NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60609-2

Première édition
First edition
1997-11

Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques –

Partie 2: Evaluation dans les turbines Pelton

Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines –

Part 2: Evaluation in Pelton turbines

© IEC 1997 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 Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 P

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6

Articles

1 Généralités 8
1.1 Domaine d'application et objet 8
1.2 Points exclus 8
1.3 Référence normative 10
2 Terminologie, symboles et définitions 10
2.1 Unités 10
2.2 Liste des termes employés 10
2.3 Position des zones détériorées sur les augets Pelton et nature des dommages 16
3 Nature et étendue des garanties relatives à l'érosion de cavitation 18
3.1 Période de garantie 18
3.2 Définition de l'étendue de l'érosion de cavitation 18
3.3 Domaines et durée de fonctionnement 20
3.3.1 Durée de fonctionnement de référence 20
3.3.2 Durée réelle de fonctionnement 20
3.3.3 Conditions spéciales 20
4 Modalités d'exécution des essais 22
4.1 Réparation, pendant la période de garantie, des dommages dus à la cavitation 22
4.2 Mesure et calcul de l'étendue de l'érosion de cavitation 22
5 Calcul des résultats 24
5.1 Respect de la garantie 24

Annexes

A Exemples de valeurs d'étendue d'érosion de cavitation 26
B Bibliographie 30

CONTENTS

Page

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7

Clause

1 General 9
1.1 Scope and object 9
1.2 Excluded topics 9
1.3 Normative reference 11
2 Terms, symbols and definitions 11
2.1 Units 11
2.2 List of terms 11
2.3 Location and type of damage to Pelton buckets 17
3 Nature and extent of cavitation pitting guarantees 19
3.1 Period of guarantee 19
3.2 Definition of the amount of cavitation pitting 19
3.3 Operating ranges and duration of operation 21
3.3.1 Reference duration of operation 21
3.3.2 Actual duration of operation 21
3.3.3 Special conditions 21
4 Test procedure 23
4.1 Cavitation pitting repair during the guarantee period 23
4.2 Measurement and calculation of the amount of cavitation pitting 23
5 Computation of results 25
5.1 Fulfilment of the guarantee 25

Annexes

A Examples of amounts of cavitation pittings 27
B Bibliography 31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ÉVALUATION DE L'ÉROSION DE CAVITATION DANS LES TURBINES, LES POMPES D'ACCUMULATION ET LES POMPES-TURBINES HYDRAULIQUES –

Partie 2: Evaluation dans les turbines Pelton

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60609-2 a été établie par le comité d'études 4 de la CEI: Turbines hydrauliques.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
4/127/FDIS	4/139/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

CAVITATION PITTING EVALUATION IN HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES –

Part 2: Evaluation in Pelton turbines

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60609-2 has been prepared by IEC technical committee 4: Hydraulic turbines.

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

FDIS	Report on voting
4/127/FDIS	4/139/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

INTRODUCTION

La CEI 60609 (1978) traite de l'érosion de cavitation des turbines à réaction, mais ne s'applique pas aux turbines Pelton (à action). L'annexe A de la CEI 60609 précise d'ailleurs que les turbines Pelton «ne sont généralement pas soumises à l'érosion de cavitation».

Cependant, l'expérience montre que la probabilité d'observer de l'érosion due à la cavitation ou à l'impact des gouttelettes augmente avec l'accroissement de la vitesse spécifique (en particulier pour les turbines comportant plusieurs jets) et de l'énergie hydraulique massique (la chute). Ce faisant, des garanties de perte de matière peuvent être exigées.

Différentes sources de dommages sont observées selon les caractéristiques de l'écoulement; à titre d'exemple, citons:

– les erreurs de profil;
– des conditions d'alimentation défavorables;
– l'érosion liée à l'impact de gouttelettes
(érosion par les gouttelettes, appelée aussi érosion par impact de jet);

et parfois

– les conditions de calage
(par exemple calage de la roue par rapport au niveau aval, ou par dépression aval).

Les raisons des dommages sont souvent complexes et doivent être soigneusement recensées en tenant compte des conditions qui sont exclues de la garantie de cavitation (voir 1.2). Toutefois, le but de la présente partie de la CEI 60609 n'est pas de préciser les mesures pour éviter l'érosion de cavitation en ce qui concerne:

– le profil hydraulique et la rugosité de surface des éléments de la machine (augets, injecteurs, etc.),
– les conditions d'installation (calage, amenée).

Cela fait partie du savoir-faire du contractant de la turbine.

Les dommages (perte de poids) résultant des différentes sources (érosion de cavitation, érosion par impact de gouttelettes) sont regroupés sous la dénomination globale d'«érosion de cavitation».

INTRODUCTION

IEC 60609 (1978) treats cavitation pitting in reaction machines but does not refer to Pelton (impulse) turbines. Appendix A of IEC 60609 states that Pelton turbines "usually are not subjected to cavitation pitting".

However, experience shows that with increase of specific speed (especially of multijet turbines) and of specific hydraulic energy (head) the probability of cavitation pitting and drop erosion on Pelton turbines increases. Consequently weight loss guarantees on Pelton turbines may be required.

Various types of damage are observed, each the result of different flow phenomena, such as pitting due to:

– profile errors;
– unfavourable inflow conditions;
– erosion due to travelling droplets
(drop erosion, also called jet impingement);

and in some instances

– setting conditions
(e.g. setting of the runner referred to the tailwater level, or tailwater depression).

The causes of damage are often complex and have to be carefully investigated, taking into account also conditions which are excluded in the cavitation guarantee (see 1.2). However it is not the objective of this part of IEC 60609 to describe the requirements and measures needed for avoiding cavitation pitting due to

– hydraulic shape and surface roughness of turbine parts (buckets, nozzles, etc.), or
– installation requirements (setting, inflow conditions).

Those requirements are part of the know-how of the turbine contractor.

The damage (i.e. pitting respective weight loss) due to these various causes (cavitation pitting and drop erosion) is combined in the following clauses as the term "cavitation pitting".

ÉVALUATION DE L'ÉROSION DE CAVITATION DANS LES TURBINES, LES POMPES D'ACCUMULATION ET LES POMPES-TURBINES HYDRAULIQUES –

Partie 2: Evaluation dans les turbines Pelton

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60609 constitue la base de la formulation des garanties d'érosion de cavitation des roues des turbines Pelton. Elle traite aussi de la mesure et de l'évaluation de l'importance de cette érosion pour les roues d'une turbine donnée caractérisée contractuellement par sa puissance, son énergie hydraulique massique (chute), sa vitesse de rotation, la nature des matériaux, les conditions de fonctionnement, etc.

Les articles de cette partie de la CEI 60609 se succèdent dans le même ordre que dans la CEI 60609 (1978). Les articles traitant des mesures et de l'évaluation de l'érosion de cavitation sont pratiquement identiques à ceux de la CEI 60609. Il faut baser l'évaluation sur la perte de matière pendant un temps donné et dans des conditions de fonctionnement définies avec précision.

Des garanties, qui limitent l'étendue de l'érosion par la cavitation et par impact de jet dans les turbines Pelton à la fin d'une période de fonctionnement précisée dans le contrat, sont à établir chaque fois que des dommages sont susceptibles de se produire dans tout ou partie des fonctionnements envisagés. De telles garanties doivent inclure des limites d'utilisation compatibles avec les conditions spécifiées de fonctionnement de la machine.

1.2 Points exclus

La présente partie de la CEI 60609 émet l'hypothèse que l'eau ne présente aucune agressivité chimique significative et qu'elle est pratiquement dépourvue de particules solides abrasives.

Les garanties de cavitation doivent cependant être établies sur la base d'une analyse de l'eau qui fait l'objet d'un accord préalable. S'il apparaît au cours d'une analyse ultérieure que l'eau est en fait plus agressive que ne l'indique cet accord, on doit en tenir compte lors de la vérification du respect des garanties.

Un écoulement perturbé dans l'amenée du fait de singularités à l'amont de la turbine peut entraîner de l'érosion de cavitation et avoir des conséquences sur les performances hydrauliques. Les garanties d'érosion de cavitation ne sont donc valables que si un écoulement suffisamment régulier et exempt de tourbillons est assuré. En cas de dommage, il faut prendre en considération l'influence de la mauvaise qualité éventuelle de l'alimentation.

L'abrasion due à la présence de matériaux solides (sable par exemple) ne peut être considérée comme de l'érosion de cavitation. La teneur de l'eau en matières solides et également, le cas échéant, la nature des minéraux, la taille et la forme des particules (sable) doivent être indiquées dans l'analyse de l'eau. Si la teneur en suspensions atteint une valeur significative, cela doit faire l'objet d'un accord préalable spécifique. La CEI 61366 (annexe H) traite de l'abrasion due au sable.

L'abrasion peut entraîner une modification de la géométrie des injecteurs et/ou des augets et donc de l'érosion de cavitation. Ces dommages doivent être exclus de l'évaluation de l'érosion de cavitation.

CAVITATION PITTING EVALUATION IN HYDRAULIC TURBINES, STORAGE PUMPS AND PUMP-TURBINES –

Part 2: Evaluation in Pelton turbines

1 General

1.1 Scope and object

This part of IEC 60609 serves as a basis for the formulation of guarantees on cavitation pitting on Pelton turbine runners and also for the measurement and evaluation of the amount of cavitation pitting on Pelton turbine runners of a given turbine, which is defined in the contract by power, specific hydraulic energy of machine (head), rotational speed, material, operation, etc.

The sequence of clauses in this part of IEC 60609 is the same as in IEC 60609 (1978). The clauses on measurements and evaluation of the amount of cavitation pitting are practically identical to those of IEC 60609. Evaluation has to be based on the loss of material during a given time and under accurately defined operating conditions.

Guarantees which restrict the extent of cavitation pitting and drop erosion on Pelton turbines at the end of an operating period specified in the contract are necessary when cavitation pitting is expected in all or in some operating ranges. Such guarantees should include limits for operation which are consistent with specified operating conditions.

1.2 Excluded topics

It is assumed in this part of IEC 60609 that the water is not chemically aggressive to a significant degree and that it is essentially free from abrasive solids.

The cavitation guarantee shall, however, be given on the basis of an agreed water analysis. If it becomes apparent in the course of later analysis that the water is in fact more aggressive than the agreed analysis indicated, this shall be taken into consideration when judging whether the given guarantees have been met.

In case of a distorted inflow condition at the inlet of the turbine due to irregularities upstream of the turbine, hydraulic effects may be raised, which beyond the influence on hydraulic performance also may cause cavitation pitting. Therefore it is claimed for the basis of cavitation pitting guarantees that a satisfactorily uniform and vortex-free flow condition shall be provided. In case of damage, the influence of improper inflow condition shall be taken into account.

Abrasion due to water contaminated with solids (e.g. sand) cannot be considered as cavitation pitting. The solids content of the water and also – if relevant – the type of minerals and size and form of solid (sand) particles shall be stated in the water analysis and, if it reaches significant proportion, shall be the subject of a special agreement. Aspects of abrasive wear by sand erosion are dealt with in IEC 61366 (annex H).

Abrasion may cause a change of the geometry of the needle and/or the bucket and subsequently cavitation pitting as secondary damage. Such damage shall be excluded from the evaluation of cavitation.

Si l'érosion se produit dans des zones où le dommage peut être attribué de façon distincte à de la corrosion chimique ou électrochimique anormale, à de l'abrasion ou à des chocs mécaniques, ces dommages seront également exclus de l'évaluation de la cavitation.

Si l'érosion se produit dans des zones où il peut être démontré qu'elle a été accrue par des effets chimiques ou électrochimiques venant s'ajouter aux effets normaux de la cavitation dans une eau conforme à l'analyse agréée, ces zones ne doivent pas être prises en compte dans l'évaluation des dommages.

A ce propos, il faut souligner l'importance du choix des matériaux par rapport à l'abrasion par le sable et à la corrosion chimique ou électrochimique.

Les défauts dans la matière que ferait apparaître l'usure superficielle de la machine durant son fonctionnement ne sont pas pris en compte pour vérifier les garanties d'érosion par la cavitation.

Les conditions de fonctionnement particulières comme les décharges par déflecteur ou déflecteur sécant sont exclues des garanties contre l'érosion de cavitation.

1.3 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60609. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60609 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60609:1978, *Evaluation de l'érosion de cavitation dans les turbines, les pompes d'accumulation et les pompes-turbines hydrauliques*

If cavitation pitting occurs in zones where damage can be separately attributable to abnormal chemical or electrochemical corrosion, abrasion or mechanical impact, such damage shall be excluded from the evaluation of cavitation.

If cavitation pitting occurs in zones where damage can be shown to have been increased by chemical or electrochemical effects additional to those normal to cavitation in water of the agreed analysis, then such zones shall be excluded from the evaluation of cavitation.

In this context, attention should be paid to the material selection in reference to abrasion by sand erosion and/or chemical or electrochemical corrosion.

Material defects revealed by wear on the machine surfaces during operation are not taken into account to verify a guarantee against cavitation pitting.

Special operating conditions such as discharging by means of deflector or cut-in deflector shall be excluded from cavitation pitting guarantees.

1.3 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60609. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60609 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60609:1978, *Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*