

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60842

Première édition
First edition
1988-04

**Guide pour l'application et l'exploitation des
machines synchrones à rotor lisse utilisant
l'hydrogène comme fluide de refroidissement**

**Guide for application and operation of
turbine-type synchronous machines using
hydrogen as a coolant**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60842: 1988

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60842

Première édition
First edition
1988-04

**Guide pour l'application et l'exploitation des
machines synchrones à rotor lisse utilisant
l'hydrogène comme fluide de refroidissement**

**Guide for application and operation of
turbine-type synchronous machines using
hydrogen as a coolant**

© IEC 1988 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Conditions normales d'exploitation	6
3. Mesures de protection pour bagues collectrices et excitatrices accouplées	6
4. Equipements auxiliaires	8
5. Fonctionnement de la machine et de ses équipements auxiliaires	12
6. Consignes de ventilation	16
ANNEXE A – Exemple d'une grande unité d'alimentation en hydrogène à l'extérieur de la salle des machines (schéma simplifié) pour l'alimentation d'un ou de plusieurs alternateurs	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Normal operating conditions	7
3. Protective measures for sliprings and coupled exciters	7
4. Auxiliary equipment	9
5. Operation of the machine and its auxiliary equipment	13
6. Guidance for adequate ventilation	17
APPENDIX A – Example of a large outdoor hydrogen supply unit (simplified diagram) feeding one or several generators	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR L'APPLICATION ET L'EXPLOITATION
DES MACHINES SYNCHRONES À ROTOR LISSE
UTILISANT L'HYDROGÈNE COMME FLUIDE DE REFROIDISSEMENT**

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

Le présent guide a été établi par le Sous-Comité 2A: Turbo-alternateurs, du Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de ce guide est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
2A(BC)29	2A(BC)34

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce guide.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent guide:

Publications n°s 34-3 (1968): Machines électriques tournantes, Troisième partie: Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-machines triphasées à 50 Hz.

79: Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR APPLICATION AND OPERATION
OF TURBINE-TYPE SYNCHRONOUS MACHINES
USING HYDROGEN AS A COOLANT**

FOREWORD

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

PREFACE

This guide has been prepared by Sub-Committee 2A: Turbine-type generators, of IEC Technical Committee No. 2: Rotating machinery.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
2A(CO)29	2A(CO)34

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

The following IEC publications are quoted in this guide:

Publication Nos. 34-3 (1968): Rotating electrical machines, Part 3: Ratings and characteristics of three-phase, 50 Hz turbine-type machines.

79: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres.

GUIDE POUR L'APPLICATION ET L'EXPLOITATION DES MACHINES SYNCHRONES À ROTOR LISSE UTILISANT L'HYDROGÈNE COMME FLUIDE DE REFROIDISSEMENT

INTRODUCTION

Ce guide doit être utilisé conjointement avec la Publication 34-3 de la CEI.

Il constitue un guide pour la conception de certains éléments et pour les consignes d'exploitation, afin d'éviter la formation ou l'inflammation d'un mélange détonant hydrogène-air, soit dans la machine elle-même, soit dans les équipements extérieurs. Cependant, il ne doit pas être considéré comme une spécification complète ou comme un code pratique suffisant pour une conception et une exploitation sûres de la machine et de ses auxiliaires. La responsabilité de la conception incombe principalement au constructeur; la responsabilité d'une conception sûre des autres éléments de l'installation devrait faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

Toutes modifications des instructions des constructeurs pour une application particulière ne devront être faites que par la procédure formelle de la révision par le constructeur.

La responsabilité d'une exploitation sûre incombe à l'utilisateur du matériel.

1. Domaine d'application

Ce guide concerne:

- 1.1 les alternateurs et compensateurs synchrones à rotor lisse, refroidis par hydrogène;
- 1.2 les excitatrices tournantes accouplées directement ou par un réducteur de vitesse à la machine spécifiée au paragraphe 1.1;
- 1.3 les matériels auxiliaires nécessaires à l'exploitation de la machine;
- 1.4 les parties du bâtiment où l'hydrogène pourrait s'accumuler.

2. Conditions normales d'exploitation

Les conditions normales d'exploitation sont les suivantes:

- 2.1 le remplissage en hydrogène de la machine;
- 2.2 l'exploitation de la machine sous hydrogène;
- 2.3 la mise en vitesse, l'arrêt et le maintien à l'arrêt de la machine sous hydrogène;
- 2.4 l'évacuation du gaz de la machine.

3. Mesures de protection pour bagues collectrices et excitatrices accouplées

Lorsque l'excitatrice ou les bagues collectrices sont situées dans une enceinte où des fuites d'hydrogène peuvent se produire, il faut empêcher l'accumulation d'un mélange détonant air-hydrogène, par exemple par une ventilation de l'enceinte (voir article 6).

GUIDE FOR APPLICATION AND OPERATION OF TURBINE-TYPE SYNCHRONOUS MACHINES USING HYDROGEN AS A COOLANT

INTRODUCTION

This guide should be used in conjunction with IEC Publication 34-3.

It presents guidance on some design features and operating procedures that are intended to avoid the occurrence, or ignition, of an ignitable mixture of hydrogen and air, either in the machine itself or in and around associated equipment. It is not, however, intended as a complete specification or code of practice sufficient for the safe design and operation of the installation. Responsibility for the safe design of the machine and its auxiliaries rests primarily with the manufacturer; responsibility for the safe design of other parts of the installation should be agreed between the parties concerned.

The manufacturer is responsible for providing the official operating and maintenance instructions. Any modification of the manufacturer's instructions to suit a particular application should only be done through the manufacturer's formal revision procedure.

The responsibility for safe operation rests with the user of the equipment.

1. Scope

This guide covers:

- 1.1 hydrogen-cooled generators and synchronous condensers of turbine-type;
- 1.2 rotating exciters coupled directly or by gears to any such machine specified in Sub-clause 1.1;
- 1.3 auxiliary equipment needed for operating the machine;
- 1.4 parts of the building where hydrogen might accumulate.

2. Normal operating conditions

Normal operating conditions are:

- 2.1 filling of the machine with hydrogen;
- 2.2 operation of the hydrogen-filled machine;
- 2.3 start-up, shut-down and standstill of the machine when filled with hydrogen;
- 2.4 purging of gas from the machine.

3. Protective measures for sliprings and coupled exciters

If the exciter or sliprings are situated in a housing into which hydrogen may leak, the accumulation of an explosive hydrogen-air mixture shall be prevented, e.g. by maintaining a flow of air through the enclosure (see Clause 6).

Cette ventilation est facilement assurée quand l'arbre tourne à sa vitesse normale, mais des équipements supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires lorsque la machine est remplie d'hydrogène et que l'arbre est à l'arrêt ou en rotation lente si une conduite d'échappement d'hydrogène n'est pas prévue par convection naturelle et flottabilité. Si des ventilateurs sont utilisés à cet effet, les moteurs d'entraînement devront avoir un mode de protection pour les atmosphères explosives gazeuses conformément à la Publication 79 de la CEI.

4. Equipements auxiliaires

Les matériels auxiliaires doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- 4.1 Les dégazeurs des systèmes à hydrogène et huile d'étanchéité doivent être conçus pour supporter une pression d'essai de 1,5 fois la pression maximale en service, ou une pression relative de 8 bar: la plus grande des deux valeurs sera retenue.

Les matériaux fragiles ou poreux, tels que la fonte, ne doivent pas être utilisés pour les composants soumis à la pression de l'hydrogène ou de l'huile d'étanchéité.

- 4.2 Le sécheur de gaz doit être en mesure de supporter une pression d'essai de 1,5 fois la pression maximale de service, ou une pression relative de 8 bar: la plus grande des deux valeurs sera retenue.

Plusieurs systèmes sont utilisés pour maintenir un degré d'humidité suffisamment bas dans l'enceinte de la machine, désignés ici sous l'appellation «sécheur de gaz». L'équipement doit en outre être conforme aux règles générales de sécurité suivantes:

- 4.2.1 Si le sécheur de gaz utilise un dessiccant qui nécessite une réactivation périodique, il faut prévoir un dispositif qui indique que la réactivation est nécessaire et qu'elle est terminée.
- 4.2.2 Si l'air est utilisé dans le processus de réactivation, il faut prévoir des moyens pour éviter qu'il ne puisse pénétrer dans l'enceinte de la machine par erreur. Cela peut être réalisé par des vannes verrouillables ou des tuyauteries facilement démontables ou de type particulier.
- 4.2.3 Si l'on utilise un réchauffeur, il faut prendre des précautions pour s'assurer qu'il fonctionne à une température bien au-dessous de la température d'inflammation d'un mélange éventuel air-hydrogène.

La limite généralement admise est de 300°C. Il est parfois nécessaire de fixer une limite inférieure afin d'éviter la détérioration d'un dessiccant tel que l'alumine activée.

La commande du réchauffeur doit être telle qu'elle interdise le fonctionnement de celui-ci en dehors des périodes de régénération (par exemple, verrouillage entre son contacteur et les vannes).

- 4.2.4 S'il est prévu un dispositif de purge des condensats sous pression d'hydrogène, sa construction et son fonctionnement doivent empêcher des fuites d'hydrogène significatives.

- 4.3 Les instruments de mesure et les appareils de commande qui pourraient contenir, en cours de fonctionnement, des mélanges de gaz inflammables et qui possèdent des circuits électriques internes doivent pouvoir résister à l'explosion de façon à assurer la sécurité du personnel exploitant et des matériels. Les types de matériel conseillés sont, par exemple, des matériels «en enveloppe antidéflagrante» ou «à sécurité intrinsèque» conformément à la Publication 79 de la CEI.

Cela s'applique, par exemple, aux matériels suivants: dispositifs électriques contrôlant la pureté de l'hydrogène, manomètres ou thermomètres à contacts électriques, manomètres équipés de télétransmetteurs électriques.

The flow can usually be produced easily while the shaft rotates at normal speed, but additional means may be needed when the machine contains hydrogen and the shaft is stationary or rotating slowly if an exhaust duct is not provided to vent hydrogen leakage through natural convection and buoyancy. If local fans are used to ensure ventilation, their motors shall have a type of protection for explosive gas atmospheres in accordance with IEC Publication 79.

4. Auxiliary equipment

The auxiliary equipment shall comply with the following requirements:

- 4.1 The degassing tanks of the hydrogen and seal oil systems shall be suitable for a test pressure of 1.5 times the maximum operating pressure, or for 8 bar gauge, whichever is the greater.

Brittle or possibly porous materials, such as cast iron, shall not be used for components subject to hydrogen or seal oil pressure.

- 4.2 The gas dryer shall be suitable for a test pressure of 1.5 times the maximum operating pressure, or for 8 bar gauge, whichever is the greater.

Several different systems are used to maintain a sufficiently low humidity within the machine casing, using equipment called here "the gas dryer". The equipment shall also comply with the following general safety rules:

- 4.2.1 If the gas dryer is of a type in which a drying agent needs periodic reactivation, means shall be provided to show when this is needed and when it is complete.
- 4.2.2 If air is used in the reactivation process, there shall be some means provided to ensure that air is not accidentally admitted to the machine casing. This may require valves to be interlocked or pipe connections to be readily removable or of particular types.
- 4.2.3 If a heater is used, precautions shall be taken to ensure that it operates at a temperature well below the ignition temperature of any hydrogen-air mixture that may be formed.

Typically, the allowable limit is 300 °C. A lower limit may be needed to avoid damage to a drying agent such as activated alumina.

The heater shall be arranged (e.g. by interlocking its switch with the valves) so that it can operate only during the regeneration period.

- 4.2.4 If means are provided to allow condensate to be drained from a chamber that is subject to hydrogen pressure, the construction and operation shall prevent any significant escape of hydrogen.
- 4.3 Measuring instruments and control devices which during operation might contain ignitable gas mixtures and have electrical circuits inside shall be made to withstand bursting, in order to protect operators and third parties. Suitable types are, for example, "flameproof enclosure" or "intrinsically safe" devices according to IEC Publication 79.

This applies for instance to the following devices: electrical devices supervising the degree of hydrogen purity, contact electrical manometers or thermometer pressure gauges provided with electrical teletransmitters.

- 4.4 Les raccordements des composants de tous circuits électriques doivent être faits de façon que l'échauffement au cours du fonctionnement, les vibrations et le vieillissement des matériels isolants ne les détériorent pas. (Pour les exemples appropriés, se référer à la Publication 79 de la CEI.)
- 4.5 Pour éviter que des volumes importants d'hydrogène puissent s'échapper accidentellement, soit vers l'intérieur de la machine, en cas de défaillance d'une vanne de commande, soit dans l'espace environnant si une fuite se produit vers l'atmosphère, les règles suivantes doivent être appliquées:
- 4.5.1 La tuyauterie devrait être disposée et maintenue de façon à être protégée autant que possible des dommages accidentels. Si la tuyauterie passe dans des caniveaux ou si elle est enterrée, elle doit être installée de manière que toute fuite d'hydrogène puisse être détectée et dispersée sans incident.
- 4.5.2 Si la machine est alimentée individuellement à partir d'un cadre de bouteilles d'hydrogène placé à l'intérieur de la salle des machines (généralement d'une contenance d'environ 6 m³ à 10 m³ à pression et température normales chacune), celui-ci ne devrait comporter qu'un nombre de bouteilles contenant environ au total 80 m³ à pression et température normales, avec uniquement deux ou trois bouteilles utilisées en même temps (ce qui correspond à environ 20 m³ à pression et température normales).
- 4.5.3 Une batterie d'alimentation plus importante (pour une ou plusieurs machines) doit être située à l'extérieur de la salle des machines.
- Si la source d'hydrogène alimente l'alternateur de façon continue, la pression en fonctionnement étant maintenue par une vanne de régulation de pression, les tuyaux d'alimentation situés à l'extérieur des bâtiments doivent être équipés soit: a) d'une vanne d'arrêt automatique (actionnée par exemple par un débit excessif de gaz), soit: b) par une vanne magnétique qui peut, en cas d'urgence, être fermée manuellement à distance. Ainsi, s'il se produisait une fuite importante, la source principale d'hydrogène serait coupée. Une disposition possible du circuit selon le point a) ci-dessus est donnée en annexe A.
- En variante, le régulateur de pression peut être alimenté en hydrogène de façon intermittente en ouvrant manuellement les vannes d'arrêt (de préférence celles se trouvant sur les bouteilles d'alimentation) uniquement lorsque la pression dans la machine atteint son niveau minimal admissible. Dans ce cas, la vanne automatique ou la vanne commandée à distance, n'est pas nécessaire et les recommandations du paragraphe 4.5.2 ne sont pas appliquées.
- 4.5.4 Les batteries d'alimentation, qu'elles soient à l'intérieur ou à l'extérieur, nécessitent une vanne de sécurité du côté basse pression du système d'alimentation en hydrogène.
- Il est d'usage courant d'opérer une réduction de la pression en deux temps entre les bouteilles d'hydrogène et l'enceinte de la machine.
- Une soupape de sécurité devrait être prévue du côté basse pression de chaque détenteur.
- La décharge de la (des) soupape(s) de sécurité doit être évacuée vers un lieu sûr. Voir le paragraphe 4.7.
- 4.5.5 On doit accorder une attention particulière à toutes les règles nationales pour le stockage de l'hydrogène et des gaz inertes, des bouteilles et de leurs raccordements, des vannes de détente, des soupapes de sécurité et des raccordements au système d'alimentation en gaz.
- 4.6 Il faut éviter l'accumulation d'un mélange détonant hydrogène-air dans le système d'alimentation en huile de graissage des paliers et dans le système d'huile d'étanchéité (y compris naturellement les corps de paliers eux-mêmes).
- Des systèmes d'évacuation permanente doivent être installés dans les endroits appropriés.

- 4.4 The connections to components in all electrical circuits shall be made so that temperature rise during operation, vibration or ageing of insulating materials will not cause deterioration of the connection. (For appropriate examples, see IEC Publication 79.)
- 4.5 To avoid large volumes of hydrogen being accidentally released, either into the machine if a control valve fails, or into the surrounding area if a leak into the atmosphere occurs, the following rules apply:
- 4.5.1 Pipework should be arranged and supported so as to protect it as much as possible from accidental damage. If any hydrogen pipework is in ducts or buried underground, it shall be arranged so that any leaking hydrogen may be detected and safely dispersed.
- 4.5.2 If the machine is supplied individually from a rack of hydrogen cylinders located inside the machine house (usually of about 6 m³ to 10 m³ NTP capacity each), the rack should contain only the number of cylinders that would contain about 80 m³ NTP in total, with only two or three (corresponding to about 20 m³ NTP) in service at the same time.
- 4.5.3 A larger supply unit, feeding one or several machines, shall be located outside the machine house.
- If the hydrogen supply is continuously open to the machine, the operating pressure being maintained by a pressure control valve, the supply pipes placed outside the buildings shall be provided either with: *a*) an automatic stop valve (operated, for example, by excessive gas flow), or: *b*) a magnetic valve that can be manually closed from a remote point in an emergency. Thus, if a large leak occurs, the main supply of hydrogen will be cut off. A possible schematic arrangement according to Item *a*) above is shown in Appendix A.
- Alternatively, hydrogen may be supplied only intermittently to the pressure control valve by manually opening stop valves (preferably those on the supply cylinders) only when it is seen that the machine pressure has fallen to an acceptable minimum value. In this case, the automatic or remotely-operated valve is not necessary and the recommendations in Sub-clause 4.5.2 do not apply.
- 4.5.4 Indoor as well as outdoor supply units require a safety valve at the low pressure side of the hydrogen supply system.
- It is common practice to reduce the pressure from the storage cylinders to the machine frame in two stages.
- There should be a safety valve on the low pressure side of each stage.
- The discharge of the safety valve or valves shall be vented to a safe place. See Sub-clause 4.7.
- 4.5.5 Special attention shall be paid to any national rules for the storage of hydrogen and inert gas, the cylinders and their connections, pressure reducing and safety valves, and the connections to the gas system.
- 4.6 The accumulation of an ignitable hydrogen-air mixture in the bearing oil system and seal oil system (including, of course, the bearing brackets themselves) shall be prevented.

Continuously-operating exhausting devices shall be installed in appropriate places.

La conception des bornes de la machine, de leurs raccordements et de toute pièce annexe doit être telle que l'hydrogène ne puisse s'accumuler dans cette zone. Si des jeux de barres isolées sont utilisés, leur conception doit empêcher l'accumulation de l'hydrogène dans les gaines.

- 4.7 Les tuyauteries d'évacuation contenant de l'hydrogène ou un mélange hydrogène-air doivent être implantées de façon à prévenir toute accumulation d'un mélange hydrogène-air aux endroits où le gaz est évacué à l'extérieur des bâtiments. Dans la zone d'évacuation, il ne doit y avoir ni fenêtres, ni prises d'air, ni source d'inflammation telle que: flamme nue, effet «couronne» ou étincelles électriques.

- 4.8 Toute zone située à l'intérieur ou à proximité du socle de la machine et tout espace vers lequel l'hydrogène peut s'échapper (y compris les armoires de commande ou d'instrumentation qui contiennent des tuyauteries d'hydrogène) doivent être aménagés et/ou ventilés de telle façon qu'en cours de fonctionnement aucune concentration dangereuse d'hydrogène ne puisse s'y produire.

Une ventilation forcée peut s'avérer nécessaire dans certaines circonstances (voir article 6). Si c'est le cas, la ventilation devrait être assurée par des ventilateurs équipés de moteurs ne produisant pas d'étincelles ou, en cas d'utilisation d'air comprimé, l'ajutage de décharge devrait être mis à la masse.

On doit accorder une attention particulière aux zones comportant des équipements qui fonctionnent à température élevée ou dans lesquels pourraient se produire des étincelles.

5. Fonctionnement de la machine et de ses équipements auxiliaires

- 5.1 Sont à interdire à proximité de la machine et de ses auxiliaires: les feux nus, le soudage et toute source d'inflammation. Il est également interdit de fumer.

- 5.2 Il ne doit pas y avoir de mélange inflammable hydrogène-air à l'intérieur de la machine.

Si le degré de pureté de l'hydrogène tombe en dessous de 90% et s'il n'est pas possible de rétablir rapidement cette valeur, le groupe doit être arrêté avant que la pureté de l'hydrogène ne tombe en dessous de 85% par volume d'hydrogène purgé.

Au cas où les appareils de mesure de pureté en fonctionnement seraient défectueux, le degré de pureté doit être vérifié d'une autre manière, par exemple par analyses chimiques sur échantillons prélevés dans la machine. Les appareils de mesure de pureté doivent être réparés le plus vite possible pour les conditions normales du fonctionnement.

- 5.3 Il ne doit pas y avoir de déplacement direct d'air par de l'hydrogène ou vice versa. Dans les deux cas, la machine doit être purgée avec du gaz carbonique jusqu'à ce que le degré de pureté du CO₂ dans l'enceinte de la machine atteigne un niveau considéré comme sûr.

La pratique internationale établie fixe cette valeur de pureté entre 75% et 90%. Pendant les opérations de purge, tout essai électrique sur la machine est à proscrire jusqu'à ce que les conditions finales d'hydrogène ou d'air soient atteintes.

Si l'on utilise une source d'air comprimé pour évacuer le CO₂, la tuyauterie d'alimentation doit être telle que l'air ne puisse pénétrer dans la machine que pour assurer cette fonction. Cela peut se réaliser au moyen d'un verrouillage approprié des vannes d'arrivée d'air, de CO₂ et d'hydrogène, ou moyennant une tuyauterie d'arrivée d'air qui puisse être facilement démontée.

La tuyauterie doit être connectée uniquement pendant l'évacuation du gaz carbonique et enlevée aussitôt après. Les couvercles des trous d'homme, les corps de paliers, etc., ne doivent pas être enlevés avant que la teneur en gaz carbonique ne soit ramenée à 5% et que la pression à l'intérieur de la machine ne soit tombée à la pression atmosphérique.

The design of the machine bushings, of the connections to them, and of any enclosures shall be such that hydrogen cannot accumulate in that area. If phase isolated busbars are used, the design of these shall be such that hydrogen cannot accumulate in the trunkings.

- 4.7 Vent pipes carrying hydrogen or hydrogen-air mixtures shall be routed so as to prevent any accumulation of hydrogen-air mixtures at locations where the gas is being discharged to the outside of the buildings. In the discharging area, there shall be no windows or air intakes, and no sources of ignition, for example, open flames or sources of corona discharge or electrical sparking.
- 4.8 All areas in and around the machine foundation, and any spaces into which hydrogen might leak (including control or instrument cubicles that contain hydrogen connections) shall be so constructed and/or adequately ventilated that, in service, no harmful concentration of hydrogen can occur.

Forced ventilation may be necessary in some circumstances (see Clause 6). If so, it should be by fans with non-sparking motors or, if compressed air is used, the discharge nozzle should be earthed.

Particular attention shall be paid to any areas containing equipment operating at high temperatures or in which sparking could occur.

5. Operation of the machine and its auxiliary equipment

- 5.1 Open flames, welding, smoking, or other means of ignition shall not be allowed within close vicinity of the machine and its auxiliaries.
- 5.2 There shall be no ignitable hydrogen-air mixture within the machine.

If the purity degree drops below 90% per volume of hydrogen and it is not possible to raise it quickly, the unit shall be shut down before the purity has fallen to less than 85% per volume of hydrogen purged.

In case the normal operational purity measurement fails, the degree of purity shall be verified by other means, for example, by chemical analysis of samples taken from the machine. The normal operational purity measuring device should be restored to proper operating conditions as soon as practicable.

- 5.3 There shall be no direct displacement of air by hydrogen or vice versa. In both cases, the machine shall be purged with carbon dioxide until the purity of the CO₂ in the machine reaches a safe level.

According to established international practice, this purity is between 75% and 90%. During purging operations, all kinds of electrical testing on the machine shall be prohibited until the final conditions of air or hydrogen in the machine have been reached.

If a compressed air supply is used to remove the CO₂, the connection to the air supply shall be such that air cannot enter the machine except when it is required to do so for this purpose. This can be arranged by suitable interlocking between the supply valves for air, CO₂ and hydrogen, or by having an easily disconnectable air pipe.

This pipe shall be connected only while the carbon dioxide is being removed, and shall be disconnected immediately afterwards. Access covers, bearing brackets, etc., shall not be removed until the carbon dioxide content has been reduced to 5% and the pressure in the machine has fallen to atmospheric.

Toutes les poches de gaz carbonique du fond de la machine devraient être dispersées avant qu'une personne n'y pénètre, et ce, par ventilation, en utilisant de l'air comprimé ou un ventilateur ne produisant pas d'étincelles.

La machine ne fonctionne normalement pas dans une atmosphère de gaz carbonique; elle ne devrait pas tourner dans du CO₂ à des vitesses et à une pression supérieures aux valeurs maximales recommandées par le constructeur.

Au cas où un arrêt d'urgence rend nécessaire une purge d'hydrogène, on pourra admettre du gaz carbonique en dessous de ces vitesses et pressions plutôt que d'attendre l'arrêt complet du groupe, mais seulement à condition qu'il y ait une réserve suffisante de CO₂ pour en compenser les pertes par la tuyauterie de purge, causées par le mélange des deux gaz.

- 5.4 La machine ne doit pas fonctionner à une pression d'hydrogène supérieure à celle à laquelle la plus proche source disponible d'huile d'étanchéité de secours est adaptée.

Si, à cause d'une défaillance de l'alimentation en huile, la pression d'hydrogène devait être ramenée en dessous de la limite minimale recommandée en fonctionnement, la machine devrait être arrêtée et l'hydrogène purgé jusqu'à ce qu'une alimentation adéquate en huile soit rétablie.

Si le circuit d'huile d'étanchéité fonctionne sur sa dernière source de secours, tous les préparatifs nécessaires pour arrêter et purger rapidement la machine devraient être faits pour le cas où le dernier secours serait défaillant, par exemple il faudrait avertir le centre du mouvement d'énergie et l'opérateur de la chaudière de l'éventualité d'un arrêt d'urgence.

- 5.5 L'étanchéité de la machine doit être contrôlée de manière continue en notant le taux de consommation d'hydrogène. Si celui-ci dépasse de façon significative la valeur fixée comme normale pour la machine en état normal, la raison de l'accroissement des pertes doit être recherchée sans attendre.

Si le défaut n'est pas rapidement trouvé et corrigé, les zones où l'hydrogène pourrait s'accumuler devraient être contrôlées pour détecter d'éventuelles accumulations dangereuses.

Si l'on constate la formation de telles accumulations, il faudra agir pour les disperser sans risque; mais si les fuites persistent et ne peuvent être suffisamment réduites en diminuant la pression d'hydrogène et la charge, la machine devrait être arrêtée pour permettre un examen plus précis des zones (par exemple près des bornes) qui ne sont pas accessibles quand elle fonctionne. Une vidange d'hydrogène peut alors s'avérer nécessaire pour permettre d'effectuer les réparations.

Le débit de fuite absolu ne doit pas dépasser environ 18 m³ à pression et température normales, par période de 24 h. Les pertes d'hydrogène mesurables et déchargées sans risques par des tuyauteries d'échappement bien définies peuvent être déduites du débit de fuite global avant d'appliquer cette valeur limite.

Note. – Le débit de fuite indiqué peut être dépassé pour les grandes machines fonctionnant aux pressions d'hydrogène élevées. Le débit de consommation d'hydrogène prévu par le constructeur est la valeur de référence pour ces machines.

- 5.6 Si la pression d'hydrogène dans la machine est supérieure à la pression de l'eau dans les réfrigérants d'hydrogène, cela peut entraîner, en cas de défaillance du réfrigérant, une fuite d'hydrogène vers le circuit d'eau et ce gaz peut être entraîné très loin de la machine.

Il convient donc de tenir compte de cette possibilité en vérifiant l'ensemble du circuit d'eau lors de l'investigation des causes d'un taux de consommation d'hydrogène élevé.

Before any person enters the machine, any pockets of carbon dioxide in the bottom should be dispersed by local ventilation, using compressed air or a non-sparking fan.

The machine does not normally operate with carbon dioxide atmosphere; it should not be run in CO₂ at speeds and pressures greater than the maximum recommended by the manufacturer.

In an emergency shutdown that requires the machine to be purged of hydrogen, carbon dioxide may be admitted below these speeds and pressures instead of waiting until the set stops completely, but only if there is enough available to allow for the loss of CO₂ through the vent pipe caused by the mixing of the two gases.

- 5.4 The machine shall not be operated at a hydrogen pressure greater than the one for which the next available source of back-up seal oil is adequate.

If, because of some defect in the oil supply, the hydrogen pressure were required to be below the minimum recommended for operation, the machine should be shut down and purged of hydrogen until proper oil supplies have been restored.

If the seal oil system is operating on its last back-up supply, all necessary preparations should be made to be able to shut down and purge the machine quickly, if this last back-up should fail; for example, the power system controller and the boiler operator should be warned of the possible emergency shut-down.

- 5.5 The gas tightness of the machine shall be supervised continuously by maintaining a record of the rate of hydrogen consumption. If this increases significantly above the level that has been established as normal for the machine when it is in good condition, the cause of the increased loss must be sought without delay.

If it is not quickly found and corrected, areas where hydrogen might collect shall be tested for hazardous accumulations.

If these are seen to be developing, action shall be taken to disperse them safely, but if the leak persists, and cannot be sufficiently reduced by reducing the hydrogen pressure and the load, the machine should be shut down to allow fuller examination of areas (e.g. near terminal bushings) not accessible while it is in operation. The machine may then have to be purged of hydrogen to allow repairs to be made.

The absolute rate of leakage should not be allowed to exceed the order of 18 m³ NPT per 24 h. Hydrogen losses that are measurable and are discharged through well-defined vents without constituting a hazard may be deducted from the measured total gas loss before applying this limit.

Note. – Large machines operating at high hydrogen pressures could exceed the above leakage rate. For such machines, it is recommended that the manufacturer's expected rate of hydrogen consumption be used as a reference value.

- 5.6 If the machine hydrogen pressure exceeds the pressure of water in the hydrogen coolers, a defect in a cooler may cause hydrogen to leak into the water system, and it may travel considerable distance away from the machine.

The water system should be checked for this possibility when the cause of high hydrogen consumption is being sought.

6. Consignes de ventilation

Si un volume de fuite d'hydrogène Lm^3 est parfaitement mélangé avec un volume de $\frac{100}{p} Lm^3$ d'air, la concentration d'hydrogène est de $p\%$ et p peut être maintenu à un niveau de sécurité admissible en prévoyant un débit d'air suffisant à travers toute zone d'accumulation éventuelle afin de disperser l'hydrogène.

Par exemple, si l'on suppose que la fuite totale admissible de $18 m^3$ par 24 h passe dans une zone donnée, un débit d'air de $125 m^3$ par heure dans cette zone maintiendra une concentration p d'hydrogène de $0,6\%$, bien au-dessous de la limite inférieure d'explosion de 4% .

En termes habituels aux spécialistes en ventilation, si l'espace concerné a un volume de Vm^3 , l'air contenu à l'intérieur devra être renouvelé λ fois par heure, où $V\lambda = 125 m^3$ par heure, donc:

– pour $V =$	1	5	25	125	500 m^3
– on a $\lambda =$	125	25	5	1	0,25 fois par heure

6. Guidance for adequate ventilation

If a volume of leaking hydrogen $L\text{m}^3$ is thoroughly mixed with $\frac{100}{p} L\text{m}^3$ of air, the hydrogen concentration is $p\%$, and p can be kept down to safe levels by ensuring that the hydrogen is dispersed from the space in which it may collect by an appropriate flow of air through the space.

For example, if all of the permissible leak of 18 m^3 per 24 h is assumed to leak into a given space, a flow of 125 m^3 of air per hour through the space will maintain a hydrogen concentration p of 0.6% , well below the lower explosive limit of 4% .

In terms familiar to ventilating engineers, if the space concerned has a volume $V\text{m}^3$, the air within will need to be changed λ times per hour, where $V\lambda = 125\text{ m}^3$ per hour. Hence:

– for $V =$	1	5	25	125	500 m^3
– then $\lambda =$	125	25	5	1	0.25 times per hour

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60842:1988