

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60376

Deuxième édition
Second edition
2005-06

**Spécifications de la qualité technique
de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour
utilisation dans les appareils électriques**

**Specification of technical grade
sulfur hexafluoride (SF₆) for use
in electrical equipment**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60376:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60376

Deuxième édition
Second edition
2005-06

**Spécifications de la qualité technique
de l'hexafluorure de soufre (SF₆) pour
utilisation dans les appareils électriques**

**Specification of technical grade
sulfur hexafluoride (SF₆) for use
in electrical equipment**

© IEC 2005 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 by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
INTRODUCTION.....	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives.....	10
3 Termes et définitions.....	10
4 Caractéristiques générales du SF ₆	12
4.1 Propriétés électriques.....	12
4.2 Compatibilité.....	14
5 Niveaux maximums d'impuretés acceptables pour le SF ₆ de qualité technique.....	14
6 Aspects environnementaux, hygiène et sécurité.....	16
6.1 Aspects environnementaux.....	16
6.1.1 Remarques générales.....	16
6.1.2 Caractéristiques environnementales du SF ₆	16
6.1.3 Utilisation du SF ₆ en accord avec le respect de l'environnement.....	18
6.2 Hygiène et sécurité.....	18
6.2.1 Remarques générales.....	18
6.2.2 Toxicité.....	18
6.2.3 Réduction d'oxygène.....	18
6.2.4 Mécanique.....	18
6.2.5 Gelures.....	20
7 Manipulation, stockage et transport.....	20
7.1 Procédures de manipulation du gaz.....	20
7.2 Manipulation du gaz.....	20
7.3 Stockage.....	20
7.4 Transport.....	20
Bibliographie.....	22
Tableau 1 – Niveaux maximums d'impuretés acceptables.....	14

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
4 General properties of SF ₆	13
4.1 Electrical properties	13
4.2 Compatibility	15
5 Maximum acceptable impurity levels for technical grade SF ₆	15
6 Environmental, health and safety aspects	17
6.1 Environmental aspects.....	17
6.1.1 Introductory remarks	17
6.1.2 Environmental characteristics of SF ₆	17
6.1.3 Environmentally compatible use of SF ₆	19
6.2 Health and safety	19
6.2.1 Introduction.....	19
6.2.2 Toxicity.....	19
6.2.3 Oxygen depletion	19
6.2.4 Mechanical	19
6.2.5 Freezing	21
7 Handling, storage and transportation	21
7.1 Gas handling procedures	21
7.2 Gas handling	21
7.3 Storage	21
7.4 Transportation	21
Bibliography.....	23
Table 1 – Maximum acceptable impurity levels	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATIONS DE LA QUALITÉ TECHNIQUE DE L'HEXAFLUORURE DE SOUFRE (SF₆) POUR UTILISATION DANS LES APPAREILS ÉLECTRIQUES

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 un 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 60376 a été établie par le comité d'études 10 de la CEI: Fluides pour applications électrotechniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1971, son premier complément IEC 60376A (1973) et son deuxième complément IEC 60376B (1974). Elle constitue une révision technique.

Cette deuxième édition diffère significativement de la première. La présente norme se concentre principalement sur les spécifications du gaz requises pour des applications électriques. Par conséquent, le terme utilisé pour nommer ce gaz est «qualité technique» au lieu de «nouveau». Basés sur l'expérience, les niveaux d'impureté ont été augmentés. Néanmoins, le gaz ainsi défini dans cette deuxième édition possède les mêmes performances dans l'équipement électrique que le gaz initialement défini dans la première édition. Les méthodes analytiques pour l'analyse du SF₆ ont été supprimées car il a été considéré inapproprié de prescrire des méthodes qui peuvent devenir obsolètes rapidement.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION OF TECHNICAL GRADE
SULFUR HEXAFLUORIDE (SF₆)
FOR USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC 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 60376 has been prepared by IEC technical committee 10: Fluids for electrotechnical applications.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1971, its first supplement IEC 60376A (1973) and its second supplement IEC 60376B (1974), and constitutes a technical revision.

This second edition differs widely from the first one. The focus is now on the specification of the gas needed for electrical applications. As a consequence, the term employed to name this gas is "technical grade" in place of "new". Based on experience, the acceptable impurity levels have been increased. However, the gas as defined in this new second edition has the same performance in electrical equipment as the gas previously defined in the first edition. The analytical methods for the SF₆ analysis have been removed as it has been found confusing to prescribe methods that can become obsolete very rapidly.

Des informations techniques complémentaires peuvent être trouvées dans la CEI 61634 consacrée à l'application du SF₆ dans l'appareillage HT.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
10/620/FDIS	10/627/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/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60376:2005

Additional technical information can be found in IEC 61634 devoted to the application of SF₆ in HV switchgear and controlgear.

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

FDIS	Report on voting
10/620/FDIS	10/627/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 maintenance result date indicated on the IEC web site 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

L'hexafluorure de soufre, SF_6 , est un gaz essentiel pour le matériel électrique.

Le gaz disponible sur le marché contient des impuretés.

Il est nécessaire de définir un niveau de pureté élevé de l'hexafluorure de soufre, désigné sous le nom de hexafluorure de soufre de qualité technique.

La présente Norme internationale ne traite pas de l'ensemble des problèmes de sécurité associés à l'utilisation du SF_6 . Il incombe à l'utilisateur de la norme d'établir les pratiques sanitaires et de sécurité appropriées et de déterminer l'applicabilité des limites réglementaires avant utilisation (voir la CEI 61634).

La présente Norme internationale concerne l'hexafluorure de soufre, les produits chimiques et les récipients d'échantillons usagés. Il convient que leur élimination soit faite selon les réglementations locales, en fonction de leur effet sur l'environnement. Toutes les précautions seront prises afin d'éviter tous rejets d'hexafluorure de soufre dans l'environnement (voir la CEI 61634).

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60376:2005

INTRODUCTION

Sulfur hexafluoride, SF₆, is an essential gas for electrical equipment.

The available commercial gas contains impurities.

It is necessary to define a high purity level sulfur hexafluoride, referred to as technical grade sulfur hexafluoride.

This International Standard does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of the standard to establish appropriate health and safety practices and to determine the applicability of regulatory limitations prior to use (see IEC 61634).

This International Standard gives rise to sulfur hexafluoride, chemicals, and used sample containers. The disposal of these items should be carried out according to local regulations with regard to the impact on the environment. Every precaution is taken to prevent the release into the environment of sulphur hexafluoride (see IEC 61634).

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60376:2005

SPÉCIFICATIONS DE LA QUALITÉ TECHNIQUE DE L'HEXAFLUORURE DE SOUFRE (SF₆) POUR UTILISATION DANS LES APPAREILS ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les exigences relatives à la qualité et aux propriétés pour la réception de l'hexafluorure de soufre de qualité technique (SF₆) pour utilisation dans l'appareillage électrique. Elle couvre les propriétés et les méthodes d'essai applicables au SF₆ lorsque ce gaz est fourni pour l'utilisation en liaison avec tout matériel électrique.

NOTE Dans la présente norme, le terme SF₆ signifie hexafluorure de soufre de qualité technique.

2 Références normatives

Les documents référencés ci-après sont indispensables pour l'application de ce document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est l'édition la plus récente du document référencé (y compris tous ses amendements) qui s'applique.

CEI 60050(191), *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050(212), *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 212: Isolants solides, liquides et gazeux*

CEI 60050(441), *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050(826), *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques*

CEI 60480, *Lignes directrices relatives au contrôle et au traitement de l'hexafluorure de soufre (SF₆) prélevé sur le matériel électrique et spécification en vue de sa réutilisation*

CEI 61634, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF₆) dans l'appareillage à haute tension*

ISO 14040, *Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60050(191), de la CEI 60050(212), de la CEI 60050(441) et de la CEI 60050(826) sont applicables.

Parmi les termes et définitions les plus importants, la liste présentée ci-après permet de s'y reporter aisément.

SPECIFICATION OF TECHNICAL GRADE SULFUR HEXAFLUORIDE (SF₆) FOR USE IN ELECTRICAL EQUIPMENT

1 Scope

This International Standard defines the quality requirements and properties for technical grade sulfur hexafluoride (SF₆) for use in electrical equipment. It covers the properties and methods of test applicable to SF₆ when this substance is supplied for use in connection with any electrical equipment.

NOTE Throughout this standard, the term SF₆ stands for technical grade sulfur hexafluoride.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

IEC 60050(441), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050(826), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations*

IEC 60480, *Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment and specification for its re-use*

IEC 61634, *High-voltage switchgear and controlgear – Use and handling of sulfur hexafluoride (SF₆) in high-voltage switchgear and controlgear*

ISO 14040, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of IEC 60050(191), IEC 60050(212), IEC 60050(441) and IEC 60050(826) apply.

Some of the more important ones are listed here for easy reference.

3.1

matériel électrique

matériel utilisé pour la production, la transformation, le transport, la distribution ou l'utilisation de l'énergie électrique, tel que machine, transformateur, appareillage, appareil de mesure, dispositif de protection, canalisation électrique, matériels d'utilisation

[VEI 826-16-01]

3.2

SF₆ de qualité technique

gaz SF₆ ayant un très bas niveau d'impuretés respectant le Tableau 1

3.3

conteneur

tous les types de contenants adaptés au SF₆ sous pression.

NOTE Ces termes généraux seront utilisés dans l'ensemble du texte.

4 Caractéristiques générales du SF₆

L'hexafluorure de soufre est un corps composé dont la formule est SF₆. A température et à pression normales (20 °C et 100 kPa) [1]¹ il est sous forme gazeuse et a une densité de 6,07 kg/m³ (environ cinq fois la densité de l'air). Comme sa température critique est de 45,54 °C, il peut être liquéfié par compression [2]. Les courbes donnant la pression et la densité par température sont indiquées dans la CEI 61634.

Le SF₆ est incolore, inodore et non toxique. Il est normalement transporté en conteneurs sous forme liquide.

Attention Bien que ce gaz ne soit pas toxique, il peut être dangereux pour la vie et on ne doit pas pénétrer dans une enceinte contenant de l'hexafluorure de soufre sans que, préalablement, une ventilation efficace ait été effectuée. De même, comme la densité du gaz est beaucoup plus grande que celle de l'air, des parties basses telles que les tranchées ou caniveaux peuvent contenir du gaz en forte concentration. Des précautions doivent être prises pour éviter les risques d'asphyxies.

Le SF₆ est utilisé dans les équipements de transport et de distribution de l'électricité (poste sous enveloppe métallique, interrupteurs de réseau à moyenne tension, disjoncteurs, transformateurs, câbles, etc.). Il est aussi utilisé dans des applications non électriques, comme la métallurgie, la fabrication de composants électroniques, les installations scientifiques, etc.

4.1 Propriétés électriques

Ce gaz est fortement électronégatif (c'est-à-dire qu'il a tendance à attirer les électrons libres). Il possède une unique combinaison de propriétés physiques: forte rigidité diélectrique 89 V/m/Pa à 20 °C (environ trois fois celle de l'air), fort pouvoir de coupure de l'arc (environ dix fois celle de l'air) et grande capacité de transfert thermique (environ deux fois celle de l'air) [2].

Il est utilisé avec succès pour la coupure des arcs et l'isolement électrique en haute et moyenne tension depuis les années 1960.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

3.1

electrical equipment

item used for such purposes as generation, conversion, transmission, distribution or utilization of electrical energy, such as electric machines, transformers, switchgear and controlgear, measuring instruments, protective devices, wiring systems, current-using equipment

[IEV 826-16-01]

3.2

technical grade SF₆

SF₆ gas having a very low level of impurities in accordance with Table 1

3.3

container

any kind of cylinder suitable for pressurized SF₆

NOTE This general term will be used throughout the text.

4 General properties of SF₆

Sulfur hexafluoride is a compound having the formula SF₆. At normal room temperatures and pressures (20 °C and 100 kPa) [1]¹ it is gaseous and has a density of 6,07 kg/m³ (about five times the density of air). Since its critical temperature is 45,54 °C, it can be liquefied by compression [2]. The pressure/temperature/density curves are given in IEC 61634.

SF₆ is colourless, odourless and non-toxic. It is normally transported as a liquefied gas in containers

Caution Although the gas is non-toxic, it will not support life, and equipment containing sulfur hexafluoride must not be entered without adequate ventilation. Similarly, since the gas has a much greater density than air, low lying areas, e.g. trenches, may contain high concentrations of the gas and the necessary precautions shall be taken to avoid asphyxiation.

SF₆ is used in electrical equipment for the transmission and distribution of electricity (gas insulated substations, ring main units, circuit breakers, transformers, cables, etc.). It is also used for non-electric purposes, such as metallurgy, electronics, scientific equipment, etc.

4.1 Electrical properties

The gas is strongly electronegative (i.e. tends to attract free electrons). It has a unique combination of physical properties: high dielectric strength 89 V/m/Pa at 20 °C (about three times higher than air), high interruption capabilities (about ten times higher than air) and high heat transfer characteristics (about two times higher than air) [2].

It has been successfully used for current interruption and insulation in both HV power transmission and MV distribution equipment since the 1960s.

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

4.2 Compatibilité

L'hexafluorure de soufre de qualité technique est chimiquement inerte et thermiquement stable [2] à température normale.

Jusqu'à environ 180 °C, ce gaz est compatible avec les métaux utilisés dans la construction électrique, à l'instar de l'azote. On peut l'utiliser à plus hautes températures, mais le SF₆ peut alors se décomposer, particulièrement en présence de catalyseurs. Les sous-produits ainsi créés peuvent être incompatibles avec certains matériaux. Ces cas d'utilisation doivent faire l'objet d'études particulières.

5 Niveaux maximums d'impuretés acceptables pour le SF₆ de qualité technique

Le gaz disponible sur le marché contient des impuretés. Les niveaux maximums d'impuretés présentes dans le SF₆ décrit dans la présente norme de qualité technique, sont donnés dans le Tableau 1. Ce tableau fait également référence à des méthodes d'analyses pour mesurer les quantités d'impuretés, en indiquant les niveaux de précision correspondants.

NOTE Les manipulations et le stockage du gaz peuvent introduire accidentellement des impuretés. Ce risque est décrit dans la CEI 60480.

Tableau 1 – Niveaux maximums d'impuretés acceptables

Contenu	Spécification	Méthodes d'analyse (Liste indicative et non exhaustive)	Précision
Air	2 g/kg [note 1]	Absorption infra rouge	35 mg/kg
		Chromatographie en phase gazeuse	3 – 10 mg/kg
		Mesure de la densité	10 mg/kg
CF ₄	2 400 mg/kg [note 2]	Chromatographie en phase gazeuse	9 mg/kg
H ₂ O	25 mg/kg [note 3]	Mesure gravimétrique	0,5 mg/kg[note 5]
		Mesure électrolytique	2 – 15 mg/kg
		Mesure du point de rosée	1 °C
Huile minérale	10 mg/kg	Mesure photométrique	< 2 mg/kg
		Mesure gravimétrique	0,5 mg/kg [note 5]
Acidité totale exprimée en HF	1 mg/kg [note 4]	Titration	0,2 mg/kg
NOTE 1 2 g/kg est équivalent à 1 % en volume dans des conditions normales (100 kPa et 20 °C [1]). NOTE 2 2 400 mg/kg sont équivalents à 4 000 µl/l dans des conditions normales (100 kPa et 20 °C [1]). NOTE 3 25 mg/kg (25 mg/kg) sont équivalents à 200 µl/l et à un point de rosée de -36 °C, dans des conditions normales (100 kPa et 20 °C [1]). NOTE 4 1 mg/kg est équivalent à 7,3 µl/l dans des conditions normales (100 kPa et 20 °C [1]). NOTE 5 Dépend de la taille de l'échantillon.			

En raison des niveaux maximums d'impuretés qui peuvent être présentes dans le SF₆, la quantité de SF₆ dans un conteneur (mesurée en phase liquide) doit être supérieure à 99,7 % en masse. Il existe d'autres méthodes pour mesurer cette valeur, sans séparer les différentes impuretés, mais elles ne peuvent être considérées comme des méthodes analytiques (par exemple: la mesure de la vitesse du son).

4.2 Compatibility

Technical grade sulphur hexafluoride is chemically inert and thermally stable [2] at normal temperatures.

At temperatures up to about 180 °C the gas has a compatibility with metals used in electrical construction, similar to that of nitrogen. Operation at higher temperatures is possible, but SF₆ can decompose in these conditions, particularly in the presence of catalytic material and the by-products may be incompatible with some constructional materials. Individual cases need to be assessed separately.

5 Maximum acceptable impurity levels for technical grade SF₆

The available commercial gas contains impurities. The maximum impurity levels present in sulfur hexafluoride referred to in this standard as technical grade sulfur hexafluoride are given in Table 1. This table also lists appropriate analytical methods for the determination of impurity levels and the corresponding acceptable accuracy of measurement.

NOTE Further handling and storage of the gas and operation of equipment may introduce additional quantities of impurities. This situation is covered in IEC 60480.

Table 1 – Maximum acceptable impurity levels

Content	Specification	Analytical methods (for indication only, not exhaustive)	Precision
Air	2 g/kg [note 1]	Infrared absorption method	35 mg/kg
		Gas-chromatographic method	3 – 10 mg/kg
		Density method	10 mg/kg
CF ₄	2 400 mg/kg [note 2]	Gas-chromatographic method	9 mg/kg
H ₂ O	25 mg/kg [note 3]	Gravimetric method	0,5 mg/kg[note 5]
		Electrolytic method	2 – 15 mg/kg
		Dew point method	1 °C
Mineral oil	10 mg/kg	Photometric method	< 2 mg/kg
		Gravimetric method	0,5 mg/kg [note 5]
Total acidity expressed in HF	1 mg/kg [note 4]	Titration	0,2 mg/kg
NOTE 1 2 g/kg is equivalent to 1 % vol under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]). NOTE 2 2 400 mg/kg is equivalent to 4 000 µl/l under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]). NOTE 3 25 mg/kg (25 mg/kg) is equivalent to 200 µl/l and to a dew point of –36 °C, measured at ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]). NOTE 4 1 mg/kg is equivalent to 7,3 µl/l under ambient conditions (100 kPa and 20 °C [1]). NOTE 5 Depending on the sample size.			

Due to the maximum impurity levels that can be present in SF₆, the SF₆ amount in a container (measured in the liquid phase), shall be higher than 99,7 % in weight. There exist other methods giving this value, without separating the different impurities that cannot be considered as analytical methods (e.g. the measurement of the speed of sound).

6 Aspects environnementaux, hygiène et sécurité

6.1 Aspects environnementaux

6.1.1 Remarques générales

L'activité humaine a un effet sur l'environnement. L'impact d'une activité donnée sur l'environnement dépend de son importance et du produit considéré. Le SF₆ possède des caractéristiques environnementales décrites ci-après. En raison de ses caractéristiques, le SF₆ doit être utilisé de manière à respecter l'environnement et en évitant tout rejet non maîtrisé dans l'atmosphère.

Cependant, l'impact réel du SF₆, utilisé dans les équipements électriques doit prendre en compte l'intégralité de la fonctionnalité de l'équipement électrique, c'est-à-dire la charge environnementale du système à pleine puissance. Cela peut être évalué par le biais de l'intégralité du cycle de vie de l'équipement (voir ISO 14040).

6.1.2 Caractéristiques environnementales du SF₆

6.1.2.1 Impact sur l'écosystème

Le SF₆ est un gaz inerte. De par sa très faible solubilité dans l'eau, il ne présente aucun danger pour les eaux de surface et les nappes phréatiques. Une accumulation biologique dans le cycle nutritionnel ne se produit pas.

6.1.2.2 Appauvrissement de la couche d'ozone

Le SF₆ ne participe pas à la destruction de l'ozone stratosphérique.

6.1.2.3 Réchauffement de la planète (effet de serre)

Le SF₆ présente une très longue durée de vie atmosphérique et un fort potentiel de réchauffement de la planète par effet de serre (global warming potential: GWP). Les valeurs disponibles du GWP d'un produit dépendent de la méthode de calcul et du modèle mathématique utilisé. Il est recommandé de prendre comme référence la valeur la plus récemment publiée par l'IPCC (International panel for climate change).

En raison de ses caractéristiques environnementales, le SF₆ doit être mis en œuvre de manière à éviter et à proscrire toute émission non contrôlée dans l'atmosphère. Cette disposition, visant à respecter l'environnement, sera appliquée pour la conception, le développement, la production, le remplissage et les compléments de charge, la maintenance, le recyclage et la fin de vie des équipements.

On notera que la seule valeur du GWP du SF₆ n'est pas adaptée pour mesurer l'impact environnemental d'un équipement électrique de puissance conçu pour fonctionner avec une technologie faisant appel au SF₆. L'impact total sur l'environnement doit être évalué d'un point de vue global, prenant en compte non seulement les composants mais aussi la définition du système (ISO 14040).

6.1.2.4 Fin de vie du SF₆

A la fin de son cycle de vie (c'est-à-dire lorsque le SF₆ n'est plus techniquement ni économiquement recyclable), le SF₆ peut être détruit par incinération en accord avec la réglementation locale.

6 Environmental, health and safety aspects

6.1 Environmental aspects

6.1.1 Introductory remarks

Human activities have an effect on the environment. The impact of a given activity depends on its scale and on the materials involved. SF₆ has certain environmental characteristics as described below. Due to these characteristics, SF₆ has to be used avoiding any deliberate release into the atmosphere, and in an environmentally compatible way.

Nevertheless the real impact of SF₆ used in electrical equipment shall be considered by taking into account the entire functionality of the electrical equipment, i.e. the full power system environmental load. This can be evaluated via life cycle assessment (see ISO 14040).

6.1.2 Environmental characteristics of SF₆

6.1.2.1 Impact on the ecosystem

SF₆ is an inert gas. As its solubility in water is very low, it presents no danger to surface and ground water or the soil. A biological accumulation in the nutrition cycle does not occur.

6.1.2.2 Ozone depletion

SF₆ does not contribute to the destruction of stratospheric ozone.

6.1.2.3 Greenhouse effect

SF₆ persists in the atmosphere for a long time and has a high global warming potential (GWP). The values reported are dependent on the evaluation methods. It is recommended that reference be made to IPCC (International panel for climate change) updated documents.

Due to these characteristics, SF₆ has to be used in a way so as to avoid any deliberate release into the atmosphere, and in an environmentally compatible way, during the development, designing, production, filling and refilling, servicing, maintenance, recovering and end of life.

However, the GWP of SF₆ alone is not adequate to measure the environmental impact of electric power equipment based on SF₆ technology. The environmental impact has to be evaluated from the global point of view, accounting for all components as well as the system design solutions (ISO 14040).

6.1.2.4 End of life of SF₆

At its end of life (i.e. when it is no longer technically and economically recyclable), SF₆ can be destroyed by incineration in compliance with local regulations.

6.1.3 Utilisation du SF₆ en accord avec le respect de l'environnement

6.1.3.1 Mise en œuvre

Des procédures de bonnes pratiques doivent être définies pour maîtriser la mise en œuvre du SF₆ et éviter toute émission délibérée de SF₆ dans l'atmosphère (voir CEI 61634).

6.1.3.2 Étanchéité des équipements

L'étanchéité des équipements doit être conforme aux normes de produit appropriées de la CEI.

6.1.3.3 Régénération / recyclage

La régénération et le recyclage du SF₆ doivent être effectués conformément à la CEI 60480 et à la CEI 61634.

6.1.3.4 Fin de vie des équipements

Se référer à la CEI 61634 (Article 6).

6.2 Hygiène et sécurité

6.2.1 Remarques générales

Le SF₆ est un gaz inodore, insipide, incolore et non toxique. Il est chimiquement stable à température ambiante et ininflammable.

La fiche de données de sécurité (FDS) doit être obligatoirement fournie par le fournisseur de produit.

6.2.2 Toxicité

Il est de la responsabilité du fournisseur de garantir la non-toxicité du SF₆, tout en prenant en compte les réglementations locales et les règles de l'art connues.

6.2.3 Réduction d'oxygène

Le SF₆ est un gaz approximativement cinq fois plus lourd que l'air et si il est dégagé en grande quantité dans le local de travail, il peut s'accumuler dans les zones basses du local. Cela a pour conséquence le déplacement de l'air et la raréfaction de l'oxygène respirable.

Si la concentration en oxygène respirable devient inférieure à 16 % (CEI 61634), il en résulte un danger d'asphyxie pour toute personne séjournant dans cette zone. Les zones à haut risque sont notamment celles en dessous du plancher du local peu ou pas ventilées telles que les conduits de câbles, les tranchées, les trappes d'inspection ou les systèmes de drainage.

Cependant, après une période dépendant des mouvements de l'air ou de la ventilation, le SF₆ sera à nouveau réparti dans l'air ambiant et sa concentration atteindra une teneur acceptable pour la reprise du travail.

6.2.4 Mécanique

Dans beaucoup d'applications électriques, la pression du gaz SF₆ employé est supérieure à la pression atmosphérique. Cela implique que des précautions spéciales doivent être prises pour la manipulation des équipements afin d'éviter l'exposition du personnel aux risques d'une rupture mécanique de l'équipement. Les règles locales de sécurité relatives aux appareils à pression de gaz doivent être appliquées.