IEC 60599

Edition 3.0 2015-09
REDLINE VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 17.220.99; 29.040.10; 29.180

ISBN 978-2-8322-2907-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and abbreviations 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Abbreviations 11
3.2.1 Chemical names and ~~symbols~~ formula 11
3.2.2 General abbreviations 11
4 Mechanisms of gas formation 12
4.1 Decomposition of oil 12
4.2 Decomposition of cellulosic insulation 12
4.3 Stray gassing of oil 12
4.4 Other sources of gas 13
5 Identification of faults 13
5.1 General 13
5.2 Dissolved gas compositions 13
5.3 Types of faults 14
5.4 Basic gas ratios 14
5.5 CO_2/CO ratio 16
5.6 O_2/N_2 ratio 16
5.7 C_2H_2/H_2 ratio 17
5.8 C_3 hydrocarbons 17
5.9 Evolution of faults 17
5.10 Graphical representations 17
6 Conditions for calculating ratios 18
6.1 Examination of DGA values 18
6.2 Uncertainty on gas ratios 18
7 Application to free gases in gas relays 19
8 Gas concentration levels in service 20
8.1 Probability of failure in service 20
8.1.1 General 20
8.1.2 Calculation methods 21
8.2 Typical concentration values 21
8.2.1 General 21
8.2.2 Calculation methods 21
8.2.3 Choice of normality percentages 22
8.2.4 Alarm concentration values 22
8.3 Rates of gas increase 22
9 Recommended method of DGA interpretation (see Figure 1) 23
10 Report of results 23
Annex A (informative) Equipment application notes 25
A.1 General warning 25
A.2 Power transformers 25
A.2.1 Specific sub-types 25

A.2.2 Typical faults 26
A.2.3 Identification of faults by DGA 26
A.2.4 Typical concentration values 27
A.2.5 Typical rates of gas increase 28
A.2.6 Specific information to be added to the DGA report (see Clause 10) 29
A.3 Industrial and special transformers 30
A.3.1 Specific sub-types 30
A.3.2 Typical faults 30
A.3.3 Identification of faults by DGA. 30
A.3.4 Typical concentration values 30
A.4 Instrument transformers 31
A.4.1 Specific sub-types 31
A.4.2 Typical faults 31
A.4.3 Identification of faults by DGA 31
A.4.4 Typical concentration values 32
A.5 Bushings 32
A.5.1 Specific sub-types 32
A.5.2 Typical faults 32
A.5.3 Identification of faults by DGA 33
A.5.4 Typical concentration values 33
A.6 Oil-filled cables 34
A.6.1 Typical faults 34
A.6.2 Identification of faults by DGA 34
A.6.3 Typical concentration values 34
A.7 Switching equipment 34
A.7.1 Specific sub-types 34
A.7.2 Normal operation 34
A.7.3 Typical faults 35
A.7.4 Identification of faults by DGA 35
A.8 Equipment filled with non-mineral fluids 36
Annex B (informative) Graphical representations of gas ratios (see 5.10) 37
Bibliography 41

Figure 1 – Flow chart 24
Figure B.1 – Graphical representation 1 of gas ratios (see [3]) 37
Figure B.2 – Graphical representation 2 of gas ratios ~~(see [4] of annex C)~~ 38
Figure B.3 – Graphical representation 3 of gas ratios – Duval's triangle 1 for transformers, bushings and cables (see [4]) 39
Figure B.4 – Graphical representation 4 of gas ratios – Duval's triangle 2 for OLTCs (see A.7.2) 40

~~Table 1 – Abbreviations .....~~
Table 1 – DGA interpretation table 15
Table 2 – Simplified scheme of interpretation 15
Table 3 – Ostwald solubility coefficients for various gases in mineral insulating oils 20
Table A.1 – Typical faults in power transformers 26
Table A.2 – Ranges of 90 % typical gas concentration values observed in power transformers ~~(all types)~~, in µl/l 27

Table A.3 – ~~Typical rates of gas increase for power transformers~~ Ranges of 90 % typical rates of gas increase observed in power transformers (all types), in µl/l/year 29
Table A.4 – Examples of 90 % typical concentration values observed on ~~a typical~~ individual networks ~~(all types of transformers)~~ 30
Table A.5 – Typical faults in instrument transformers 31
Table A.6 – Ranges of 90 % typical concentration values observed in instrument transformers 32
Table A.7 – Maximum admissible values for sealed instrument transformers 32
Table A.8 – Typical faults in bushings 33
Table A.9 – Simplified interpretation scheme for bushings 33
Table A.10 – 95 % typical concentration values in bushings 34
Table A.11 – Ranges of 95 % typical concentration values observed on cables 34
Table A.12 – Typical faults in switching equipment 35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

MINERAL OIL-~~IMPREGNATED~~ FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE – GUIDANCE ON 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 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.

This redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999 and Amendment 1:2007. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) revision of 5.5, 6.1, 7, 8, 9, 10, A.2.6, A.3, A.7;

b) addition of new sub-clause 4.3;

c) expansion of the Bibliography;

d) revision of Figure 1;

e) addition of Figure B.4.

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

FDIS	Report on voting
10/967/FDIS	10/973/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 website 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.

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 publication using a colour printer.

INTRODUCTION

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

This International Standard 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. The second edition attempted to address some of these shortcomings. Interpretation schemes were based on observations made after inspection of a large number of faulty oil-filled equipment in service and concentrations levels deduced from analyses collected worldwide.

MINERAL OIL-~~IMPREGNATED~~ FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE – GUIDANCE ON THE INTERPRETATION OF DISSOLVED AND FREE GASES ANALYSIS

1 Scope

This International Standard describes 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 standard 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).

This standard may be applied, but 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 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 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-212:2010, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*
(available at http://www.electropedia.org)

IEC 60475, *Method of sampling insulating liquids*

IEC 60567:~~1992~~ 2011, ~~*Guide for the sampling of gases and of*~~ *Oil-filled electrical equipment* ~~*and for the*~~ *– Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases – Guidance*

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

IEC 60599

Edition 3.0 2015-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis

Matériels électriques remplis d'huile minérale en service – Lignes directrices pour l'interprétation de l'analyse des gaz dissous et des gaz libres



IEC 60599:2015-09(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions and abbreviations 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Abbreviations 11
3.2.1 Chemical names and formulae 11
3.2.2 General abbreviations 11
4 Mechanisms of gas formation 11
4.1 Decomposition of oil 11
4.2 Decomposition of cellulosic insulation 12
4.3 Stray gassing of oil 12
4.4 Other sources of gas 12
5 Identification of faults 13
5.1 General 13
5.2 Dissolved gas compositions 13
5.3 Types of faults 13
5.4 Basic gas ratios 14
5.5 CO_2/CO ratio 15
5.6 O_2/N_2 ratio 16
5.7 C_2H_2/H_2 ratio 16
5.8 C_3 hydrocarbons 16
5.9 Evolution of faults 16
5.10 Graphical representations 17
6 Conditions for calculating ratios 17
6.1 Examination of DGA values 17
6.2 Uncertainty on gas ratios 17
7 Application to free gases in gas relays 18
8 Gas concentration levels in service 19
8.1 Probability of failure in service 19
8.1.1 General 19
8.1.2 Calculation methods 20
8.2 Typical concentration values 20
8.2.1 General 20
8.2.2 Calculation methods 20
8.2.3 Choice of normality percentages 20
8.2.4 Alarm concentration values 21
8.3 Rates of gas increase 21
9 Recommended method of DGA interpretation (see Figure 1) 21
10 Report of results 22
Annex A (informative) Equipment application notes 24
A.1 General warning 24
A.2 Power transformers 24
A.2.1 Specific sub-types 24

A.2.2 Typical faults 24
A.2.3 Identification of faults by DGA 25
A.2.4 Typical concentration values 25
A.2.5 Typical rates of gas increase 26
A.2.6 Specific information to be added to the DGA report (see Clause 10) 27
A.3 Industrial and special transformers 27
A.3.1 Specific sub-types 27
A.3.2 Typical faults 27
A.3.3 Identification of faults by DGA. 27
A.3.4 Typical concentration values 27
A.4 Instrument transformers 28
A.4.1 Specific sub-types 28
A.4.2 Typical faults 28
A.4.3 Identification of faults by DGA 29
A.4.4 Typical concentration values 29
A.5 Bushings 30
A.5.1 Specific sub-types 30
A.5.2 Typical faults 30
A.5.3 Identification of faults by DGA 30
A.5.4 Typical concentration values 31
A.6 Oil-filled cables 31
A.6.1 Typical faults 31
A.6.2 Identification of faults by DGA 31
A.6.3 Typical concentration values 31
A.7 Switching equipment 32
A.7.1 Specific sub-types 32
A.7.2 Normal operation 32
A.7.3 Typical faults 32
A.7.4 Identification of faults by DGA 32
A.8 Equipment filled with non-mineral fluids 33
Annex B (informative) Graphical representations of gas ratios (see 5.10) 34
Bibliography 38

Figure 1 – Flow chart 23
Figure B.1 – Graphical representation 1 of gas ratios (see [3]) 34
Figure B.2 – Graphical representation 2 of gas ratios 35
Figure B.3 – Graphical representation 3 of gas ratios – Duval's triangle 1 for transformers, bushings and cables(see [4]) 36
Figure B.4 – Graphical representation 4 of gas ratios – Duval's triangle 2 for OLTCs (see A.7.2) 37

Table 1 – DGA interpretation table 14
Table 2 – Simplified scheme of interpretation 15
Table 3 – Ostwald solubility coefficients for various gases in mineral insulating oils 19
Table A.1 – Typical faults in power transformers 25
Table A.2 – Ranges of 90 % typical gas concentration values observed in power transformers, in µl/l 26

Table A.3 – Ranges of 90 % typical rates of gas increase observed in power transformers (all types), in μl/l/year 26
Table A.4 – Examples of 90 % typical concentration values observed on individual networks 28
Table A.5 – Typical faults in instrument transformers 29
Table A.6 – Ranges of 90 % typical concentration values observed in instrument transformers 29
Table A.7 – Maximum admissible values for sealed instrument transformers 30
Table A.8 – Typical faults in bushings 30
Table A.9 – Simplified interpretation scheme for bushings 31
Table A.10 – 95 % typical concentration values in bushings 31
Table A.11 – Ranges of 95 % typical concentration values observed on cables 32
Table A.12 – Typical faults in switching equipment 32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

MINERAL OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE – GUIDANCE ON 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 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 60599 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999 and Amendment 1:2007. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) revision of 5.5, 6.1, 7, 8, 9, 10, A.2.6, A.3, A.7;
b) addition of new sub-clause 4.3;
c) expansion of the Bibliography;
d) revision of Figure 1;
e) addition of Figure B.4.

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

FDIS	Report on voting
10/967/FDIS	10/973/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 website 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.

INTRODUCTION

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

This International Standard 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. The second edition attempted to address some of these shortcomings. Interpretation schemes were based on observations made after inspection of a large number of faulty oil-filled equipment in service and concentrations levels deduced from analyses collected worldwide.

MINERAL OIL-FILLED ELECTRICAL EQUIPMENT IN SERVICE – GUIDANCE ON THE INTERPRETATION OF DISSOLVED AND FREE GASES ANALYSIS

1 Scope

This International Standard describes 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 standard 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).

This standard may be applied, but 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 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 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-212:2010, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 212: Electrical insulating solids, liquids and gases* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation* (available at http://www.electropedia.org)

IEC 60475, *Method of sampling insulating liquids*

IEC 60567:2011, *Oil-filled electrical equipment – Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases – Guidance*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 43
INTRODUCTION 45
1 Domaine d'application 46
2 Références normatives 46
3 Termes, définitions et abréviations 47
3.1 Termes et définitions 47
3.2 Abréviations 49
3.2.1 Noms et formules chimiques 49
3.2.2 Abréviations générales 49
4 Mécanismes de formation des gaz 49
4.1 Décomposition de l'huile 49
4.2 Décomposition de l'isolation cellulosique 50
4.3 Stray gassing de l'huile 50
4.4 Autres sources de gaz 51
5 Identification des défauts 51
5.1 Généralités 51
5.2 Composition des gaz dissous 51
5.3 Types de défauts 52
5.4 Rapports fondamentaux de gaz 52
5.5 Rapport CO_2/CO 54
5.6 Rapport O_2/N_2 55
5.7 Rapport C_2H_2/H_2 55
5.8 Hydrocarbures en C_3 55
5.9 Évolution des défauts 55
5.10 Représentations graphiques 56
6 Conditions de calcul des rapports 56
6.1 Examen des valeurs d'AGD 56
6.2 Incertitude sur les rapports de gaz 57
7 Application aux gaz libres recueillis aux relais de protection 57
8 Niveaux en service des concentrations de gaz 59
8.1 Probabilité de défaillance en service 59
8.1.1 Généralités 59
8.1.2 Méthodes de calcul 59
8.2 Valeurs typiques de concentration 59
8.2.1 Généralités 59
8.2.2 Méthode de calcul 60
8.2.3 Choix des pourcentages de normalité 60
8.2.4 Valeurs d'alarme de concentration 60
8.3 Vitesses d'accroissement de gaz 60
9 Méthode recommandée pour l'interprétation des AGD (voir Figure 1) 61
10 Rapport des résultats 61
Annexe A (informative) Notes d'application aux matériels 64
A.1 Avertissement général 64
A.2 Transformateurs de puissance 64
A.2.1 Catégories spécifiques 64

A.2.2 Défauts typiques 64
A.2.3 Identification des défauts par AGD 65
A.2.4 Valeurs typiques de concentration 66
A.2.5 Vitesses d'accroissement de gaz typiques 66
A.2.6 Informations spécifiques à joindre au rapport d'AGD (voir l'Article 10) 67
A.3 Transformateurs industriels et transformateurs spéciaux 67
A.3.1 Catégories spécifiques 67
A.3.2 Défauts typiques 68
A.3.3 Identification des défauts par AGD. 68
A.3.4 Valeurs typiques de concentration 68
A.4 Transformateurs de mesure 68
A.4.1 Catégories spécifiques 68
A.4.2 Défauts typiques 68
A.4.3 Identification des défauts par AGD 69
A.4.4 Valeurs typiques de concentration 69
A.5 Traversées 70
A.5.1 Catégories spécifiques 70
A.5.2 Défauts typiques 70
A.5.3 Identification des défauts par AGD 71
A.5.4 Valeurs types de concentration 71
A.6 Câbles à huile 72
A.6.1 Défauts typiques 72
A.6.2 Identification des défauts par AGD 72
A.6.3 Valeurs typiques de concentration 72
A.7 Matériels de coupure 72
A.7.1 Catégories spécifiques 72
A.7.2 Fonctionnement normal 72
A.7.3 Défauts typiques 73
A.7.4 Identification des défauts par AGD 73
A.8 Matériels remplis de fluides non minéraux 73
Annexe B (informative) Représentations graphiques des rapports de gaz (voir 5.10) 74
Bibliographie 78

Figure 1 – Ordinogramme 63
Figure B.1 – Représentation graphique n° 1 des rapports de gaz (voir [3]) 74
Figure B.2 – Représentation graphique n°2 des rapports de gaz 75
Figure B.3 – Représentation graphique n° 3 des rapports de gaz – Triangle de Duval n° 1 pour les transformateurs, les traversées et les câbles (voir [4]) 76
Figure B.4 – Représentation graphique n° 4 des rapports de gaz – Triangle de Duval n° 2 pour les OLTC (voir A.7.2) 77

Tableau 1 – Table d'interprétation d'AGD 53
Tableau 2 – Schéma d'interprétation simplifié 53
Tableau 3 – Coefficients de solubilité d'Ostwald pour différents gaz dans les huiles minérales isolantes 58
Tableau A.1 – Défauts typiques dans les transformateurs de puissance 65
Tableau A.2 – Plages de valeurs typiques de concentration de gaz à 90 % observées dans les transformateurs de puissance, en μl/l 66

Tableau A.3 – Plages de vitesses d'accroissement de gaz typiques à 90 % observées dans les transformateurs de puissance (tous types confondus), en µl/l/année 67
Tableau A.4 – Exemples de valeurs typiques de concentration à 90 % observées sur des réseaux individuels 68
Tableau A.5 – Défauts typiques dans les transformateurs de mesure 69
Tableau A.6 – Plages de valeurs typiques de concentration à 90 % observées sur les transformateurs de mesure 70
Tableau A.7 – Valeurs maximales admissibles pour transformateurs de mesure hermétique 70
Tableau A.8 – Défauts typiques dans les traversées 71
Tableau A.9 – Schéma d'interprétation simplifié pour les traversées 71
Tableau A.10 – Valeurs typiques de concentration à 95 % dans les traversées 71
Tableau A.11 – Plages de valeurs typiques de concentration à 95 % observées sur des câbles 72
Tableau A.12 – Défauts typiques dans les matériels de coupure 73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIELS ÉLECTRIQUES REMPLIS D'HUILE MINÉRALE EN SERVICE – LIGNES DIRECTRICES POUR L'INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS ET DES GAZ LIBRES

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. A 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 60599 a été établie par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et l'Amendement 1:2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) révision de 5.5, 6.1, 7, 8, 9, 10, A.2.6, A.3, A.7 ;
b) ajout d'un nouveau paragraphe 4.3;
c) enrichissement de la Bibliographie;
d) révision de la Figure 1;

e) ajout de la Figure B.4.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/967/FDIS	10/973/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/IEC, 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 l'IEC 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.

INTRODUCTION

L'analyse des gaz libres et des gaz dissous dans l'huile (AGD) est l'un des outils de diagnostic les plus couramment utilisés pour la détection et l'évaluation de défauts dans les matériels électriques remplis de liquide isolant. Cependant, l'interprétation des résultats d'AGD est souvent complexe et il convient qu'elle soit toujours faite avec prudence, en faisant appel à des personnes expérimentées en maintenance des isolants.

La présente Norme internationale fournit des informations visant à faciliter cette interprétation. La première édition, parue 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. La deuxième édition a tenté de remédier à certaines de ces insuffisances. Les schémas d'interprétation étaient fondés sur des observations résultant d'examens effectués sur un grand nombre d'appareils remplis d'huile, après un défaut en service, et sur les niveaux de concentrations résultant d'analyses recueillies dans le monde entier.

MATERIELS ÉLECTRIQUES REMPLIS D'HUILE MINÉRALE EN SERVICE – LIGNES DIRECTRICES POUR L'INTERPRÉTATION DE L'ANALYSE DES GAZ DISSOUS ET DES GAZ LIBRES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit 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.

La présente norme 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 relatives aux types spécifiques de matériels tels que les transformateurs (de puissance, de mesure, industriels, ferroviaires, de distribution), les réactances, les traversées, les appareillages de connexion et les câbles à huile sont données, à titre informatif seulement, dans les notes d'application (voir Annexe A).

La présente norme peut être appliquée, mais uniquement avec prudence, à d'autres systèmes d'isolation liquide-solide.

Dans tous les cas, il convient que les indications obtenues soient considérées seulement comme des lignes directrices et il convient que toute action qui en résulte ne soit entreprise qu'après un avis technique autorisé.(une confirmation technique d'un expert)

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60050-191:1990, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

IEC 60050-192:2015, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 192: Sûreté de fonctionnement* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

IEC 60050-212:2010, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 212: Isolants électriques solides, liquides et gazeux* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

IEC 60050-604:1987, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

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

IEC 60567:2011, Matériels électriques immergés – *Échantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous – Lignes directrices*

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