

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE

Guidance on the interpretation of carbon dioxide and 2-furfuraldehyde as markers of paper thermal degradation in insulating mineral oil

Guide pour l'interprétation du dioxyde de carbone et du 2-furfuraldéhyde comme marqueurs de la dégradation thermique du papier dans de l'huile minérale isolante

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.040.10

ISBN 978-2-8322-3085-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Significance.....	8
3.1 General.....	8
3.2 Thermal and mechanical degradation of paper	8
3.2.1 General	8
3.2.2 Impact of temperature.....	8
3.2.3 Impact of humidity and oxygen	9
3.3 Symptoms of paper ageing in insulating oil	10
3.3.1 General	10
3.3.2 Volatile by-products	11
3.3.3 Soluble by-products	11
3.3.4 Insoluble by-products	11
3.4 Operational parameters influencing paper thermal ageing	11
3.5 Role of oil type and condition	12
3.6 Fault conditions that may affect thermal ageing	12
3.7 Maintenance operations that may affect thermal ageing indicators	13
3.7.1 General	13
3.7.2 Effects of oil reconditioning.....	13
3.7.3 Effects of oil reclamation	13
3.7.4 Effects of oil change	13
4 Monitoring protocol	14
4.1 General.....	14
4.2 Parameters	14
4.2.1 Basic monitoring	14
4.2.2 Complementary monitoring	14
4.3 Recommended testing frequencies	14
5 Typical values of paper ageing symptoms.....	15
5.1 General.....	15
5.2 Families of equipment.....	15
6 Estimation of paper thermal degradation and ageing rate	16
6.1 General approach	16
6.2 Practice	16
7 Actions	17
Annex A (informative) Typical values tables	19
A.1 General warning	19
A.2 2-FAL typical values	19
A.2.1 General	19
A.2.2 Family: GSU (generation step-up units)	19
A.2.3 Family: network transmission units	20
A.2.4 Family: large distribution units	20
A.2.5 Family: industrial distribution units.....	20
A.2.6 Family: LVDC units	21

A.3	Carbon dioxide typical values.....	21
A.3.1	General	21
A.3.2	Family: GSU (generation step-up units)	21
A.3.3	Family: network transmission units	21
A.3.4	Family: large distribution units	22
A.3.5	Family: industrial distribution units.....	22
A.3.6	Family: LVDC units	22
	Bibliography.....	23

Figure 1 – Schematic diagram showing rate of ageing k , depending on different ageing mechanisms..... 9

Figure 2 – Relationship between mechanical properties of insulating paper and paper degree of polymerization (DP) [5]..... 10

Figure 3 – Example of flow-chart for the estimation of paper degradation conditions..... 17

Table A.1 – 2-FAL typical values for GSU transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 1 860 units)..... 19

Table A.2 – 2-FAL typical values for GSU transformers, filled with inhibited mineral oil (based on a population of 176 units)

Table A.3 – 2-FAL typical values for network transmission transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 2 845 units)

Table A.4 – 2-FAL typical values for large distribution transformers, with open breathing conservator, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 7 107 units).....

Table A.5 – 2-FAL typical values for large distribution transformers, with sealed conservator, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 288 units)

Table A.6 – 2-FAL typical values for industrial distribution transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 3 885 units)

Table A.7 – 2-FAL typical values for LVDC transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 360 units)

Table A.8 – CO₂ typical values for GSU and excitation transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 1 098 units)

Table A.9 – CO₂ typical values for network transmission transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 435 units)

Table A.10 – CO₂ typical values for large distribution transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 7 291 units)

Table A.11 – CO₂ typical values for industrial distribution transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 4 556 units)

Table A.12 – CO₂ typical values for LVDC transformers, filled with uninhibited mineral oil (based on a population of 273 units)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDANCE ON THE INTERPRETATION OF CARBON DIOXIDE AND 2-FURFURALDEHYDE AS MARKERS OF PAPER THERMAL DEGRADATION IN INSULATING MINERAL OIL

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a Technical Report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC TR 62874, which is a Technical Report, has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This bilingual version (2016-01) corresponds to the English version, published in 2015-05.

The text of this Technical Report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
10/903/DTR	10/917A/RVC

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

The French version of this Technical Report has not been voted upon.

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

The cellulosic solid insulation of transformers and other electrical apparatus is subject to thermal degradation during their operational lifetime. This results in a progressive loss of paper's mechanical properties, such as tensile strength, which are related to the duration of the technical life of the equipment [3,4] ¹.

During its thermal degradation process (also called "ageing" in this Technical Report), cellulose forms several by-products, some of which may be detected by means of insulating oil's chemical analysis [1,2]. The concentration and rate of increase of those by-products can be used as a tool to estimate the progress of paper thermal degradation in transformers and other electrical apparatus in service.

For this reason, IEC technical committee 10 has prepared this Technical Report for the monitoring of insulating oil parameters related to cellulose ageing and the interpretation of results, as a guidance to the thermal degradation evaluation of insulating paper.

This Technical Report is based on the evaluation of cellulose ageing by-products content in insulating oil, and their rate of formation during the life of the oil-immersed electrical equipment. Statistical reference values reported in Annex A of this Technical Report are based on data collected by TC10. The final report of CIGRE WG D1.01.TF13 [7] was taken as a source of information concerning mechanisms and parameters influencing the formation of furanic compounds.

NOTE Methods for the estimation of actual degree of polymerization (DP) values of paper, which are widely available in literature, were not applied within this Technical Report. This is due to the fact that a number of different models have been developed and reported, and they often lead to different results. Moreover, the applicability of those models has not been sufficiently proven by comparison with field experience to be included into an IEC standard.

Health and safety

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

The mineral oils which are the subject of this Technical Report should be handled with due regard to personal safety and hygiene. Direct contact with eyes may cause slight irritation. In the case of eye contact, irrigation with copious quantities of clean running water should be carried out and medical advice sought.

Some of the tests specified in this Technical Report involve the use of processes that could lead to a hazardous situation. Attention is drawn to the relevant standard for guidance.

Environment

This Technical Report involves mineral oils, chemicals and used sample containers. The disposal of these items should be carried out in accordance with current national legislation with regard to the impact on the environment. Every precaution should be taken to prevent the release into the environment of mineral oil.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

GUIDANCE ON THE INTERPRETATION OF CARBON DIOXIDE AND 2-FURFURALDEHYDE AS MARKERS OF PAPER THERMAL DEGRADATION IN INSULATING MINERAL OIL

1 Scope

IEC TR 62874, which is a Technical Report, provides guidance for the estimation of consumed thermal life of transformers' cellulosic insulators, through the analysis of some compound dissolved in the insulating mineral oil. A comparison between analytical results of 2-furfural (2-FAL) and carbon oxides and their correspondent typical values estimated for different families of equipment gives information on the estimated thermal degradation of papers.

The ageing rate of insulating papers can be evaluated, in short time ranges (e.g. 1 year), by regularly monitoring 2-FAL and carbon oxides content in the oil and by comparing them to typical rates of increase.

A statistical approach for the estimation of paper thermal degradation, and the evaluation of ageing rate is given.

Typical values for concentrations and rates of increase of the parameters related to paper ageing were extrapolated from a statistical database collected, and are reported in Annex A. They may be used as a rough guide, but they should not be considered as threshold values.

This Technical Report is only applicable to transformers and reactors filled with insulating mineral oils and insulated with Kraft paper. The approaches and procedures specified should be taken as a practical guidance to investigate the thermal degradation of cellulosic insulation, and not as an algorithm to calculate the actual degree of polymerization (DP) of papers.

The paper thermal life evaluation protocol described in this Technical Report applies to mineral oil impregnated transformers and reactors, insulated with Kraft paper. Any equipment filled with insulating liquids other than mineral oil (i.e. esters, silicones) or insulated with solid materials other than Kraft paper (i.e. TUP – thermally upgraded Kraft paper, synthetic polymers) is outside of the scope of this Technical Report.

This Technical Report is applicable to equipment that has been submitted to a regular monitoring practice during the service, and for which maintenance and fault history is known.

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.

None.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
INTRODUCTION	28
1 Domaine d'application	29
2 Références normatives	29
3 Signification.....	30
3.1 Généralités	30
3.2 Dégradation thermique et mécanique du papier	30
3.2.1 Généralités	30
3.2.2 Impact de la température	30
3.2.3 Impact de l'humidité et de l'oxygène	32
3.3 Symptômes du vieillissement du papier dans l'huile isolante	32
3.3.1 Généralités	32
3.3.2 Dérivés volatils	34
3.3.3 Dérivés solubles	34
3.3.4 Dérivés insolubles	34
3.4 Paramètres opérationnels influençant le vieillissement thermique du papier.....	35
3.5 Rôle du type et de la condition de l'huile	35
3.6 Conditions de défaut pouvant affecter le vieillissement thermique	36
3.7 Opérations de maintenance pouvant affecter les indicateurs de vieillissement thermique.....	36
3.7.1 Généralités	36
3.7.2 Effets du reconditionnement d'huile	36
3.7.3 Effets de la régénération d'huile	37
3.7.4 Effets d'un changement d'huile	37
4 Protocole de surveillance.....	37
4.1 Généralités	37
4.2 Paramètres	37
4.2.1 Surveillance de base	37
4.2.2 Surveillance complémentaire	37
4.3 Fréquences d'essai recommandées	38
5 Valeurs types des symptômes de vieillissement du papier	38
5.1 Généralités	38
5.2 Familles d'équipements	39
6 Estimation de la dégradation thermique du papier et de la vitesse de vieillissement.....	39
6.1 Approche générale.....	39
6.2 Pratique	40
7 Actions	42
Annexe A (informative) Tableaux de valeurs types	43
A.1 Avertissement général	43
A.2 Valeurs types 2-FAL	43
A.2.1 Généralités	43
A.2.2 Famille: GSU (unités élévatrices de tension du générateur)	43
A.2.3 Famille: Unités de transmission réseau.....	44
A.2.4 Famille: Unités de grande distribution	44
A.2.5 Famille: Unités de distribution industrielle	44

A.2.6	Famille: Unités courant continu à basse tension	45
A.3	Valeurs types du dioxyde de carbone.....	45
A.3.1	Généralités	45
A.3.2	Famille: GSU (unités élévatrices de tension du générateur).....	45
A.3.3	Famille: Unités de transmission réseau.....	45
A.3.4	Famille: Unités de grande distribution	46
A.3.5	Famille: Unités de distribution industrielle	46
A.3.6	Famille: Unités courant continu à basse tension	46
	Bibliographie.....	47
	Figure 1 – Schéma illustrant la vitesse de vieillissement k, selon différents mécanismes de vieillissement.....	32
	Figure 2 – Relation entre les propriétés mécaniques du papier isolant et le degré de polymérisation (DP) du papier [5].....	33
	Figure 3 – Exemple d’organigramme pour l’estimation des conditions de dégradation du papier	41
	Tableau A.1 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs GSU, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 1 860 unités	43
	Tableau A.2 – Valeurs types 2-FAL pour des transformateurs GSU, remplis d’huile minérale inhibée. Basées sur une population de 176 unités	43
	Tableau A.3 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs de transmission réseau, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 2 845 unités	44
	Tableau A.4 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs de grande distribution, dotés d’un conservateur à respiration ouverte et remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 7 107 unités.....	44
	Tableau A.5 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs de grande distribution, dotés d’un conservateur scellé, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 288 unités	44
	Tableau A.6 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs de distribution industrielle, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 3 885 unités.....	44
	Tableau A.7 – Valeurs types 2-FAL pour les transformateurs courant continu à basse tension, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 360 unités.....	45
	Tableau A.8 – Valeurs types CO ₂ pour les transformateurs GSU et d’excitation, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 1 098 unités	45
	Tableau A.9 – Valeurs types CO ₂ pour les transformateurs de transmission réseau, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 435 unités	45
	Tableau A.10 – Valeurs types CO ₂ pour les transformateurs de grande distribution, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 7 291 unités	46
	Tableau A.11 – Valeurs types CO ₂ pour les transformateurs de distribution industrielle, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 4 556 unités.....	46
	Tableau A.12 – Valeurs types CO ₂ pour les transformateurs courant continu à basse tension, remplis d’huile minérale non inhibée. Basées sur une population de 273 unités.....	46

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR L'INTERPRÉTATION DU DIOXYDE DE CARBONE ET DU 2-FURFURALDEHYDE COMME MARQUEURS DE LA DÉGRADATION THERMIQUE DU PAPIER DANS DE L'HUILE MINÉRALE ISOLANTE

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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

L'IEC TR 62874, qui est un rapport technique, a été établi par le comité d'études 10 de l'IEC: Fluides pour applications électrotechniques.

La présente version bilingue (2016-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-05.

Le texte anglais de ce rapport technique est issu des documents 10/903/DTR et 10/917/RVC.

Le rapport de vote (10/917A/RVC) donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

La version française de ce rapport technique n'a pas été soumise au vote.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/903/DTR	10/917A/RVC

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'isolation solide cellulosique des transformateurs et autres appareils électriques est soumise à une dégradation thermique au cours de leur durée de vie opérationnelle. Ceci donne lieu à une perte progressive des propriétés mécaniques du papier, telles que la résistance à la traction, qui sont liées à la durée de vie technique de l'équipement [3,4] ¹.

Au cours du processus de dégradation thermique (également appelé "vieillessement" dans le présent Rapport technique), plusieurs dérivés se forment à partir de la cellulose, dont certains peuvent être détectés à l'aide d'une analyse chimique de l'huile isolante [1,2]. La concentration et la vitesse d'augmentation de ces dérivés peuvent être utilisées comme un outil pour estimer la progression de la dégradation thermique du papier dans les transformateurs et d'autres appareils électriques en service.

Pour cette raison, le comité d'études 10 de l'IEC a établi le présent Rapport technique pour surveiller les paramètres de l'huile isolante dans le cadre du vieillissement de la cellulose et pour interpréter les résultats, comme lignes directrices pour l'évaluation de la dégradation thermique du papier isolant.

Le présent Rapport technique est basé sur l'évaluation de la teneur des dérivés de vieillissement de la cellulose dans l'huile isolante, et de leur vitesse de formation durant la vie de l'équipement électrique immergé dans l'huile. Les valeurs statistiques de référence mentionnées à l'Annexe A du présent Rapport technique sont basées sur les données collectées par le comité d'études 10 (WG33). Le Rapport final du CIGRE WG D1.01.TF13 [7] a été utilisé comme source d'information concernant les mécanismes et paramètres influençant la formation de mélanges furaniques.

NOTE Les méthodes d'estimation des valeurs réelles DP du papier, qui sont largement documentées dans les ouvrages de référence, n'ont pas été appliquées dans le présent Rapport technique. Ceci est dû au fait qu'un certain nombre de modèles différents ont été développés et reportés, et qu'ils donnent souvent lieu à différents résultats. De plus, l'applicabilité de ces modèles n'a pas été suffisamment démontrée par rapport à l'expérience sur le terrain à inclure dans une norme IEC.

Protection de la santé et de la sécurité

Le présent Rapport technique ne prétend pas aborder tous les problèmes de sécurité associés à son utilisation. L'utilisateur du présent Rapport technique a la responsabilité de mettre en place les pratiques d'hygiène et de sécurité adéquates, et de vérifier avant utilisation si des contraintes réglementaires s'appliquent.

Il convient de manipuler les huiles minérales qui font l'objet du présent Rapport technique dans le respect de la sécurité et de l'hygiène du personnel. Un contact direct avec les yeux peut provoquer une légère irritation. Dans le cas d'un contact oculaire, il convient d'effectuer un lavage avec une grande quantité d'eau courante propre et de consulter un médecin.

Certains essais référencés dans le présent Rapport technique concernent l'utilisation de processus qui pourraient entraîner une situation dangereuse. L'attention est attirée sur la norme applicable pour obtenir des lignes directrices.

Environnement

Le présent Rapport technique concerne des huiles minérales, des produits chimiques et des récipients d'échantillons usagés. Il convient de procéder à la mise au rebut de ces éléments conformément à la législation nationale en vigueur relative à l'impact sur l'environnement. Il convient de prendre toutes les précautions pour empêcher la libération d'huile minérale dans l'environnement.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

GUIDE POUR L'INTERPRETATION DU DIOXYDE DE CARBONE ET DU 2-FURFURALDEHYDE COMME MARQUEURS DE LA DEGRADATION THERMIQUE DU PAPIER DANS DE L'HUILE MINERALE ISOLANTE

1 Domaine d'application

L'IEC TR 62874, qui est un Rapport technique, est destiné à estimer la vie thermique consommée de l'isolation cellulosique d'un transformateur, grâce à l'analyse de certains composés dissous dans l'huile minérale isolante. Une comparaison entre les résultats d'analyse de 2-furfural (2-FAL) et d'oxyde de carbone et de leurs valeurs types correspondantes estimées pour différentes familles d'équipement donne des informations sur la dégradation thermique estimée des papiers.

Le taux de vieillissement des papiers isolants peut être évalué, dans des plages de courte durée (par exemple 1 an), en surveillant régulièrement la teneur en 2-FAL et en oxydes de carbone dans l'huile et en les comparant aux vitesses types d'augmentation.

Une approche statistique pour l'estimation de la dégradation thermique du papier, mais aussi l'évaluation de la vitesse de vieillissement, est donnée.

Les valeurs types des concentrations et des vitesses d'augmentation des paramètres associés au vieillissement du papier ont été extrapolées à partir d'une base de données statistique collectée, et sont mentionnées dans l'Annexe A informative. Elles peuvent être utilisées à titre indicatif, mais il convient de ne pas les considérer comme des valeurs de seuil.

Le présent Rapport technique est uniquement applicable aux transformateurs et réacteurs remplis d'huiles minérales isolantes et isolés à l'aide de papier Kraft. Il convient de considérer les approches et procédures spécifiées comme un guide pratique pour étudier la dégradation thermique de l'isolation cellulosique, et non comme un algorithme permettant de calculer le degré réel de polymérisation des papiers.

Le protocole d'évaluation de la vie thermique du papier décrit dans le présent Rapport technique s'applique aux transformateurs et réacteurs imprégnés d'huile minérale et isolés à l'aide de papier Kraft. Tout équipement rempli de liquides isolants autres que de l'huile minérale (c'est-à-dire des esters, des silicones) ou isolé à l'aide de matériaux solides autres que du papier Kraft (c'est-à-dire TUP—papier Kraft thermique, polymères synthétiques) n'entre pas dans le domaine d'application du présent Rapport technique.

Le présent Rapport technique est applicable à l'équipement ayant été soumis à une pratique de surveillance régulière durant le service, pour lequel l'historique de maintenance et de défaut est connu.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

Vide.