

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Mineral oil-impregnated electrical equipment in service – Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis

Matériels électriques imprégnés d'huile minérale en service – Guide pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous et des gaz libres

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CG

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	4
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Definitions and abbreviations	5
4 Mechanisms of gas formation	8
5 Identification of faults.....	7
6 Conditions for calculating ratios	14
7 Application to free gases in gas relays	15
8 Gas concentration levels in service	16
9 Recommended method of DGA interpretation (figure 1).....	19
10 Report of results	19
Annex A (informative) Equipment application notes	22
Annex B (informative) Graphical representation of gas ratios (see 5.9)	32
Annex C (informative) Bibliography	35
Figure 1 – Flow chart	21
Figure B.1 – Graphical representation 1 of gas ratios	32
Figure B.2 – Graphical representation 2 of gas ratios	33
Figure B.3 – Graphical representation 3 of gas ratios – Duval's triangle	34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MINERAL OIL-IMPREGNATED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE –
GUIDE TO THE INTERPRETATION OF DISSOLVED AND
FREE GASES ANALYSIS**

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 60599 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This consolidated version of IEC 60599 consists of the second edition (1999) [documents 10/457/FDIS and 10/460/RVD] and its amendment 1 (2007) [documents 10/685/FDIS and 10/693/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment(s) and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A, B and C are for information only.

INTRODUCTION

Dissolved and free gas analysis (DGA) is one of the most widely used diagnostic tools for detecting and evaluating faults in electrical equipment. However, interpretation of DGA results is often complex and should always be done with care, involving experienced insulation maintenance personnel.

This guide gives information for facilitating this interpretation. The first edition, published in 1978, has served the industry well, but had its limitations, such as the absence of a diagnosis in some cases, the absence of concentration levels and the fact that it was based mainly on experience gained from power transformers. This second edition attempts to address some of these shortcomings. Interpretation schemes are based on observations made after inspection of a large number of faulty oil-filled equipment in service and concentrations levels obtained from analyses collected worldwide.

MINERAL OIL-IMPREGNATED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE – GUIDE TO THE INTERPRETATION OF DISSOLVED AND FREE GASES ANALYSIS

1 Scope

This International Standard is a guide describing how the concentrations of dissolved gases or free gases may be interpreted to diagnose the condition of oil-filled electrical equipment in service and suggest future action.

This guide is applicable to electrical equipment filled with mineral insulating oil and insulated with cellulosic paper or pressboard-based solid insulation. Information about specific types of equipment such as transformers (power, instrument, industrial, railways, distribution), reactors, bushings, switchgear and oil-filled cables is given only as an indication in the application notes (see annex A).

The Guide may be applied only with caution to other liquid-solid insulating systems.

In any case, the indications obtained should be viewed only as guidance and any resulting action should be undertaken only with proper engineering judgment.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60050(212):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 212: Insulating solids, liquids and gases*

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60567:1992, *Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases*

IEC 61198:1993, *Mineral insulating oils – Methods for the determination of 2-furfural and related compounds*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
INTRODUCTION	38
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Définitions et abréviations	39
4 Mécanismes de formation des gaz	42
5 Identification des défauts	43
6 Conditions de calcul des rapports	48
7 Application aux gaz libres recueillis aux relais de protection	49
8 Niveaux en service des concentrations de gaz	50
9 Méthode recommandée pour l'interprétation des AGD (figure 1)	53
10 Rapport des résultats	53
Annexe A (informative) Notes d'application aux matériels	56
Annexe B (informative) Représentations graphiques des rapports de gaz	66
Annexe C (informative) Bibliographie	69
Figure 1 – Ordinogramme	55
Figure B.1 – Représentation graphique n° 1 des rapports de gaz	66
Figure B.2 – Représentation graphique n° 2 des rapports de gaz	67
Figure B.3 – Représentation graphique n° 3 des rapports de gaz – Triangle de Duval	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATERIELS ÉLECTRIQUES IMPRÉGNÉS D'HUILE MINÉRALE EN SERVICE –
GUIDE POUR L'INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS
ET DES GAZ LIBRES**

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 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 60599 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette version consolidée de la CEI 60599 comprend la deuxième édition (1999) [documents 10/745/FDIS et 10/460/RVD] et son amendement 1 (2007) [documents 10/685/FDIS et 10/103/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son (ses) amendement(s); cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A, B et C sont données à titre d'information uniquement.

INTRODUCTION

L'analyse des gaz libres et des gaz dissous dans l'huile (AGD) est l'un des outils de diagnostic les plus utilisés pour la détection et l'évaluation de défauts dans les matériels électriques. Cependant, l'interprétation des résultats d'AGD est souvent complexe et il convient qu'elle soit toujours faite avec prudence, en s'entourant de personnel expérimenté en maintenance d'isolation.

Le présent guide fournit des informations visant seulement à faciliter cette interprétation. La première édition, publiée en 1978, a bien servi l'industrie électrique, mais a montré ses limites, comme l'absence de diagnostic dans certains cas, l'absence de niveaux de concentration et le fait de reposer principalement sur l'expérience acquise avec les transformateurs de puissance. Cette deuxième édition essaie de remédier à certaines de ces insuffisances. Les scénarios d'interprétation sont fondés sur des inspections effectuées sur un grand nombre d'appareils remplis d'huile, après un défaut en service, et les niveaux de concentration résultent d'analyses recueillies dans le monde entier.

MATERIELS ÉLECTRIQUES IMPRÉGNÉS D'HUILE MINÉRALE EN SERVICE –

GUIDE POUR L'INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS ET DES GAZ LIBRES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est un guide décrivant comment les concentrations de gaz dissous ou de gaz libres peuvent être interprétées pour diagnostiquer l'état des matériels électriques remplis d'huile en service et pour proposer une intervention ultérieure.

Le présent guide s'applique aux matériels électriques remplis d'huile minérale isolante et isolés par des isolants solides constitués de papier ou de carton cellulosiques. Des informations spécifiques sont données aux différents types de matériels tels que transformateurs (de puissance, de mesure, industriels, ferroviaires, de distribution), réactances, traversées, appareillage de coupure et câbles d'huile sont données, à titre informatif seulement, dans les notes d'application (voir annexe A).

Ce guide peut être appliqué, mais avec prudence, à d'autres systèmes d'isolation liquide-solide.

Dans tous les cas, il convient que les indications obtenues soient considérées seulement comme un guide et que toute action qui en résulte ne soit entreprise qu'après un avis technique autorisé.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(191):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 191: Sécurité de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050(212):1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

CEI 60050(604):1987, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60567:1992, *Guide d'échantillonnage de gaz et d'huile dans les matériels électriques immergés, pour l'analyse des gaz libres et dissous*

CEI 61198:1993, *Huiles minérales isolantes – Méthodes pour la détermination du 2-furfural et ses dérivés*