

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 422

Première édition — First edition

1973

**Guide pour la maintenance et la surveillance
des huiles isolantes en service**

**Maintenance and supervision guide
for insulating oils in service**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 422

Première édition — First edition

1973

Guide pour la maintenance et la surveillance des huiles isolantes en service

Maintenance and supervision guide for insulating oils in service



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 any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	6
3. Détérioration de l'huile et essais recommandés	6
3.1. Détérioration des huiles en service	6
3.2. Essais spéciaux	10
4. Fréquence des examens des huiles en service	12
5. Actions à prendre	12
6. Critères	14
7. Méthodes d'essai	14
7.1. Echantillonnage	14
7.2. Rigidité électrique	14
7.3. Teneur en eau	14
7.4. Facteur de dissipation diélectrique	14
7.5. Résistivité	16
7.6. Indice de neutralisation	16
7.7. Sédiment et dépôt précipitable	16
7.8. Point d'éclair	18
7.9. Tension interfaciale	18
7.10. Gaz dissous	18
7.11. Couleur	18
7.12. Aspect	18
7.13. Stabilité à l'oxydation	18
7.14. Compatibilité	18
7.15. Autres essais sur site	18
ANNEXE A1 — Application au cas des huiles pour transformateurs	20
ANNEXE A2 — Application au cas des huiles pour appareillages de coupure	22
ANNEXE B — Procédés généraux pour la manutention, le traitement et le remplacement de l'huile	24
FIGURE 1	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	7
3. Oil deterioration and recommended tests	7
3.1. Deterioration of oils in service	7
3.2. Special tests	11
4. Frequency of examination of oils in service	13
5. Action to be taken	13
6. Criteria	15
7. Test methods	15
7.1. Sampling	15
7.2. Electric strength	15
7.3. Water content	15
7.4. Dielectric dissipation factor	15
7.5. Resistivity	17
7.6. Neutralization value	17
7.7. Sediment and precipitable sludge	17
7.8. Flash point	19
7.9. Interfacial tension	19
7.10. Dissolved gas	19
7.11. Colour	19
7.12. Appearance	19
7.13. Oxidation stability	19
7.14. Compatibility	19
7.15. Other field tests	19
APPENDIX A1 — Application to oils in transformers	21
APPENDIX A2 — Application to oils in switchgear	23
APPENDIX B — General procedure for handling, reconditioning and replacing oil	25
FIGURE 1	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR LA MAINTENANCE ET LA SURVEILLANCE DES HUILES ISOLANTES EN SERVICE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 10A: Huiles isolantes à base d'hydrocarbures, du Comité d'Etudes N° 10 de la CEI: Diélectriques liquides et gazeux.

Les projets furent discutés lors des réunions tenues à Téhéran en 1969 et à Bruxelles en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet, document 10A(Bureau Central)14, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
France
Israël
Italie
Japon
Pays-Bas

Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MAINTENANCE AND SUPERVISION GUIDE
FOR INSULATING OILS IN SERVICE**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 10A, Hydrocarbon Insulating Oils, of IEC Technical Committee No. 10, Liquid and Gaseous Dielectrics.

The drafts were discussed during the meetings held in Tehran in 1969 and in Brussels in 1970. As a result of this latter meeting a new draft, document 10A(Central Office)14, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Poland
Austria	Portugal
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israël	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	Yugoslavia

GUIDE POUR LA MAINTENANCE ET LA SURVEILLANCE DES HUILES ISOLANTES EN SERVICE

1. Introduction

Plusieurs pays possèdent des instructions pour la maintenance des huiles isolantes en service. L'examen comparatif de ces documents permet de proposer un Guide international. Les valeurs des différentes caractéristiques qui y sont mentionnées doivent être considérées seulement comme indicatives. En fait, pour l'interprétation correcte des résultats, il faut tenir compte de différents facteurs, notamment des conditions d'utilisation, du type de matériel et de l'évolution générale des caractéristiques de l'huile. Il faut également se référer aux instructions données par le constructeur de l'appareil.

On n'a pas l'intention de donner, dans ce document, les détails complets des instructions nécessaires relatives à tous les types de matériel sous huile, de toutes dimensions. Le but est de donner les éléments de base à partir desquels on pourra préparer des codes plus complets quand cela s'avérera nécessaire.

Dans ce Guide, les causes de l'altération sont discutées et des recommandations sont faites pour différents essais. On donne également des indications pour déterminer la nature du traitement que l'huile devra éventuellement subir.

2. Domaine d'application

Ce Guide s'applique aux huiles minérales, non inhibées ou inhibées contre l'oxydation, utilisées dans des conditions d'exploitation normales, dans des transformateurs, appareillages de coupure et matériels électriques semblables, où le prélèvement d'huile est possible. Ces huiles sont du même type que celles décrites dans la Publication 296 de la CEI: Spécification des huiles isolantes neuves pour transformateurs et interrupteurs.

L'application des recommandations données dans ce document aux cas des huiles des transformateurs de petite puissance ou de faible tension (< 1 MVA ou < 36 kV) peut varier suivant les circonstances locales et économiques (voir remarque préliminaire N° 2 dans l'annexe A1).

3. Détérioration de l'huile et essais recommandés

3.1 Détérioration des huiles en service

En service, les huiles isolantes subissent des modifications normales dues aux conditions d'utilisation. Par exemple, dans beaucoup d'applications, l'huile est en contact avec l'air. Elle est, par conséquent, le siège de réactions d'oxydation activées par la température et la présence de catalyseurs (cuivre et fer solides, composés métalliques dissous).

Il en résulte un changement de coloration et la formation de produits acides. Le facteur de dissipation diélectrique peut augmenter et, à un stade d'oxydation avancé, des dépôts peuvent apparaître.

Dans certains cas spéciaux, d'autres modifications des caractéristiques de l'huile peuvent refléter une dégradation anormale de certains autres matériaux utilisés pour la construction du matériel.

Toutes ces modifications peuvent affecter les isolants solides et liquides, nuire au bon fonctionnement du matériel électrique, en réduire la durée d'utilisation et, dans certains cas, augmenter les pertes à vide.

MAINTENANCE AND SUPERVISION GUIDE FOR INSULATING OILS IN SERVICE

1. Introduction

Many countries possess codes for the maintenance of insulating oils in service. A comparative examination of these documents has made it possible to propose an International Guide. The values of the various characteristics mentioned therein should be considered as indicative only. In fact, for the proper interpretation of results, account has to be taken of various factors, such as the conditions of use, the type of equipment, and the general progression of the oil's characteristics. Reference should also be made to the equipment manufacturer's instructions.

It is not intended that the contents of this document should give the full details of the instructions which are necessary to deal with all types of oil-filled equipment of all sizes. The intention is to give a common basis on which more complete codes may be prepared when these are necessary.

In the present Guide, the causes of oil deterioration are discussed, and recommendations are made for the various tests. Indications are also given regarding the type of treatment to which the oil should be subsequently subjected, if applicable.

2. Scope

This Guide applies to mineral oils, both uninhibited and inhibited against oxidation, in service, under normal operating conditions, in transformers, switchgear and similar electrical equipment where oil sampling is permissible. These oils are of the same type as those described in IEC Publication 296: Specification for New Insulating Oils for Transformers and Switchgear.

Application of the recommendations of this document to oil in transformers of low power or voltage (< 1 MVA or < 36 kV) may require variation in the light of local economic circumstances (see preliminary remark No. 2 in Appendix A1).

3. Oil deterioration and recommended tests

3.1 *Deterioration of oils in service*

In service, insulating oils are subject to normal deterioration due to the conditions of use. For example, in many applications the oil is in contact with the air. It is therefore subject to oxidation reactions accelerated by temperature and the presence of catalysts (solid iron and copper, dissolved metallic compounds).

As a result, there is a change in colour, and acid products are formed. The dielectric dissipation factor may increase and, at an advanced stage of oxidation, separation of sludge may occur.

In certain special cases, other changes in the characteristics of the oil may be a sign of abnormal deterioration of certain other materials used in the construction of the equipment.

All these changes may affect both solid and liquid insulating materials, interfere with the proper functioning of the electrical equipment, shorten its working life and, in some cases, increase the no-load losses.

L'altération d'une huile, quelle qu'elle soit, se traduit par des modifications des caractéristiques mentionnées ci-dessous.

L'apparition d'une odeur et un changement de coloration, sans présenter un caractère déterminant, peuvent cependant, par comparaison, donner des indications utiles sur l'évolution de l'huile.

Les produits de pollution suivants peuvent être présents dans les huiles isolantes en service.

3.1.1 *Eau*

L'eau peut provenir de l'atmosphère ou être produite au cours de la dégradation des matériaux isolants. Sa présence est nuisible; elle peut diminuer la rigidité électrique et la résistivité de l'huile et accélérer la dégradation du papier isolant.

Note. — La résistivité et le facteur de dissipation sont défavorablement influencés par la présence d'eau non dissoute, et dans une moindre mesure par l'eau en solution, mais une diminution de la résistivité peut dans certains cas être observée sans augmentation appréciable du facteur de dissipation.

3.1.2 *Particules solides* (c'est-à-dire sédiment, voir paragraphe 7.7.)

Les particules solides peuvent, suivant leur origine, être classées en quatre catégories:

- 1) Produits insolubles provenant de l'oxydation ou de la dégradation des matériaux isolants solides ou liquides.
- 2) Produits de détérioration dus aux conditions de service du matériel: carbone, métal, oxydes métalliques.
- 3) Produits divers résultant d'un nettoyage insuffisant du matériel avant mise en service.
- 4) Fibres d'origines diverses.

La présence de ces particules diminue la rigidité électrique de l'huile et, de plus, les dépôts ralentissent les échanges thermiques et favorisent ainsi la dégradation des matériaux isolants.

3.1.3 *Produits polaires*

Il s'agit de composés solubles dans l'huile, résultant soit de l'oxydation de l'huile elle-même, soit de la dissolution dans l'huile de polluants extérieurs ou de matériaux utilisés pour la construction de l'appareillage.

La mesure du facteur de dissipation et dans une moindre mesure celles de la résistivité et de la tension interfaciale de l'huile permettent de déceler et de suivre l'évolution de cette pollution.

La comparaison de l'évolution de l'indice de neutralisation et d'une de ces trois caractéristiques fournit, dans une certaine mesure, une indication sur la cause probable de la dégradation de l'huile. Par exemple, une valeur élevée du facteur de dissipation associée à une faible valeur de l'indice de neutralisation peut être considérée, dans certains cas, comme l'indice d'une pollution n'ayant pas l'huile pour origine.

a) *Facteur de dissipation diélectrique*

Cette caractéristique est très sensible à la présence dans l'huile de produits de pollution solubles et de produits de vieillissement. Son évolution peut être suivie même lorsque la pollution est élevée. Cette détermination présente donc un intérêt tout particulier.

b) *Résistivité*

Pour une huile déterminée, il existe en général une relation entre le facteur de dissipation et la résistivité: si le facteur de dissipation augmente, il y aura une réduction de la résistivité. Une information utile complémentaire peut être obtenue s'il est possible de mesurer la résistivité à température ambiante et à 90 °C. Un résultat satisfaisant à 90 °C couplé avec une valeur non satisfaisante à température plus basse est une indication de la présence d'eau ou de matériau précipitable à froid, sans détérioration chimique ou pollution générale excessives.

Any kind of deterioration of an oil is made evident by changes in one or more of the characteristics mentioned below.

The appearance of an odour and a change in colour, although not being of a decisive nature, may, by comparison, give useful indications about the trend of change in an oil.

The following contaminants may be found in insulating oils in service.

3.1.1 *Water*

Water may originate from the atmosphere or be produced by the deterioration of insulating materials. Its presence is harmful; it may reduce the electric strength and the resistivity of the oil and accelerate the deterioration of insulating paper.

Note. — Resistivity and dissipation factor are adversely affected by undissolved water and to a much lesser extent by water in solution, but a decrease of resistivity may sometimes be observed with no appreciable rise in dissipation factor.

3.1.2 *Solid particles* (i.e. sediment, see Sub-clause 7.7.)

Solid particles may be classified into four categories, according to their origin:

- 1) Insoluble oxidation or degradation products of solid or liquid insulating materials.
- 2) Deterioration products due to conditions of service of the equipment: carbon, metal, metallic oxides.
- 3) Various products resulting from inadequate cleaning of the equipment before being put into service.
- 4) Fibres of diverse origins.

The presence of these particles normally reduces the electric strength of the oil and, in addition, deposits hinder heat-exchange, thus encouraging further deterioration of the insulating materials.

3.1.3 *Polar substances*

These are oil-soluble compounds resulting from oxidation of the oil itself, or from the solution in the oil of external contaminants or materials used in the construction of the equipment.

Measurements of the dissipation factor and to a lesser extent, resistivity and interfacial tension of the oil enable such contamination to be detected and periodically assessed.

A comparison of the rate of change of the neutralization value with that of one of these three characteristics gives, to some extent, an indication of the probable cause of the deterioration of the oil. For example, a high value of dissipation factor associated with a low neutralization value may sometimes be considered as an indication of oil contamination other than of oil origin.

a) Dielectric dissipation factor

This characteristic is very sensitive to the presence in the oil of soluble contaminants and ageing products. Changes in this characteristic may be monitored even when the oil is heavily contaminated. This determination is therefore of special interest.

b) Resistivity

For any given oil, there is generally a relationship between dissipation factor and resistivity: if the dissipation factor increases, there is a reduction in resistivity.

Useful additional information can be obtained when it is possible to do the resistivity test at both ambient temperature and 90 °C. A satisfactory result at 90 °C coupled with an unsatisfactory value at the lower temperature is an indication of the presence of water or cold precipitable material, without undue chemical deterioration or general contamination.