive sulphur.....	21
5.18 Dibenzyl disulphide (DBDS)	22
5.19 Passivator	22
6 Sampling of oil from equipment	22
7 Categories of equipment.....	23
8 Evaluation of mineral insulating oil in new equipment	23
9 Evaluation of oil in service.....	24
9.1 General.....	24
9.2 Frequency of examination of oils in service	25
9.3 Testing procedures.....	26
9.3.1 General	26
9.3.2 Field tests.....	26
9.3.3 Laboratory tests	27
9.4 Classification of the condition of oils in service.....	27
9.5 Corrective action	27

10	Handling and storage	32
11	Treatment.....	33
11.1	WARNING	33
11.2	Reconditioning	34
11.2.1	General	34
11.2.2	Reconditioning equipment	35
11.2.3	Application to electrical equipment	36
11.3	Reclaiming	37
11.3.1	General	37
11.3.2	Reclaiming by percolation.....	37
11.3.3	Reclaiming by contact	38
11.3.4	Renewal of additives	38
11.4	Decontamination of oils containing PCBs	38
11.4.1	General	38
11.4.2	Dehalogenation processes using sodium and lithium derivatives	38
11.4.3	Dehalogenation processes using polyethylene glycol and potassium hydroxide (KPEG).....	39
11.4.4	Dehalogenation in continuous mode by closed circuit process	39
12	Replacement of oil in electrical equipment.....	39
12.1	Replacement of oil in transformers rated below 72,5 kV and in switchgear and associated equipment.....	39
12.2	Replacement of oil in transformers rated 72,5 kV and above	39
12.3	Replacement of oil in electrical equipment contaminated with PCB.....	40
13	Passivation.....	40
	Annex A (informative) Evaluating water in oil and insulation.....	41
	Annex B (informative) Particles	43
	Annex C (informative) Test method for determination of sediment and sludge.....	44
	Bibliography.....	45
	Figure 1 – Example of variation in saturation water content with oil temperature and acidity for insulating oil originally conforming to IEC 60296	14
	Figure 2 – Example of variation of resistivity with temperature for insulating oils.....	17
	Figure A.1 – Typical correction factors	41
	Table 1 – Tests for in-service mineral insulating oils	11
	Table 2 – Categories of equipment	23
	Table 3 – Recommended limits for mineral insulating oils after filling in new electrical equipment prior to energization.....	24
	Table 4 – Recommended frequency of testing ^a	26
	Table 5 – Application and interpretation of tests (1 of 4)	28
	Table 6 – Summary of typical actions.....	32
	Table 7 – Conditions for processing inhibited and/ or passivator containing mineral insulating oils.....	35
	Table A.1 – Guidelines for interpreting data expressed in per cent saturation	42
	Table B.1 – Typical contamination levels (particles) encountered on power transformer insulating oil as measured using IEC 60970.....	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MINERAL INSULATING OILS IN ELECTRICAL EQUIPMENT – SUPERVISION AND MAINTENANCE GUIDANCE

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60422 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This fourth edition cancels and replaces the third edition, published in 2005, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are as follows:

This new edition represents a major revision of the third edition, in order to bring in line this standard with latest development of oil condition monitoring, containing new limits for oil parameters, suggested corrective actions in the tables and new test methods.

The action limits for all oil tests have been revised and changes made where necessary to enable users to use current methodology and comply with requirements and regulations affecting safety and environmental aspects.

In addition, this standard incorporates changes introduced in associated standards since the third edition was published.

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

FDIS	Report on voting
10/894/FDIS	10/896/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 the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60422 ed 4.0:2013

INTRODUCTION

Insulating mineral oils are used in electrical equipment employed in the generation, transmission, distribution and use of electrical energy, so that the amount of oil in service, worldwide, amounts to hundreds of millions of kilograms.

Monitoring and maintaining oil quality is essential to ensure the reliable operation of oil-filled electrical equipment. Codes of practice for this purpose have been established by electrical power authorities, power companies and industries in many countries.

A review of current experience reveals a wide variation of procedures and criteria. It is possible, however, to compare the value and significance of standardized oil tests and to recommend uniform criteria for the evaluation of test data.

If a certain amount of oil deterioration (by degradation or contamination) is exceeded, there is inevitably some erosion of safety margins and the question of the risk of premature failure should be considered. While the quantification of the risk can be very difficult, a first step involves the identification of potential effects of increased deterioration. The philosophy underlying this standard is to furnish users with as broad a base of understanding of oil quality deterioration as is available, so that they can make informed decisions on inspection and maintenance practices.

Unused mineral oils are limited resources and should be handled with this in mind. Used mineral oils are, by most regulations, deemed to be controlled waste. If spills occur this may have a negative environmental impact especially if the oil is contaminated by persistent organic pollutants such as polychlorinated biphenyls (PCBs).

This International Standard, whilst technically sound, is mainly intended to serve as a common basis for the preparation of more specific and complete codes of practice by users in the light of local circumstances. Sound engineering judgement will have to be exerted in seeking the best compromise between technical requirements and economic factors.

Reference should also be made to instructions from the equipment manufacturer.

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 this standard to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

The mineral oils and oil additives which are the subject of this standard should be handled with due regard to personal hygiene. Direct contact with the eyes may cause slight irritation. In the case of eye contact, irrigation with copious quantities of clean running water should be carried out and medical advice sought. For more information, refer to the safety data sheet provided by the manufacturer. 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.

Environment

This standard is applicable to mineral oils, chemicals and used sample containers.

Attention is drawn to the fact that, at the time of writing this standard, some mineral oils in service are known to be contaminated to some degree by PCBs.

Because of this, safety countermeasures should be taken to avoid risks to workers, the public and the environment during the life of the equipment, by strictly controlling spills and emissions. Disposal or decontamination of these oils should be carried out strictly according to local regulations. Every precaution should be taken to prevent release of mineral oil into the environment.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60422 ed 4.0:2013

MINERAL INSULATING OILS IN ELECTRICAL EQUIPMENT – SUPERVISION AND MAINTENANCE GUIDANCE

1 Scope

This International Standard gives guidance on the supervision and maintenance of the quality of the insulating oil in electrical equipment.

This standard is applicable to mineral insulating oils, originally supplied conforming to IEC 60296, in transformers, switchgear and other electrical apparatus where oil sampling is reasonably practicable and where the normal operating conditions specified in the equipment specifications apply.

This standard is also intended to assist the power equipment operator to evaluate the condition of the oil and maintain it in a serviceable condition. It also provides a common basis for the preparation of more specific and complete local codes of practice.

The standard includes recommendations on tests and evaluation procedures and outlines methods for reconditioning and reclaiming oil and the decontamination of oil contaminated with PCBs.

NOTE The condition monitoring of electrical equipment, for example by analysis of dissolved gases, furanic compounds or other means, is outside the scope of this standard.

2 Normative references

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

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

IEC 60247, *Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and d.c. resistivity*

IEC 60296:2012, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60475, *Method of sampling liquid dielectrics*

IEC 60666:2010, *Detection and determination of specified additives in mineral insulating oils*

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

IEC 60970, *Insulating liquids – Methods for counting and sizing particles*

IEC 61125:1992, *Unused hydrocarbon based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability*

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

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

IEC 62021-2, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 2: Colourimetric titration*

IEC 62535:2008, *Insulating liquids – Test method for detection of potentially corrosive sulphur in used and unused insulating oils*

IEC 62697-1:2012, *Test methods for quantitative determination of corrosive sulfur compounds in unused and used insulating liquids - Part 1: Test method for quantitative determination of dibenzyldisulfide (DBDS)*

ISO 2049, *Petroleum products – Determination of colour (ASTM scale)*

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 4406:1999, *Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles*

EN 14210, *Surface active agents – Determination of interfacial tension of solutions of surface active agents by the stirrup or ring method*

ASTM D971, *Standard Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water by the Ring Method*

ASTM D1275:2006, *Standard Test Method for Corrosive Sulfur in Electrical Insulating Oils*

DIN 51353, *Testing of insulating oils; Detection of corrosive sulphur; Silver strip test*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
INTRODUCTION	51
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Propriétés et détérioration/dégradation de l'huile	55
5 Essais des huiles et leur signification	56
5.1 Généralités	56
5.2 Couleur et aspect	57
5.3 Tension de claquage	57
5.4 Teneur en eau	57
5.4.1 Généralités	57
5.4.2 Eau dans l'huile	58
5.4.3 Teneur en eau dans le système huile/papier	59
5.4.4 Interprétation des résultats	60
5.5 Acidité	60
5.6 Facteur de dissipation diélectrique (FDD) et résistivité	60
5.7 Teneur en inhibiteur et stabilité à l'oxydation	63
5.7.1 Stabilité à l'oxydation	63
5.7.2 Surveillance des huiles non inhibées	63
5.7.3 Surveillance des huiles inhibées	63
5.8 Dépôts et boues	63
5.9 Tension interfaciale (TIF)	64
5.10 Comptage des particules	64
5.11 Point d'éclair	65
5.12 Compatibilité des huiles isolantes	65
5.13 Point d'écoulement	66
5.14 Masse volumique	66
5.15 Viscosité	66
5.16 Polychlorobiphényles (PCB)	66
5.17 Soufre corrosif	66
5.18 Disulfure de dibenzyle (<i>Dibenzyl disulphide</i> , DBDS)	67
5.19 Passivant	68
6 Prélèvement d'échantillon dans le matériel	68
7 Catégories de matériels	68
8 Evaluation de l'huile minérale isolante dans les matériels à l'état neuf	69
9 Evaluation de l'huile en service	70
9.1 Généralités	70
9.2 Fréquence des examens de l'huile en service	71
9.3 Procédures d'essais	72
9.3.1 Généralités	72
9.3.2 Essais sur site	72
9.3.3 Essais en laboratoire	73
9.4 Classification des états des huiles en service	73
9.5 Action corrective	73

10	Traitement et stockage	80
11	Traitement.....	81
11.1	AVERTISSEMENT.....	81
11.2	Retraitement	82
11.2.1	Généralités.....	82
11.2.2	Matériel de retraitement.....	83
11.2.3	Application aux matériels électriques.....	84
11.3	Régénération.....	85
11.3.1	Généralités.....	85
11.3.2	Régénération par percolation.....	85
11.3.3	Régénération par contact	86
11.3.4	Renouvellement des additifs.....	86
11.4	Décontamination des huiles contenant du polychlorobiphényle (PCB).....	86
11.4.1	Généralités.....	86
11.4.2	Procédés de déshalogénéation utilisant des dérivés de sodium et de lithium	87
11.4.3	Procédés de déshalogénéation utilisant du polyéthylène glycol et de l'hydroxyde de potassium (KPEG).....	87
11.4.4	Déshalogénéation en mode continu par un procédé en circuit fermé.....	87
12	Remplacement de l'huile dans le matériel électrique.....	87
12.1	Remplacement de l'huile dans les transformateurs de tension assignée inférieure à 72,5 kV et dans les appareillages de connexion et les matériels associés.....	87
12.2	Remplacement de l'huile dans les transformateurs de tension assignée supérieure ou égale à 72,5 kV.....	88
12.3	Remplacement de l'huile dans le matériel électrique contaminé par les PCB.....	88
13	Passivation.....	88
	Annexe A (informative) Évaluation de l'eau dans l'huile et dans l'isolation	89
	Annexe B (informative) Particules.....	91
	Annexe C (informative) Méthode d'essai pour la détermination des dépôts et des boues	92
	Bibliographie.....	93
	Figure 1 – Exemple de variation de la teneur en eau à saturation, en fonction de la température et de l'acidité de l'huile, pour une huile isolante originellement conforme à la CEI 60296.....	59
	Figure 2 – Exemple de variation de la résistivité en fonction de la température pour les huiles isolantes.....	62
	Figure A.1 – Facteurs de correction types.....	89
	Tableau 1 – Essais des huiles minérales isolantes en service.....	56
	Tableau 2 – Catégories de matériels.....	68
	Tableau 3 – Limites conseillées pour les huiles minérales isolantes après remplissage de matériels électriques neufs et avant leur mise sous tension	70
	Tableau 4 – Fréquences d'essais ^a conseillées ^a	72
	Tableau 5 – Application et interprétation des essais (1 de 5)	75
	Tableau 6 – Résumé des actions types.....	80
	Tableau 7 – Conditions pour le traitement des huiles isolantes minérales inhibées et/ou contenant des passivants.....	83

Tableau A.1 – Guide pour l'interprétation des données exprimées en pourcentage de saturation	90
Tableau B.1 – Niveaux de contamination typiques (particules) rencontrés dans les huiles isolantes de transformateurs de puissance, mesurées avec la CEI 60970.....	91

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60422 ed 4.0:2013

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

HUILES MINÉRALES ISOLANTES DANS LES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES – LIGNES DIRECTRICES POUR LA MAINTENANCE ET LA SURVEILLANCE

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60422 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition, publiée en 2005, et constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

Cette nouvelle édition représente une révision importante de la troisième édition, qui a pour objet d'aligner la présente norme sur les derniers développements de la surveillance de l'état de l'huile, contenant de nouvelles limites pour les paramètres relatifs aux huiles, les actions correctives suggérées dans les tableaux et de nouvelles méthodes d'essais.

Les limites d'action pour tous les essais effectués sur les huiles ont été mises à jour et des changements ont été faits lorsque c'était nécessaire pour permettre à des utilisateurs

d'employer la méthodologie courante et de se conformer aux exigences et aux règlements affectant la sécurité et les aspects environnementaux.

Cette norme incorpore, également, les modifications introduites dans les normes associées depuis que la troisième édition a été publiée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/894/FDIS	10/896/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 la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60422 ed 4.0:2013