IEC 62975

Edition 1.0 2021-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Natural esters – Guidelines for maintenance and use in electrical equipment

Esters naturels – Lignes directrices pour la maintenance et l'utilisation dans les matériels électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.10

ISBN 978-2-8322-9222-8

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 9
4 Categories of equipment 9
5 In-service natural ester diagnostic tests 10
6 Evaluation of natural esters in new equipment 11
7 Evaluation of natural ester in equipment in service 12
7.1 General 12
7.2 Frequency of examination 13
7.3 Testing procedures 14
7.3.1 Field tests 14
7.3.2 Laboratory tests 14
7.4 Classification of in-service natural esters 14
8 General requirements for corrective actions 19
9 Interpretation of results 19
9.1 General 19
9.2 Colour and appearance 19
9.3 Breakdown voltage 19
9.4 Viscosity 20
9.5 Acidity 20
9.6 Dielectric dissipation factor (DDF) and resistivity 20
9.7 Dissolved gas-in-oil 21
9.8 Flash and fire points 21
9.9 Interfacial tension (IFT) 21
9.10 Density 22
9.11 Pour point 22
9.12 Additives 22
9.13 Particle count 22
9.14 Compatibility and miscibility of natural esters 22
9.15 Oxidation stability 23
9.16 Polymerization 23
10 Sampling of natural esters from equipment 24
Annex A (informative) Water and natural ester liquids 25
A.1 General 25
A.2 Water content 25
A.2.1 General 25
A.2.2 Water in natural esters 25
A.3 Moisture equilibrium between liquid and solid insulation 27
Annex B (informative) Replacement and treatments of natural esters in transformers 30
B.1 Transformer retrofilling with natural esters 30
B.2 Reconditioning and reclaiming 31
B.2.1 General 31
B.2.2 Reconditioning 31
B.2.3 Reclaiming 32

Annex C (informative) Use of natural ester liquids with on-load tap-changers (OLTCs) 33
Bibliography 35

Figure A.1 – Moisture saturation values between liquids versus temperature [10] 27
Figure A.2 – Example of water (high concentrations) equilibrium curves for paper and natural ester [11] 28
Figure A.3 – Example of water (medium concentrations) equilibrium curves for paper and liquid [11] 29
Figure A.4 – Example of water (low concentrations) equilibrium curves for paper and liquid [11] 29

Table 1 – Categories of equipment 10
Table 2 – Diagnostic tests for in-service natural esters 11
Table 3 – Recommended limits for natural esters properties after filling in new electrical transformers and reactors prior to energization 12
Table 4 – Recommended frequency of testing [a] 14
Table 5 – Recommended limits for in service natural esters in transformers 15
Table A.1 – Typical values for A and B for different insulating liquids [10] 26
Table A.2 – Guidelines for interpreting data expressed in relative saturation 27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

NATURAL ESTERS – GUIDELINES FOR MAINTENANCE AND USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT

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 62975 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
10/1123/FDIS	10/1126/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Natural esters are increasingly being used in transformers and electrical equipment employed in electrical power generation, transmission, distribution and industrial applications.

The use of natural esters is recommended for equipment where the liquid does not remain in continuous contact with ambient air, such as hermetically sealed units, units with closed conservators equipped with a rubber bag (bladder) or external expansion elements (external bag), units with a headspace having either a nitrogen blanket or a confined volume of air (distribution transformers).

Monitoring and maintaining liquid quality are essential to ensure the reliable operation of natural ester 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 liquid tests and to recommend uniform criteria for the evaluation of test data.

If a certain amount of liquid 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 document is to furnish users with as broad a base of understanding of liquid quality deterioration as is available, so that they can make informed decisions on inspection and maintenance practices.

Unused natural ester liquids are sustainable resources and are readily available. Natural esters are, by most regulations, deemed to be regulated and/or controlled waste. If spills occur, the user should refer to the regulations applicable to their specific location and requirements set by their local authorities.

This document, while 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 should be exerted in seeking the best compromise between technical requirements and economic factors.

Application of natural ester liquids in large power transformers at this time is still relatively limited after 20 years although a very large number of units is operating. While the collection of operating data has allowed for the development of this document, care should be used when applying the recommended values. Manufacturers of natural ester liquids should be contacted with specific questions or concerns.

WARNING – This document does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this document to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

The natural esters which are the subject of this document should be handled in compliance with local regulations and supplier’s safety datasheets.

This document is applicable to natural esters, chemicals and used sample containers. The disposal of these items should be carried out according to local regulations regarding their impact on the environment.

NATURAL ESTERS – GUIDELINES FOR MAINTENANCE AND USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT

1 Scope

This document provides procedures and guidelines that are intended for the use and maintenance of natural ester liquid in sealed transformers and other electrical equipment.

This document is applicable to natural esters, originally supplied conforming to IEC 62770 and other applicable standards (e.g. ASTM D6871 [1][1]) in transformers, switchgear and electrical apparatus where liquid sampling is practical and where the normal operating conditions specified in the equipment specifications apply.

At present, there is a limited amount of information available for electrical equipment other than transformers.

This document is also intended to assist the power equipment operator to evaluate the condition of the natural ester 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 document includes recommendations on tests and evaluation procedures and outlines methods for reconditioning and reclaiming the liquid, when necessary.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 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 δ) and d.c. resistivity*

IEC 60422:2013, *Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guidance*

IEC 60475, *Method of sampling insulating liquids*

IEC 60567, *Oil-filled electrical equipment – Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases – Guidance*

IEC 60666, *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*

_____

1 Numbers in square brackets refer to the bibliography.

IEC 61125, *Insulating liquids – Test methods for oxidation stability – Test method for evaluating the oxidation stability of insulating liquids in the delivered state*

IEC 62021-3, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 3: Test methods for non-mineral insulating oils*

IEC 62770, *Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment*

IEC 62961, *Insulating liquids – Test methods for the determination of interfacial tension of insulating liquids – Determination with the ring method*

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

ISO 2592, *Petroleum products – Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method*

ISO 3016*, Petroleum and related products from natural or synthetic sources – 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 12185, *Crude Petroleum and petroleum products – Determination of density – Oscillating U-tube method*

ISO 21018-3, *Hydraulic fluid power – Monitoring the level of particulate contamination of the fluid – Part 3: Use of the filter blockage technique*

ASTM D92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*

ASTM D1500, *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)*

ASTM D1544, *Standard Test Method for Color of Transparent Liquids (Gardner Color Scale)*

ASTM D3455, *Standard Test Methods for Compatibility of Construction Material with Electrical Insulating Oil of Petroleum Origin*

ASTM D6922, *Standard Test Method for Determination of Homogeneity and Miscibility in Automotive Engine Oils*

ASTM D7042, *Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer (and the Calculation of Kinematic Viscosity)*

ASTM D7155, *Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Turbine Lubricating Oils*

ASTM D7647, *Standard Test Method for Automatic Particle Counting of Lubricating and Hydraulic Fluids Using Dilution Techniques to Eliminate the Contribution of Water and Interfering Soft Particles by Light Extinction*

ASTM D7752, *Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Hydraulic Fluids*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 38
INTRODUCTION 40
1 Domaine d'application 42
2 Références normatives 42
3 Termes et définitions 44
4 Catégories de matériels 45
5 Essais de diagnostic des esters naturels en service 45
6 Évaluation des esters naturels dans les matériels neufs = ... 46
7 Évaluation des esters naturels dans des matériels en service 47
7.1 Généralités 47
7.2 Fréquence d'examen 48
7.3 Procédures d'essai 49
7.3.1 Essais sur site 49
7.3.2 Essais en laboratoire 49
7.4 Classification des esters naturels en service 49
8 Exigences générales concernant les mesures correctives 55
9 Interprétation des résultats 55
9.1 Généralités 55
9.2 Couleur et aspect 55
9.3 Tension de claquage 55
9.4 Viscosité 56
9.5 Acidité 56
9.6 Facteur de dissipation diélectrique (FDD) et résistivité 57
9.7 Gaz dissous dans l'huile 57
9.8 Points d'éclair et de feu 58
9.9 Tension interfaciale (TIF) 58
9.10 Masse volumique 58
9.11 Point d'écoulement 58
9.12 Additifs 58
9.13 Nombre de particules 59
9.14 Compatibilité et miscibilité des esters naturels 59
9.15 Stabilité à l'oxydation 60
9.16 Polymérisation 60
10 Échantillonnage des esters naturels présents dans les matériels 60
Annexe A (informative) Eau et liquides à base d'esters naturels 61
A.1 Généralités 61
A.2 Teneur en eau 61
A.2.1 Généralités 61
A.2.2 Eau dans les esters naturels 61
A.3 Équilibre de l'humidité entre l'isolation liquide et l'isolation solide 63
Annexe B (informative) Remplacement et traitements des esters naturels dans les transformateurs 67
B.1 Re-remplissage du transformateur avec des esters naturels 67
B.2 Retraitement et régénération 68
B.2.1 Généralités 68
B.2.2 Retraitement 68
B.2.3 Régénération 70

Annexe C (informative) Utilisation des liquides à base d'esters naturels avec les changeurs de prises en charge (OLTC) 71
Bibliographie 73

Figure A.1 – Valeurs de saturation en humidité entre les liquides par rapport à la température [10] 63
Figure A.2 – Exemple de courbes d'équilibre (de concentrations élevées) d'eau pour le papier et l'ester naturel [11] 65
Figure A.3 – Exemple de courbes d'équilibre (de concentrations moyennes) d'eau pour le papier et le liquide [11] 65
Figure A.4 – Exemple de courbes d'équilibre (de faibles concentrations) d'eau pour le papier et le liquide [11] 66

Tableau 1 – Catégories de matériels 45
Tableau 2 – Essais de diagnostic pour les esters naturels en service 46
Tableau 3 – Limites recommandées pour les propriétés des esters naturels après remplissage dans des matériels électriques et des bobines d'inductance neufs et avant leur mise sous tension 47
Tableau 4 – Fréquence d'essai recommandée [a] 49
Tableau 5 – Limites recommandées pour les esters naturels en service utilisés dans les transformateurs 51
Tableau A.1 – Valeurs types de A et de B pour différents isolants liquides [10] 62
Tableau A.2 – Lignes directrices pour l'interprétation des données exprimées en saturation relative 64

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ESTERS NATURELS – LIGNES DIRECTRICES POUR LA MAINTENANCE ET L'UTILISATION DANS LES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 62975 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/1123/FDIS	10/1126/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présence d'esters naturels est de plus en plus fréquente dans les transformateurs et les matériels électriques utilisés dans les applications de production, transport et distribution d'énergie électrique, ainsi que dans les applications industrielles.

L'utilisation des esters naturels est recommandée pour les matériels dans lesquels le liquide ne reste pas en contact continu avec l'air ambiant, tels que les appareils hermétiques, les appareils comportant des conservateurs fermés équipés d'une membrane en caoutchouc (souple) ou d'organes d'expansion externes (membrane externe), les appareils avec un espace vide contenant soit un matelas d'azote soit un volume d'air confiné (transformateurs de distribution).

La surveillance et le maintien de la qualité de ces liquides sont essentiels pour assurer le fonctionnement fiable des matériels électriques immergés dans des esters naturels. Les autorités en matière d'énergie électrique, ainsi que les compagnies et les industries de ce secteur dans de nombreux pays ont mis en place des codes de bonnes pratiques à cet effet. L'examen de l'expérience actuelle révèle une grande diversité dans les procédures et les critères. Il est toutefois possible de comparer la valeur et la signification des essais normalisés de liquides et de recommander des critères uniformes pour l'évaluation des données d'essai.

Le dépassement d'un certain niveau de détérioration d'un ester liquide (par dégradation ou contamination) entraîne inévitablement une certaine réduction des marges de sécurité. De même, il convient d'étudier la question du risque de défaillance prématurée. Même s'il peut être très difficile de quantifier ce risque, une première étape consiste à identifier les effets potentiels d'une détérioration accrue. La philosophie sous-jacente au présent document consiste à fournir aux utilisateurs une base de compréhension la plus large possible de la détérioration de la qualité d'un ester liquide, afin qu'ils puissent prendre des décisions éclairées concernant les pratiques d'inspection et de maintenance.

Les liquides à base d'esters naturels neufs sont des ressources durables facilement disponibles. La plupart des réglementations en vigueur considèrent les esters naturels comme des déchets réglementés et/ou contrôlés. En cas de déversements, il convient que l'utilisateur se reporte aux réglementations applicables à son emplacement spécifique et aux exigences fixées par les autorités locales dont il dépend.

Le présent document, bien que techniquement valide, est destiné principalement à servir de base commune d'élaboration par les utilisateurs de codes de bonnes pratiques plus spécifiques et plus exhaustifs, compte tenu des circonstances locales. Il convient de soumettre la recherche du meilleur compromis entre les exigences techniques et les facteurs économiques à un jugement technique éclairé.

Après 20 ans, l'utilisation des liquides à base d'esters naturels dans les transformateurs de puissance de grande taille reste actuellement relativement limitée, même si un très grand nombre de transformateurs de ce type sont en service. La collecte des données d'exploitation a permis l'élaboration du présent document, mais il convient que l'application des valeurs recommandées fasse toutefois l'objet d'un soin particulier. Il convient de contacter les fabricants de liquides à base d'esters naturels en leur soumettant des questions ou des sujets de préoccupation spécifiques.

AVERTISSEMENT – Ce document ne prétend pas traiter de tous les problèmes de sécurité liés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur du présent document d'établir des pratiques d'hygiène et de sécurité appropriées et de déterminer l'applicabilité des limitations réglementaires avant l'utilisation.

Il convient de manipuler les esters naturels qui font l'objet du présent document conformément aux réglementations locales et aux fiches de données de sécurité du fournisseur.

Le présent document s'applique aux esters naturels, aux produits chimiques et aux récipients d'échantillons usagés. Il convient de procéder à l'élimination de ces éléments conformément aux réglementations locales concernant leur impact sur l'environnement.

ESTERS NATURELS – LIGNES DIRECTRICES POUR LA MAINTENANCE ET L'UTILISATION DANS LES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des procédures et des lignes directrices destinées à l'utilisation et à la maintenance d'un liquide à base d'esters naturels présent dans les transformateurs hermétiques et autres matériels électriques.

Le présent document s'applique aux esters naturels, conformes à l'origine à l'IEC 62770 et aux autres normes applicables (par exemple, l'ASTM D6871 [1][1]) et présents dans les transformateurs, les appareillages de connexion et appareils électriques pour lesquels l'échantillonnage de liquide est possible, et avec lesquels les conditions normales de fonctionnement définies dans les spécifications des matériels s'appliquent.

Actuellement, les informations disponibles concernant les matériels électriques autres que les transformateurs sont limitées.

Le présent document est également destiné à aider l'opérateur d'un matériel électrique à évaluer l'état de l'ester naturel et à le maintenir dans un état d'utilisation. Il fournit également une base commune à l'élaboration de codes de bonnes pratiques locaux plus spécifiques et plus exhaustifs.

Le présent document comprend des recommandations concernant les essais et les procédures d'évaluation, et présente des méthodes de retraitement et de régénération de l'ester liquide si nécessaire.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

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

IEC 60247, *Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique (tan δ) et de la résistivité en courant continu*

IEC 60422:2013, *Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques – Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance*

IEC 60475, *Méthode d'échantillonnage des liquides isolants*

IEC 60567, *Matériels électriques immergés – Échantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous – Lignes directrices*

---

1 Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

IEC 60666, *Détection et dosage d'additifs spécifiques présents dans les huiles minérales isolantes*

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

IEC 60970, *Isolants liquides – Méthodes de détermination du nombre et de la taille des particules*

IEC 61125, *Isolants liquides – Méthodes d'essai de la stabilité à l'oxydation – Méthode d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation des isolants liquides tels que livrés*

IEC 62021-3, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 3: Méthodes d'essai pour les huiles non minérales isolantes*

IEC 62770, *Fluides pour applications électrotechniques – Esters naturels neufs pour transformateurs et matériels électriques analogues*

IEC 62961, *Isolants liquides – Méthodes d'essai pour la détermination de la tension interfaciale des isolants liquides – Détermination par la méthode à l'anneau*

ISO 2049, *Produits pétroliers – Détermination de la couleur (échelle ASTM)*

ISO 2592, *Produits pétroliers – Détermination des points d'éclair et de feu – Méthode Cleveland en vase ouvert*

ISO 3016, *Produits pétroliers et connexes d'origine naturelle ou synthétique – Détermination du point d'écoulement*

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

ISO 21018-3, *Transmissions hydrauliques – Surveillance du niveau de pollution particulaire des fluides – Partie 3: Technique de colmatage de filtre*

ASTM D92, *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*

ASTM D1500, *Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (ASTM Color Scale)*

ASTM D1544 *Standard Test Method for Color of Transparent Liquids (Gardner Color Scale)*

ASTM D3455 *Standard Test Methods for Compatibility of Construction Material with Electrical Insulating Oil of Petroleum Origin*

ASTM D6922, *Standard Test Method for Determination of Homogeneity and Miscibility in Automotive Engine Oils*

ASTM D7042 *Standard Test Method for Dynamic Viscosity and Density of Liquids by Stabinger Viscometer (and the Calculation of Kinematic Viscosity)*

ASTM D7155 *Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Turbine Lubricating Oils*

ASTM D7647, *Standard Test Method for Automatic Particle Counting of Lubricating and Hydraulic Fluids Using Dilution Techniques to Eliminate the Contribution of Water and Interfering Soft Particles by Light Extinction*

ASTM D7752, *Standard Practice for Evaluating Compatibility of Mixtures of Hydraulic Fluids*